INGE TELLNES

Lasteberegninger
og behandling av last

Fordypning nautiske fag og fiskerifag



Inge Tellnes

Lasteberegninger og behandling av last

Fordypning nautiske fag og fiskerifag

Teknisk fagskole

GYLDENDAL
UNDERVISNING

© Universitetsforlaget AS 1999
3. utgave, 1. opplag © Gyldendal Norsk Forlag 2002
5. opplag 2008
6. opplag 2011
7. opplag 2014

Nynorskdelen er oversatt av Per Arvid Ølmheim
Illustrasjoner ved forfatteren
Omslag: Tor Berglie
Sats: Tekstflyt as, Larvik 2002
Trykk: RenessanseMedia AS, Asker 2014

ISBN 978-82-05-30902-9

Det må ikke kopieres fra denne bok i strid med åndsverkloven
eller i strid med avtaler om kopiering inngått med KOPINOR,
Interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk. Kopiering i
strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og
inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

I denne boka er ca. 40 % skrevet på nynorsk og 60 % på bokmål
i henhold til brev av 28.01.87 fra Kirke- og undervisningsdepartementet.
Noe mere bokmål etter revisjon.

Forord

Denne boka er først og fremst beregnet på de tekniske fagskolene, linje for maritime fag og fiskerifag. Den kan også anbefales som grunnbok ved de maritime høyskolene.

Boka tar utgangspunkt i læreplanen og dekker de to modulene i faget *lasteberegninger og behandling av last* innen fordypningsområde nautiske fag og fiskerifag. Læreplanen for de maritime fagene bygger på internasjonale overenskomster med utgangspunkt i STCW-konvensjonen.

Dette faget har fått en stor plass i undervisningen og det har også blitt en ganske omfattende bok. Emnene er delt inn i 18 kapitler og målene for faget går over flere kapitler.

Denne reviderte utgaven er utvidet med et kapittel 18 som tar for seg et kombinert bulk- og containerskip. MS Sidus er et moderne skip som har flere anvendelsesmuligheter.

Kommentarer og synspunkter på boka fra studenter, lærere og andre mottas med takk.

Oslo, våren 2002

Gyldendal Undervisning

Forord – revidert utgave 2016

Denne boken er først og fremst beregnet på de tekniske fagskolene, linje for maritime fag og fiskerifag. De maritime høgskolene har samme pensum som de maritim tekniske skolene i sertifikatfagene og boken vil være godt egnet til bruk i høgskolene.

I den reviderte utgaven er kapittel 14, «farlig last» rettet opp i henhold til nye forskrifter fra IMO som kom 2003/4.

I kapittel 18 er lastemanualen for skipet M/S»Sidus» blitt endret slik at det blir samsvar med dataprogrammet som er utarbeidet for skipet. Det har medført at det har vært nødvendig å endre beregningseksemplene. Lekkstabilitet er nå tatt med i pensum Jeg har utarbeidet et helt nytt kapittel 19 som tar for seg regler og enkle beregninger som viser hva som skjer når et skip får skader som påvirker stabilitet, dypgående, trim og krengning.

Inge Tellnes
Stavanger 2016

Innledning

Den høyere maritime utdanningen (overstyrmenn og skipsførere) ble fra 1984 lagt til de maritime høgskolene. Den lavere utdanningen fortsatte ved de maritime videregående skolene i form av VK2 nautisk. I 1990 ble det opprettet et nytt skipsførerkurs, VK3 nautisk, ved de maritime videregående skolene, som hadde de samme sertifikatrettighetene som utdanningen i høgskolene. Fra høsten 1998 ble den nye maritime tekniske fagskolen opprettet. Den er toårig og bygger på fagbrev som matros.

Faget lasteberegninger og behandling av last, i likhet med de andre maritime fagene, bygger på internasjonale overenskomster med utgangspunkt i STCW-konvensjonen av 1995. Etter at læreplanen ble godkjent er det blitt endringer i STCW-konvensjonen. I kapittel 16 har jeg tatt med endringer i STCW-konvensjonen som ble foretatt av IMO høsten 1998.

Læreplanen i faget er konsentrert til fire mål. I en bok med 16 kapitler vil målene gå over flere kapitler. Kapitlene 1 og 2 er innledende og omfatter grunnleggende begreper som må være med i en lærebok som er pedagogisk oppbygd. I målene ligger det også bruk av lasteinstrumenter og dataprogrammer som ligger utenfor det som læreboken omfatter, men den teoretiske forklaringen på hva som blir utført ved beregningene, må likevel tas med. Dette gjelder spesielt kapittel 12.

En lærebok på dette nivået må være pedagogisk oppbygd. Vi kan ikke «hoppe» fra det ene emne til det andre bare for å få med alle emnene innefor målformuleringen. Emnene i de enkelte kapitler må behandles utførlig. Vi kan ikke rive løs enkelte momenter som så skal behandles under et bestemt mål. Slik målene er formulert er det stor grad av overlapping i enkelte sentrale emner.

Jeg har valgt å behandle alle beregninger i kapitlene 3 til og med 11. Kapittel 12 inneholder en teoretisk forklaring av skjærkrefter og bøyemomenter og er tatt med for å danne det teoretiske grunnlag for bruken av lasteprogrammer og dataprogrammer som inngår i målene 2 og 4. Beskrivende lasteteknikk blir behandlet i kapitlene 13 til 15.

Mål 1: «Studentene skal kunne kontrollere og justere lastefordelingen under laste- og losseoperasjoner ved hjelp av lasteinstrumenter og lasteprogrammer. De skal kunne planlegge og utføre komplette beregninger ved hjelp av lasteinstrumenter og ut fra gitte begrensninger.»

Mål 1 dekkes av kapitlene 3, 4, 5, 6, 7, 8 (og 9, ett delemne).

Mål 2: «Studentene skal ut fra kunnskaper om et skips langskips stabilitet kunne planlegge, justere og kombinere dypgang og trim i komplette lastetekniske beregninger.»

Mål 2 dekkes av kapitlene 8, 9 (og 12, stress/lasteprogrammer/dataprogrammer).

Mål 3: «Studentene skal kunne planlegge og utføre laste- losseoperasjoner basert på de spesielle krav i henhold til gjeldene lover og forskrifter».

Mål 3 dekkes av kapitlene 10, 13 og 14.

Mål 4: «Studentene skal ut fra kunnskaper om tankskip kunne planlegge lasting, lossing og transport av olje uten fare for liv, helse og miljø og kunne kommunisere med besetning, myndigheter og terminal på engelsk».

Mål 4 dekkes av kapitlene 11 og 15 (i tillegg til noe i kapitel 12).

I arbeidet med boken har jeg lagt stor vekt på pedagogiske prinsipper. Teorien blir belyst med mange eksempler. Til hvert kapittel er det utarbeidet oppgaver. Terminologien som er brukt, bygger stort sett på den tradisjonen som en har ved de maritime skolene, men en del nye symboler er brukt der det er behov for å forkorte skrivemåte o.l. Integral- og differensialregning er brukt noen steder for å belyse teorien. Studenter som ikke behersker disse regneartene, vil likevel kunne forstå teorien ut fra den forklaring som er gitt.

Datateknologien er nå i ferd med å få innpass i den maritime sektor. Bruk av dataprogrammer til stabilitet- og trimberegning og ved laste- og losseoperasjoner, blir mer og mer vanlig. Ukritisk bruk av slike programmer kan få store konsekvenser. Det er svært viktig at de ansvarlige lasteoffiserene har en solid faglig og teoretisk bakgrunn. Det kan være en fordel å legge mer vekt på grunnleggende prinsipper enn på regneteknikk. I denne boken har jeg forsøkt på en systematisk måte å legge vekt på de grunnleggende basiskunnskapene.

Stavanger, høsten 1999
Inge Tellnes

Innhold

1 Enheter – krefter – momenter 9
Krefter 9
Momenter 10
Tyngdepunktsatsen 11
Simpsons formel 12
Beregning av tyngdepunkt i en flate 13
Beregning av volum med Simpsons formel 14
Beregning av tyngdepunkt i et volum 14
Treghetsmomenter 15
Trekant 16
Sirkel 16
Steiners formel 16
Treghetsmomentet for et rektangel om en side 17
Treghetsmomentet av et vannlinjeplan 18
Tetthet og spesifikk vekt 19
Flytting av tyngdepunkt – fjerning/tilføying av masse: 20
Flytting av vekter 21

2 Skipets geometri 23
Hydrostatiske størrelser 24
Dimensjoner 25
Formkoeffisienter 25
Beregning av volumdeplasement 26
Metode 1 26
Metode 2 28
Oppdriftssenterets langskipsplassering: 29
Oppdriftssenterets vertikale plassering 30
Flotasjonssenteret 31
Tonn per centimeter neddykking (TPC) 32
Hydrostatiske data for skip 33

3 Tverrskipsstabilitet 34
Metasenterhøyden, *GM* 37
Formstabilitet 38
KB - tilnærmede formler for spesielle tilfeller 38
Morrish formel 39
GZ-kurver 39
Metasenterets høyde over oppdriftssenteret – BM 40
Breddens og fribordets betydning for stabiliteten 41
Metasenterkurver 42
Eksempel på konstruksjon av en metasenterkurve for et kasseformet skip 42
Stabilitet ved større krengninger 44
The Wall-sided formula 45

4 Stabilitetskurver 49
Stabilitetskrysskurver 49
KY-kurver 49
Beregning av KY 49
GZ-krysskurver 51
Ferdig beregnede GZ-kurver for bestemte lastetilstander 52
MS-kurver 53
Vektstabilitet 53
Dynamisk stabilitet 54
Krav til stabilitet 55
Eksempel på beregning av dynamisk stabilitetsarm 56
Bruk av MS-kurver 59

5 Effekt av fri væskeoverflate 62
Fylling og lensing av bunntanker 65
Angle of Loll 67
Fri væskeoverflate – en utdypning 68

6 Usymmetrisk plassering av vekter 72
Tungløft 76
Bruk av kontravekt 78
Hva skjer hvis løftet ryker? 79
Beregning av kontravekter 83
Krav til stabilitet ved tungløft 84
Stabilitet i vind og bølger 85
Stabilitet under svinging 87

7 Krengeprøve 94
Pendelarrangement 95
Tanker – slakke tanker 95
Fortøyningsarrangement 97
Prøvevektene 98
Nødvendig utstyr 98
Forberedelser til krengeprøven 99
Avlesing av fribord og dypgående 99
Oppsummering av forhold vi må kontrollere før krengeprøven tar til: 100
Krengeprøve som stabilitetskontroll 104
Skipets rulleperiode som stabilitetskontroll 106
Isdannelse 110

8 Trim 112
Enhetstrimmomentet 114
Trimfordeling 116
Korreksjoner på grunn av trim 117
Korreksjoner når fotmerkene ikke er ved perpendikulærene 118
Trimberegning ved BG-metoden 120
Framgangsmåte ved beregning av trim med BG-metoden 121
Brakkvannskorreksjoner 124
Korreksjon for dypgående ved endring av tetthet 124
Virkningen på trim ved overgang saltvann/ brakkvann 126
Skrogbøyning 128
Sammensatte beregninger 131
Beregningsskjema for å beregne korrekt deplasement 131
Å beregne dypgående ut fra kjent deplasement 133
Beregningsskjema for å beregne dypgående ut fra kjent deplasement. 133
Beregningsskjema for trim og stabilitet 136
Momentberegning 137
Kurver og tabeller for trimberegning 138
Tabeller 140
Dypgående ved krengning 141
9 Stabilitet og trimutrekningar 144
Døme på trim- og stabilitetsutrekningar 144
Overslag for å rekne ut dekkslasta 145
Flytting av last for å få ein fast trim 147
Sonelasting 153
Å laste til ein fast trim i lossehamn 160

10 Kornlasting 177
SOLAS av 1974 med seinare endr. (utgåve 1997) 177
Del A: 177
Nokre stabilitetsreglar (del B) 181
Kanadisk standardisert komskjema 182
Kommentar til det kanadiske komskjemaet 184
Tabell I: 184
Tabell II: 184
Tabell III: 185
Tabell IV: 185
Tabell V 185
Tabell VIII: 186
Tabell IX: 186
Døme på kornlasting 187
Amerikansk standardisert kornskjema 198
Døme på utfylling av det amerikanske kornskjemaet 200
Utrekning av krengjevinkel og resterande dynamisk stabilitet 200
Utrekning av krengjevinkel 201
Utrekning av dynamisk stabilitet 202

11 Tanklasting og lasteutregning 210
Vekt i luft 211
Ullasje 212
Planlegging av lastinga 214
Fyllingsgrad – ullasje i prosent 214
Laste- og trimutrekning 217
Prøvelasting 219
Andre einingar 222
Omgjering frå ei eining til ei anna 222
Korreksjonstabellar for ullasje 224
Døme på korreksjonstabellar: 224
Rapportar som skal førast om bord –forkortingar 227
Bruk av dataprogram 229

12 Skjerkrefter og bøyemoment 235
Skip med maskineri midtskips 237
Skip med maskineri akter 238
Tankskip 238
Kva delar av skroget ber mest av langskipspåkjenningane? 239
Langskipspåkjenningar i bølgjer 240
Andre påkjenningar 241
Døme på utrekning av skjerkrefter og bøyemoment på ein lekter 242
Lastfordelingsinstrument 247
Døme på bruk av datamaskinprogram for å rekne ut skjerkrefter og bøyemoment 248
Arbeidsoppgaver 250

13 Behandling av last og belastningar i lasteutstyr 251
Spesielle stykkgodsskip 251
Palleskip 251
Containerar –containerskip 252
Cellulære containerskip 254
Bulk-/containerskip 254
Kombinert roll-on-/roll-off-, container- og palleskip 255
Planlegging for å laste stykkgods 255
Lasting av stykkgods 256
Styrmannskvittering -konnossement 256
Manifest – generaloversikt 257
Lasteplan 257
Stuasje - sikring av last 259
Blokkstuasje 259
Lastesikringsmanual (Cargo Securing Manual) 260
Lasteinformasjon 260
Generelle reglar for sikring av last 261
Metode for å rekne ut krefter i semistandardiserte og ikkje-standardiserte sikringsarrangement 263
Tommelfingerregel: 263
Utrekningsmetode 263
Balansering av krefter og moment 265
Tverrskips gliding 266
Langskips gliding 268
Stuasje og sikring av containerar 268
Krefter som verkar på containerane 269
Stuasje og sikring av transportable tankar 269
Generelle reglar 269
Sikring mot gliding og velting (tipping) 270
Stuasje og sikring av transportable behaldarar 271
Stuasje og sikring av rullande last 271
Generell tilråding 272
Stuasje og sikring av tunge lyft 272
Sikring mot gliding og velting 272
Stuasje og sikring av rullar med platestål 273
Surringar 274
Stuving og sikring av tunge metallprodukt 275
Tilråding 275
Retningslinjer for å laste tømmerstokkar under dekk 276
Tiltak under lastinga 277
Dekkslast 277
Tømmer på dekk 278
Ventilasjon av lasterom 280
Litt meteorologi 281
Naturleg ventilasjon 282
Mekanisk ventilasjon 283
Avfuktingsanlegg 283
Belastning på lasteutstyr 284
Føring av kontrollbok og riggprotokoll 284
Merking av laste- og losseinnretningar 284
Bommar 284
Kraner 285
Reiskapar og lause delar 285
Ettersyn og kontroll 286
Reglar for bruk av laste- og losseinnr. om bord 286
Lyfteutstyr –kraftfordeling 287
Kraftfordeling i bommar 289
Grafisk løysing 291
Oversikt over nokre vareslag 294
Arbeidsoppgaver 300

14 Farlig last – spesielle laster 301
Forskriftene i del A : Transport av farlig gods i pakket form eller i fast form i bulk 302
Forskrift 1: Anvendelse 302
Forskrift 2: Klassifisering 302
Forskrift 3: Emballasje 303
Forskrift 4: Merking, etiketter og plakater 303
Forskrift 5: Dokumenter 304
Forskrift 6: Stuasjeregler 304
Forskrift 7: Eksplosiver om bord på passasjerskip 305

Forskrift 7-1 Rapportering av hendelser som involverer farlig gods 305
Beskrivelse av de enkelte klassene: 306
Klasse 1: Eksplosiver 306
Klasse 2: Gasser 306
Klasse 3: Brannfarlige væsker 307
Klasse 4.1: Brannfarlige faste stoffer 307
Klasse 4.2: Stoffer som kan selvantenne 307
Klasse 4.3: Stoffer som i kontakt med vann kan avgi brennbare gasser 307
Klasse 5.1: Oksiderende stoffer 318
Klasse 5.2: Organiske peroksider 308
Klasse 6.1: Giftige stoffer 308
Klasse 6.2: Smittsomme stoffer 309
Klasse 7: Radioaktive stoffer 309
Klasse 8: Etsende stoffer 309
Klasse 9: Forskjellige farlige stoffer som har vist, eller som kan vise seg å være av en farlig karakter, slik at bestemmelsene i denne delen kommer til anvendelse 310
Stuasje av farlig gods 310
Krav til emballasje 311
Krav til merking 311
Krav til dokumentasjon 312
Beredskap og førstehjelp 312
Dangerous Goods Form 313
Beredskap og førstehjelp 314
IMDG-koden 314
Kort oversikt over de forskjellige kolonner 316
Spesielle merknader 317
Dangerous Goods List – eksempel fra koden 318
Hvordan bruke EMS Guide 320
Kort oversikt over forhold ved brann 320
Emergency Schedules for Fire 321
Lekkasjer fra farlig gods 322
Hvordan forholde seg ved lekkasje fra farlig gods 323
Emergency Schedules for Spillage 324
Medical First Aid Guide(MFAG) 326
How to use this guide 327
Eksempel på bruk av IMDG koden 330
Beredskapsplaner 330
Aksjonsplaner 331
Spesielle merknader 331
Generelle retningslinjer ved brann og lekkasjer 332
Oversikt over anbefalte reaksjoner 333
Atskillelse av last (segregasjon) 334
Separasjon av pakket farlig gods i forhold til farlig gods i containere 336
Segregasjon av fraktcontainere om bord på containerskip 337
Segregasjon av farlig last i transportenheter om bord på roroskip 338
Segregasjon av farlig gods på Lash-skip 339
Segregasjon mellom bulklaster som utgjør en kjemisk fare og farlig gods i pakket form 340
Segregasjon av bulklast og pakket farlig gods 340
Transport av pakket farlig gods i begr. mengder 342
Transport av farlig gods i bulk som utgjør en kjemisk risiko 342
Segregasjon av uforenlige stoffer i bulk som utgjør en kjemisk risiko 343
Segregasjonstabell for uforenlige bulklaster som utgjør en kjemisk risiko. 343
Rapportering av hendelser som involverer farlig gods 344
Generelle forholdsregler ved transport av bulklaster 345
Definisjoner: 345
Bulklaster som har en naturlig rasvinkel på 35° eller større 347
Bulklaster som har naturlig rasvinkel mindre enn 35° 348
Transport av kull i bulk 348
Kull kategori A 349
Kull kategori B 349
Kull kategori C 350
Kull kategori D 350
Spesielle forhold ved kullaster 350
Konsentrater 351
Sikkerhet før entring av lukkede rom 353
Kjøle- og fryselast 356
Forberedelser før lasting 357
Lasting 358
Underveis 359
Lossing 359
Spesielt om kjølelast 359
Arbeidsoppgaver 360

15 Transport av olje 361
Tankskiptyper 361
Inndeling av oljer 362
Eksplosjonstriangelet 363
Antennelseskilder 364
Nøytralgass 365
Trykk-/vakuumventiler 366
Måleinstrumenter 366
Farer ved bruk av nøytralgass 367
Tankrengjøring og gassfriing 367
Vasking av tank som er fylt med nøytralgass 367
Vasking i en atmosfære der blandingen er for mager 368
Vasking i en atmosfære som er for fet 368
Vasking i en atmosfære der blandingen ligger i det eksplosjonsfarlige området 368
Råoljevasking (COW) 369
Load on tap-systemet – sloptanker 372
Ballasttanker 374
Segregerte ballasttanker (SBT) 375
Rørsystemer på tankskip 375
Andre rørsystemer 378
Heating coils 378
Råoljevaskeledninger og spylemaskiner 378
Nøytralgass fordelingssystem 378
Informasjoner i forbindelse med havneanløp 378
Informasjon fra skipet til laste- / losseterminalen 379
Informasjon fra terminal til skipet 379
Lasting 379
Skriftlig overenskomst i forbindelse med lasteoperasjoner 380
Tank-survey rapport 381
Å kvitte seg med sloprester 382
Lossing 383
Kommunikasjon ved laste- og losseoperasjoner 384
Sjekkliste 385
Eksempel på en organisasjonsplan for lasting 387

Eksempel på en organisasjonsplan for lossing av råolje 388
En del forhold som stiller krav til skip og mannskap 389
I Obligatoriske minstekrav til opplæring og kvalifikasjoner for skipsførere, offiserer og mannskap på tankskip 389
II Forurensing fra skip 390
III Oljedagbok 391
Skipsberedskapsplan for hendelser som fører til oljeforurensing 392
Rapportens innhold 393
Tilleggsrapport 394
Rapporteringsprosedyrer 394
Kjemikalietankskip 395
Forholdsregler for å unngå forurensing fra kjemikalier 397
Utslipp fra sloptanker 398
Lastedagbok 398
Gasstankskip 399
Skip for føring av LNG 400
Skip for føring av LPG 402
Kjøleanlegget 403
Nøytralgass anlegg i gasstankskip 403
Havneopphold 403
Spesielle forhold ved gasstankskip 404
Sertifikat 404
Spesielle sikkerhetstiltak 404
Sikkerhetsoffiser 404
Litteratur og oppslag 404
Kombinasjonsskip 405
Arbeidsoppgaver 406

16 Skade på skip og rutinar for inspeksjon 408
Årsaker til skadar på bulkskip 409
1 Lokale skadar på skroget 410
2 Potensielle problem 411
3 Belastning, skrogkonstruksjon og utforming 413
4 Fordeling av last 415
5 Rettleiande lasteinformasjon 415
Planlegging og kontroll av lasting/lossing 417
Kontroll under lasteoperasjonane 418
Vilkår for forbetring 418
Alternative styrkekrav 419
Konsekvensar av dei utvida styrkekrava 421
Forsterka inspeksjonsprogram (ESP) 422
Rutinar for inspeksjon 422
Strukturelle skadar og slitasje 422
Materialsvinn eller korrosjon 424
Sprekkar 424
Buing 425
Deformasjonar 425
Førebuing og planlegging av inspeksjonar 425
Utstyr og verktøy 427
Dokumentasjon om bord 427
Gjennomføring av inspeksjonar 428
Inspeksjonsområde 428
1 Inspeksjon av hudplater, lasteromsspant med endesamband 428
2 Tverrskipsskott og tilhøyrande konstruksjonar 430
3 Dekksstrukturen 433
4 Strukturen i dobbeltbotnen og dei nedste vengtankane 435
5 Overgangsområde i lasterom framme og akter 437
6 Struktur i frampeak og akterpeak 438
Kommentarar til ballastproblem 439
Arbeidsoppgaver 440

17 Skipet MT Millennium 442
Omregning av avstander fra aktre perpendikulær 442
Korreksjoner for ullage 442
Korreksjoner når fotmerkene ikke er ved perpendikulærene 443
Eksempel 17.1 Tanklasting Millennium 444
Arbeidsoppgaver til Millenium 449
Eksamensoppgaver 451

18 Skipet MS Sidus 468
Klassifikasjonsbestemmelser 468
Noen viktige symboler 469
Korreksjoner for dypgående 470
Bunkerskapasitet 474
Ballast 474
Kornlasting 474
Cargo Compartments –Grain 474
Kontroller før kornlasting 475
Eksempel 5 Kornlasting 475
Malmlasting 482
Eksempel 6 Malmlasting 482
Hvordan losser vi? 486
Litt om containerlast 487
Eksempel 7 Eksamen 2003 488
Arbeidsoppgaver 497
Oppg. 11 Forberedelse i eksamen lasteberegninger 502
Oppg. 11 Eksamen i lasteberegninger 504

19 Lekkstabilitet 506
Virkninger av lekkstabilitet 506
Krav, definisjoner 507
Noen krav for passasjerskip 509
Nye krav til passasjerskip 510
Noen krav til lekkstabilitet for tank-, kjemikalie- og gasskip 511
Alternative regler for passasjerskip 511
Krav til lekkstabilitet for tørrlasteskip og ro-ro skip 513
Stabilitetsopplysninger ombord 513
Åpninger i vanntette skott 514
Eksterne åpninger i lasteskip 515
Lekkstabilitet -Beregninger 515
Endring av dypgående 515
Stabilitetsberegninger 517
Trimendring 518
Krengning 519
Beregning av enkle lekkstabilitetssituasjoner 521

Vedlegg 527

Appendix 1 549
Drøfting av formlene for brakkvannskorreksjoner 549
Referanser 553
Illustrasjoner: 554
Stikkord 555

1 Enheter – krefter – momenter

For å beskrive, måle, beregne og sammenligne fysiske størrelser må vi ha et entydig målesystem. Gjennom tidene har flere systemer vært i bruk. Vi vil her bruke SI-systemet, som de fleste land nå har tatt i bruk. I faget lastelære vil noen av enhetene bli modifisert slik at de samsvarer med praktisk bruk. Det vil også bli nødvendig å komme litt inn på andre enheter som brukes i USA og Storbritannia.

SI-systemet består av sju grunnenheter:

Størrelse	**Enhet**	
masse	*kg*	(kilogram)
lengde	*m*	(meter)
tid	*s*	(sekund)
temperatur	*K*	(kelvin)
elektrisk strøm	*A*	(ampere)
lysstyrke	*cd*	(candela)
stoffmengde	*mol*	

Andre enheter som blir brukt i SI-systemet, blir avledet fra disse grunnenhetene.

Krefter

Enheten for kraft i SI-systemet er Newton (N). Som symbol for kraft brukes bokstaven *F*.

Newtons andre lov definerer en kraft slik:

Kraft = masse · akselerasjon

$F = m \cdot a$

Akselerasjon er fartsforandring per tidsenhet og har symbolet *a*.

Dimensjonen for kraft er kg · m/s^2, og er gitt navnet Newton.

Dersom massen påvirkes av tyngdefeltet, bruker vi symbolet G for kraften og g for akselerasjonen:

$G = m \cdot g$ ($g = 9{,}81$ m/s^2)

Tyngde = masse · tyngdens akselerasjon

I lastelære er det vanlig å bruke massen i tonn (1 tonn = 1000 kg). Dividerer vi med g på begge sider av likhetstegnet i formelen over, står vi tilbake med massen i tonn. I dagligtale bruker en ofte ordet vekt (vanligvis i tonn) istedenfor masse.

Momenter

Definisjon: Moment = (fysisk størrelse) · (arm)

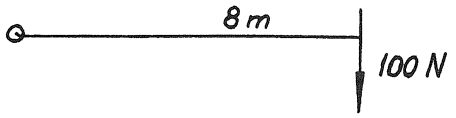
Fysisk størrelse kan være kraft, masse, volum, areal o.l.

Arm er avstanden fra omdreiningsaksen målt vinkelrett på den fysiske størrelsen.

For et kraftmoment bruker vi følgende notasjon: $M = F \cdot x$

Eksempel 1.1
100 N virker på en arm som er 8 m. Beregn momentet.

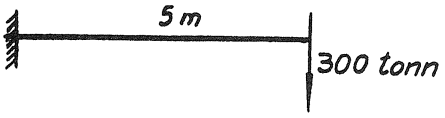
Løsning:
Moment = $F \cdot x$
Moment = $100 \cdot 8 = 800$ Nm (newtonmeter)



Figur 1.1

Eksempel 1.2
En vekt på 300 tonn virker på en arm som er 5 m. Beregn momentet.

Løsning:
Moment = vekt · x
Moment = $300 \cdot 5 = 1500$ tonnmeter

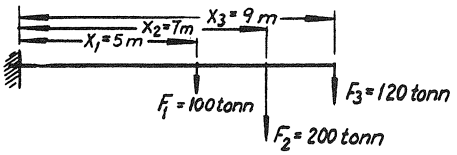


Figur 1.2

Som vi ser, får momentet en enhet som er produktet av de to enhetene som inngår i formelen.

Eksempel 1.3
En stang som anses vektløs, blir belastet som vist på figur 1.3. Beregn samlet moment.

Løsning:
Moment = $F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3$
Moment = $100 \cdot 5 + 200 \cdot 7 + 120 \cdot 9 = 2980$ tonnmeter



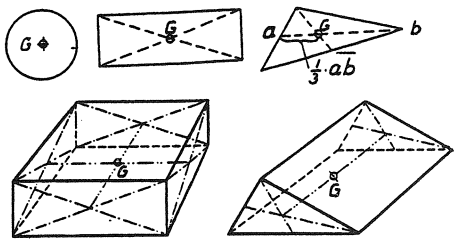
Figur 1.3

Generelt: samlet moment = sum av delmomentene
Skrivemåte $M = \Sigma F_i \cdot x_i$

Her er i en indeks som angir hver enkelt kraft og arm. Tegnet Σ er symbol for summen.

Tyngdepunktet i et legeme er et punkt der en kan tenke seg hele massen konsentrert. I dette punktet virker tyngdekraften vertikalt med en kraft som er lik tyngden av legemet. I et homogent legeme ligger tyngdepunktet i det geometriske senter av legemet. Tyngdepunktet betegnes med *G*.

I en flate ligger tyngdepunktet i det geometriske senteret. Figur 1.4 viser noen vanlige flater.



Figur 1.4

Tyngdepunktsatsen

Vi har sett tidligere at totalmomentet er lik summen av delmomentene. For kraftmomentet kan vi sette opp følgende likning:

$$x_0 \cdot \Sigma F_i = \Sigma F_i \cdot x_i$$

x_0 = avstand fra momentaksen til tyngdepunktet
F_i = de enkelte krefter
i = indeks som angir nummeret på hver enkelt kraft
x_i = avstand fra momentaksen til hver enkelt kraft

I likningen inngår det fire størrelser. Vi kan finne én av størrelsene når de tre andre er kjent. Vil vi finne x_0, får vi:

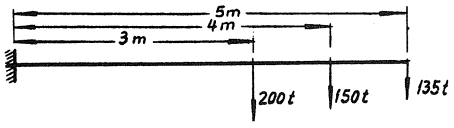
$$x_0 = \frac{\Sigma F_i \cdot x_i}{\Sigma F_i}$$

Tilsvarende formel for massesenteret er:

$$x_0 \cdot \Sigma m_i = \Sigma m_i \cdot x_i$$

For arealsenter og volumsenter finner en tilsvarende formler.

Eksempel 1.4
En stang som kan anses for vektløs, blir belastet som vist på figur 1.5. Beregn felles tyngdepunkt.



Figur 1.5

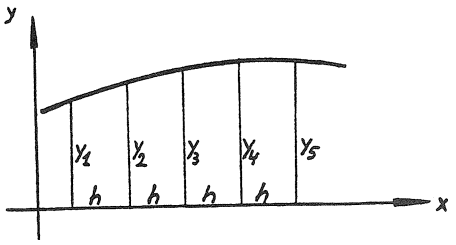
Løsning:
Formelen gir:

$$x_0 = \frac{\Sigma m_i \cdot x_i}{\Sigma m_i}$$

$$x_0 = \frac{200 \cdot 3 + 150 \cdot 4 + 135 \cdot 5}{200 + 150 + 135} = 3{,}87 \text{ m}$$

Simpsons formel

Simpsons formel er en numerisk integrasjonsformel vi kan bruke til å beregne areal og volum av irregulære figurer. Formelen tar utgangspunkt i at en kurve kan beskrives med en rekke parabler gjennom punkter på kurven, se figur 1.6.



Figur 1.6

Ved å måle lengden på ordinatene til disse punktene kan vi beregne arealet ved hjelp av Simpsons formel:

$$\text{Areal} = \frac{h}{3}(y_1 + 4y_2 + 2y_3 + 4y_4 + y_5)$$

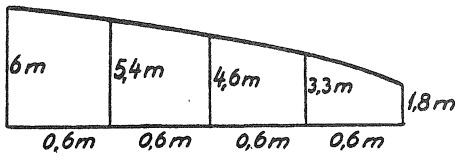
h = avstand mellom ordinatene

Ordinatene multipliseres med forskjellige konstanter. Vi ser at den første ordinaten blir multiplisert med 1, den andre ordinaten med 4, den tredje ordinaten med 2, den fjerde ordinaten med 4 og den siste ordinaten med 1. Har vi tre ordinater, blir koeffisientene 1, 4 og 1. Har vi flere enn tre ordinater, blir koeffisientene 1, 4, 2, 4, 2, 4, 2, 4, ... 1. Vi kaller koeffisientene Simpsons faktorer.

Summen av produktet av ordinatene og koeffisientene blir multiplisert med avstanden mellom ordinatene, og det hele blir dividert med 3.

Vi kan om nødvendig forbedre formelen ved å legge inn mellomliggende ordinater. Vi vil ikke gjøre det her.

Eksempel 1.5
Halvparten av et dekksplan har en form som vist på figur 1.7. Beregn arealet av hele dekksplanet.



Figur 1.7

Løsning:
Vi bruker følgende skjema til beregningen:

Ordinat nummer	Ordinatlengde	Simpsons faktor	Produkt
1	6,0	1	6,0
2	5,4	4	21,6
3	4,6	2	9,2
4	3,3	4	13,2
5	1,8	1	1,8
Sum produkt			51,8

$$\text{Areal} = \frac{h \cdot \text{Sum produkt}}{3} = \frac{0{,}6 \cdot 51{,}8}{3} = 10{,}36 \text{ m}^2$$

Hele arealet er $2 \cdot 10{,}36 = 20{,}72 \text{ m}^2$

Beregning av tyngdepunkt i en flate

Vi bruker tyngdepunktsatsen for å beregne tyngdepunktet i en flate. Når flaten begrenses av krumme linjer, for eksempel dekksplan, vannlinjeplan, bruker vi Simpsons formel. Ordinatene multiplisert med Simpsons faktor blir betraktet som vekter og multiplisert med de respektive avstander til det planet som vi vil beregne avstanden til tyngdepunktet fra.

$$x_0 \cdot \Sigma\,(y_i \cdot SF_i) = \Sigma(y_i \cdot SF_i \cdot x_i)$$

$$x_0 = \frac{\Sigma(y_i \cdot SF_i \cdot x_i)}{\Sigma(y_i \cdot SF_i)} = \frac{\Sigma\text{Produkt} \cdot \text{arm}}{\Sigma\text{Produkt}} = \frac{\Sigma\text{Moment}}{\Sigma\text{Produkt}}$$

y_i = de enkelte ordinatlengdene

x_i = de respektive avstandene til ordinatene (arm)

Produkt = produktet av de respektive ordinatlengdene multiplisert med Simpsons faktor

Produktet · arm = moment = de enkelte produkt multiplisert med avstanden til de enkelte ordinater

Som eksempel skal vi beregne tyngdepunktet i dekksplanet vist på figur 1.7.

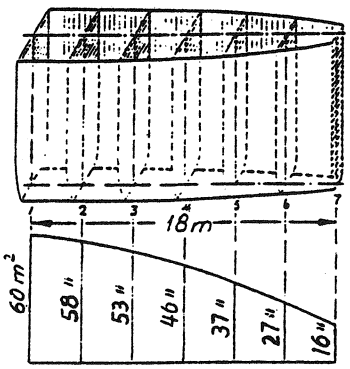
Ord.nr	Ord.lengde	SF	Produkt	arm	Moment
1	6,0	1	6,0	0	0
2	5,4	4	21,6	0,6	12,96
3	4,6	2	9,2	1,2	11,04
4	3,3	4	13,2	1,8	23,76
5	1,8	1	1,8	2,4	4,32
			ΣProdukt = 51,80		ΣMoment = 52,08

$$x_0 = \frac{\Sigma\text{Moment}}{\Sigma\text{Produkt}} = \frac{52{,}08}{51{,}80} = 1{,}00\ \text{m}$$

Tyngdepunktet i dekksplanet ligger 1,00 m fra venstre ende på midtlinjen.

Beregning av volum med Simpsons formel

Når et legeme er begrenset av krumme flater, kan vi bruke Simpsons formel til å beregne volumet. Som et eksempel, skal vi beregne volumet av et lasterom, se figur 1.8.



Figur 1.8

Vi deler rommets lengde i like deler. I hvert av delingspunktene legger vi inn et snitt. Vi beregner arealet av snittene ved hjelp av Simpsons formel.

Vi setter av arealet av snittene som ordinater langs hele rommets lengde. En linje trukket mellom endepunktene av ordinatene danner en ny flate. Arealet av denne flaten utgjør volumet av rommet. På figuren er arealet av snittflatene (7) beregnet.

Beregning av volumet utføres slik:

Ord.nr.	Areal	SF	Produkt
1	60,0	1	60,0
2	58,0	4	232,0
3	53,0	2	106,0
4	46,0	4	184,0
5	37,0	2	74,0
6	27,0	4	108,0
7	16,0	1	16,0
			ΣProdukt 780,0

$$\text{Volum} = \frac{h \cdot \text{Produkt}}{3} = \frac{3 \cdot 780}{3} = 780 \text{ m}^3$$

Beregning av tyngdepunkt i et volum

Tyngdepunktet i et volum er bare avhengig av volumets form.

Vi skal her vise hvordan vi beregner avstanden fra tyngdepunktet til et endesnitt for rommet i det foregående eksempelet. Vi bruker Simpsons formel til denne beregningen.

Vi multipliserer arealet av snittene som vi allerede har beregnet, med Simpsons faktorer. Vi betrakter produktet som vekter. Armen er avstanden til snittene målt fra endesnittet, se figur 1.9. Vi kan da bruke tyngdepunktsatsen for å beregne avstanden fra endesnittet til tyngdepunktslinjen.

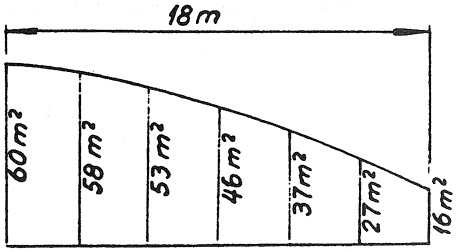
$$x_0 \cdot \Sigma(\text{Areal}_i \cdot SF_i) = \Sigma(\text{Areal}_i \cdot SF_i) \cdot x_i$$

$$x_0 = \frac{\Sigma(\text{Areal}_i \cdot SF_i) \cdot x_i}{\Sigma(\text{Areal}_i \cdot SF_i)} = \frac{\Sigma\text{Arealmoment}}{\Sigma\text{Produktareal}}$$

$(\text{Areal}_i \cdot SF_i)$ = Produktarealet

Arealmoment = Produktarealet $\cdot\, x_i$

Ord.nr.	Areal	SF	Produktareal	Arm	Arealmoment
1	60,0	1	60,0	0	0,0
2	58,0	4	232,0	3	694,0
3	53,0	2	106,0	6	636,0
4	46,0	4	184,0	9	1656,0
5	37,0	2	74,0	12	888,0
6	27,0	4	108,0	15	1620,0
7	16,0	1	16,0	18	288,0
			ΣProduktareal = 780,0		ΣArealmoment = 5782,0



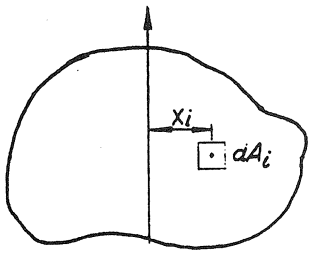
Figur 1.9

$$x_0 = \frac{\Sigma\text{Arealmoment}}{\Sigma\text{Produktareal}} = \frac{5782}{780} = 7{,}41 \text{ m}$$

Avstand til tyngdepunktet fra snitt nr. 1 er 7,41 m

Treghetsmomenter

Vi kan tenke oss at en flate er sammensatt av små flateelementer dA_i, der i er en indeks som angir nummeret, se figur 1.10.



Figur 1.10

Arealtreghetsmomentet om en akse for et flateelement er:

$$dA_i \cdot x_i^2$$

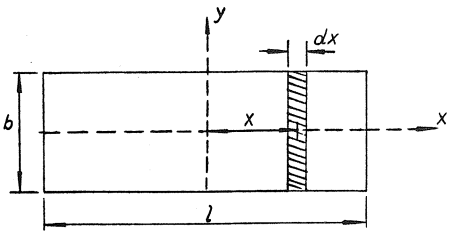
x_i er avstanden til aksen for de respektive flateelementene.

Ved å summere alle arealtreghetsmomentene finner en arealtreghetsmomentet for flaten. Symbolet for treghetsmomentet er I.

$$I = \int dA_i \cdot x_i^2$$

$\int$ er et integrasjonstegn som betyr at vi skal summere produktene av $dA_i \cdot x_i^2$. Enheten for I er m^4.

Som eksempel skal vi beregne I for et rektangel, se figur 1.11.



Figur 1.11

Betrakt en stripe med bredde b og tykkelse dx. Arealet av stripen er:

$$dA = b \cdot dx$$

Treghetsmomentet for stripen om aksen y er:

$$i = b \cdot dx \cdot x^2$$

Det totale treghetsmomentet om aksen y finner vi ved å summere alle delelementene:

$$I_y = 2b \int_0^{L/2} x^2 \cdot dx$$

Treghetsmomentet er like stort på begge sider av y-aksen. Vi summerer derfor alle momentene for en side og multipliserer med 2. Bredden b er konstant og settes utenfor integrasjonstegnet:

Løsningen av integralet er:

$$I_y = \frac{b \cdot l^3}{12}$$

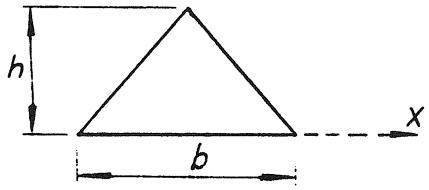
Beregner vi treghetsmomentet om x-aksen finner vi tilsvarende:

$$I_x = \frac{l \cdot b^3}{12}$$

Treghetsmomentet for trekanter og sirkler er angitt nedenfor.

Trekant

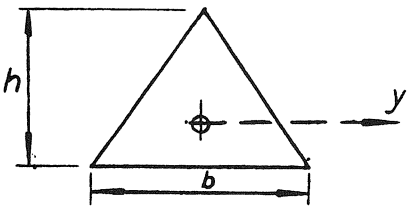
Treghetsmomentet om grunnlinjen, se figur 1.12:



Figur 1.12

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Treghetsmomentet om en tyngdepunktsakse parallell med grunnlinjen, se figur 1.13.



Figur 1.13

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{36}$$

Sirkel

Treghetsmomentet for en sirkel om diameteren:

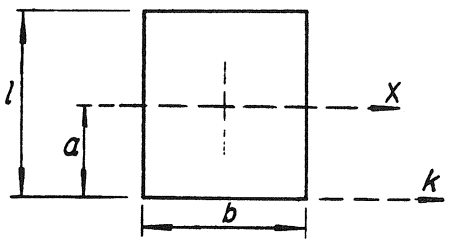
$$I = \frac{\pi r^4}{4}$$

Steiners formel

Det vil lette arbeidet med beregning av treghetsmomenter om vi deler opp tverrsnittet i delflater der treghetsmomentet om delflatens tyngdepunktsakse er kjent. For å finne treghetsmomentet om en vilkårlig akse bruker vi formelen:

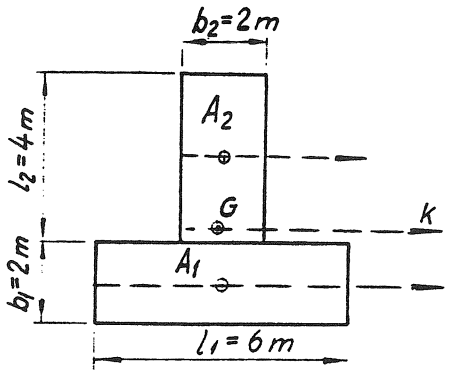
$$I_k = I_x + Aa^2$$

I_x er kjent, A er arealet av flaten, a er avstanden mellom aksen x og aksen k, se figur 1.14.



Figur 1.14

Eksempel 1.6
Beregn treghetsmomentet om en akse k gjennom tyngdepunktet G, parallell med grunnlinjen på figur 1.15.



Figur 1.15

Løsning:
Først bestemmer vi tyngdepunktets avstand fra grunnlinjen. Tyngdepunktsatsen gir:

$$x_0 \cdot \Sigma A_i = \Sigma A_i x_i$$

$$x_0 = \frac{\Sigma A_i x_i}{\Sigma A_i}$$

$$x_0 = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2}{A_1 + A_2}$$

$$x_0 = \frac{6 \cdot 2 \cdot 1 + 4 \cdot 2 \cdot 4}{6 \cdot 2 + 4 \cdot 2} = 2{,}2 \text{ m}$$

Treghetsmomentet for flaten A_1 om midtaksen er:

$$I = \frac{l_1 \cdot b_1^3}{12} = \frac{6 \cdot 2^3}{12} = 4 \text{ m}^4$$

Treghetsmomentet for flaten A_2 om midtaksen er:

$$I = \frac{b_2 \cdot l_2^3}{12} = \frac{2 \cdot 4^3}{12} = 10{,}67 \text{ m}^4$$

$$I_k = (I_1 + A_1 a_1^2) + (I_2 + A_2 a_2^2)$$

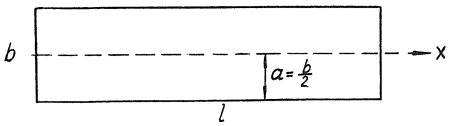
$a_1 = 2{,}2 - 1 = 1{,}2$ m $\qquad A_1 = 6 \cdot 2 = 12$ m^2

$a_2 = 4 - 2{,}2 = 1{,}8$ m $\qquad A_2 = 2 \cdot 4 = 8$ m^2

$$I_k = (4 + 12(1{,}2)^2) + (10{,}67 + 8(1{,}8)^2) = 57{,}88 \text{ m}^4$$

Treghetsmomentet for et rektangel om en side

Vi bruker Steiners formel til å finne treghetsmomentet for et rektangel om en akse, l, se figur 1.16.



Figur 1.16

Vi har fra før: $I_x = \frac{1b^3}{12}$

Steiners formel gir:

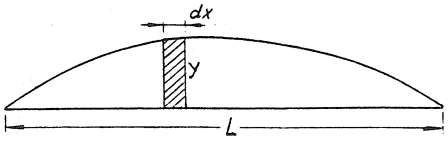
$$I_l = I_x + Aa^2$$

$$I_l = \frac{lb^3}{12} + b \cdot l \cdot \left(\frac{b}{2}\right)^2$$

$$I_l = \frac{l \cdot b^3}{3}$$

Treghetsmomentet av et vannlinjeplan

Når et skip har et bestemt dypgående, vil et horisontalt snitt i vannflaten danne et vannlinjeplan. For et skip uten krengning vil vannlinjeplanet være symmetrisk om senterlinjen, *C*.



Figur 1.17

Det er derfor tilstrekkelig å betrakte et halvt vannlinjeplan, se figur 1.17.

Vi tenker oss hele planet oppdelt i smale striper av høyde y og bredde dx.

Arealet av en stripe er:

$$dA = y \cdot dx$$

Når dx er liten, kan vi betrakte dA som et rektangel. Treghetsmomentet om senterlinjen for stripen dA blir da:

$$i = \frac{y^3 \cdot dx}{3}$$

Ved å summere alle delmomentene over skipets lengde L finner vi:

$$I_{\mathbb{C}} = 2\int_0^L \frac{y^3 \cdot dx}{3} = \frac{2}{3}\int_0^L y^3 \cdot dx$$

Vi multipliserer med 2 for å få med hele vannlinjeplanet.

For å beregne integralet $\int y^3 \cdot dx$ kan vi bruke Simpsons formel.

$$\int y^3 \cdot dx = \frac{h}{3}(y_1^3 + 4y_2^3 + 2y_3^3 + \ldots\ldots + y_n^3)$$

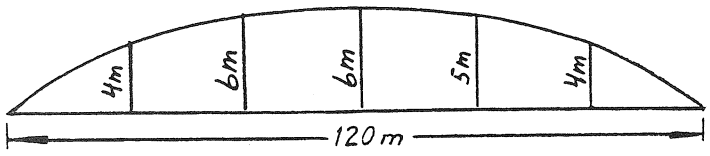
Her er h avstanden mellom ordinatene.

Treghetsmomentet om senterlinjen blir:

$$I_{\mathbb{C}} = \frac{2 \cdot h}{3 \cdot 3}(y_1^3 + 4y_2^3 + 2y_3^3 + \ldots\ldots + y_n^3)$$

$$I_{\mathbb{C}} = \frac{2 \cdot h}{9}(y_1^3 + 4y_2^3 + 2y_3^3 + \ldots\ldots + y_n^3)$$

Eksempel 1.7
Beregn arealtreghetsmomentet for et vannlinjeplan om senterlinjen med halvordinater som vist på figur 1.18.



Figur 1.18

Løsning:
Vi bruker Simpsons formel og setter opp følgende skjema:

Ord.nr.	Ord. lengde	(Ord.lgd)^3	*SF*	Produkt for $I_{\text{℄}}$
1	0	0	1	0
2	4	64	4	256
3	6	216	2	432
4	6	216	4	864
5	5	125	2	250
6	4	64	4	256
7	0	0	1	0
			Produktet for $I_{\text{℄}}$	2058

$$I_{\text{℄}} = \frac{2 \cdot h}{9} \cdot (\text{Produktet for } I_{\text{℄}})$$

$$I_{\text{℄}} = \frac{2 \cdot 20}{9}(2058) = 9146{,}67 \text{ m}^4$$

For et rektangulært vannlinjeplan er

$$I_{\text{℄}} = \frac{l \cdot b^3}{12}$$

Med bredde 12 m og lengde 120 m får vi:

$$I_{\text{℄}} = \frac{120 \cdot 12^3}{12} = 17\,280 \text{ m}^4$$

Her er det stor forskjell i treghetsmoment, men forskjellen vil bli mindre for store tankskip.

Tetthet og spesifikk vekt

Tetthet er definert som masse per volumenhet. I SI-systemet er massen i kg og volumet i m^3.

Symbolet for tetthet er ρ. Tetthet blir ofte omtalt som densitet.

$$\rho = \frac{m}{v}(\text{kg/m}^3)$$

Tettheten for ferskvann er 1000 kg/m^3. Det betyr at 1000 kg vann opptar et volum på 1 m^3. Tettheten for sjøvann er 1025 kg/m^3. For væsker er det vanlig å sammenlikne tetthet i forhold til ferskvann. Forholdet kalles spesifikk vekt, *SG*.

$$SG = \frac{\text{tetthet av væske}}{1000}$$

Spesifikk vekt for sjøvann er

$$SG = \frac{1025}{1000} = 1{,}025$$

Massen i tonn = $SG \cdot V$

I utenlandsk litteratur blir ofte betegnelsen spesifikk vekt brukt, men vi ser at dersom vi angir tettheten i tonn/m^3 blir tetthet og spesifikk vekt det samme. Tettheten for sjøvann er derfor 1,025 tonn/m^3.

Eksempel 1.8
En tank tar 100 tonn ferskvann når den er helt full. Hvor mange tonn olje med $SG = 0{,}900$ kan tanken ta når en tar hensyn til at innlastet olje utvider seg 2 % ved oppvarming.

Løsning:
Vi finner volumet av tanken:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100 \cdot 10^3}{10^3} = 100 \text{ m}^3$$

Oljen skal oppta 2 % mindre volum:

$$V_{olje} + V_{olje} \cdot 2/100 = V$$

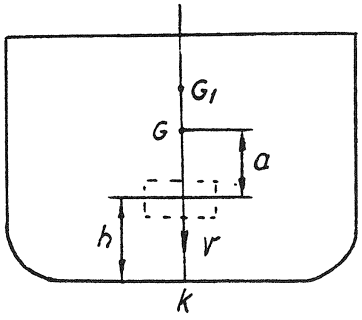
$$V_{olje} = \frac{100 \cdot 100}{102} = 98{,}04 \text{ m}^3$$

Massen av oljen = $SG \cdot V_{olje} = 0{,}900 \cdot 98{,}04 = 88{,}24$ tonn

Flytting av tyngdepunkt – fjerning/tilføying av masse:

La oss betrakte tverrsnittet av et skip med tyngdepunkt G. Vekten av et skip blir angitt med symbolet Δ (vektdeplasement). Vekter om bord angis med v. Anta at vi losser en vekt, v, i avstanden h fra K. Tyngdepunktet vil da flytte seg til G_1, se figur 1.19. Tyngdepunktsatsen gir:

$$\begin{aligned} KG_1(\Delta - v) &= KG \cdot \Delta - v \cdot h \\ &= KG \cdot \Delta - v(KG - a) \\ &= KG(\Delta - v) + v \cdot a \\ (KG_1 - KG)(\Delta - v) &= v \cdot a \\ GG_1(\Delta - v) &= v \cdot a \\ GG_1 &= \frac{v \cdot a}{(\Delta - v)} \end{aligned}$$



Figur 1.19

Tyngdepunktet flytter seg i motsatt retning av den vekten som blir fjernet. Losses en vekt som er plassert lavere enn G, vil tyngdepunktet heves. Losses en vekt som er plassert høyere enn G, vil tyngdepunktet

senkes. Dersom en vekt blir lastet om bord, finner vi tilsvarende formel for GG_1.

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{(\Delta + v)}$$

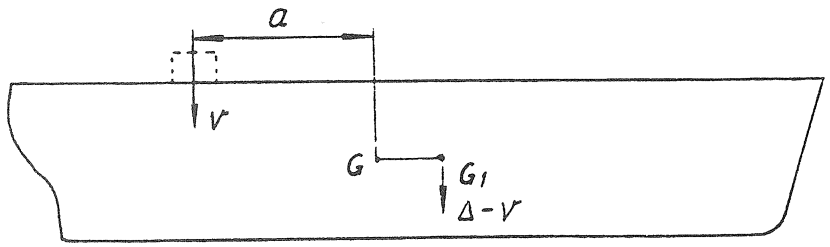
Dersom vi er interessert i å finne vekten vi må laste/losse for å oppnå en bestemt KG, finner vi enkelt:

$$v = \frac{GG_1 \cdot \Delta}{a \pm GG_1}$$

+ ved lossing

– ved lasting

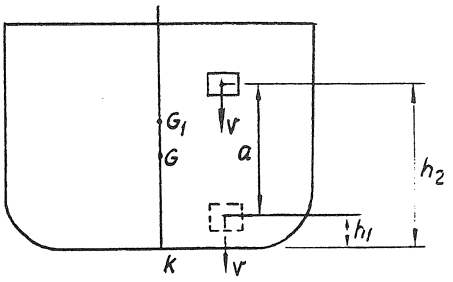
Vi har her betraktet tverrsnittet av et skip og tyngdepunktet over kjølen, men for lasting/lossing i langskipsretning finner vi tilsvarende formler, se figur 1.20



Figur 1.20

Flytting av vekter

Dersom vi flytter vekter om bord i skipet, vil tyngdepunktet flytte seg. Betrakt figur 1.21, som viser et skip med tyngdepunkt G. En vekt, v, som er plassert i en avstand h_1 over kjølen, blir flyttet slik at vektens tyngdepunkt kommer i avstanden h_2 over kjølen.



Figur 1.21

Vi bruker tyngdepunktsatsen og får:

$$\begin{aligned} KG_1\Delta &= KG\Delta - vh_1 + vh_2 \\ &= KG\Delta + v(h_2 - h_1) \\ &= KG\Delta + v \cdot a \end{aligned}$$

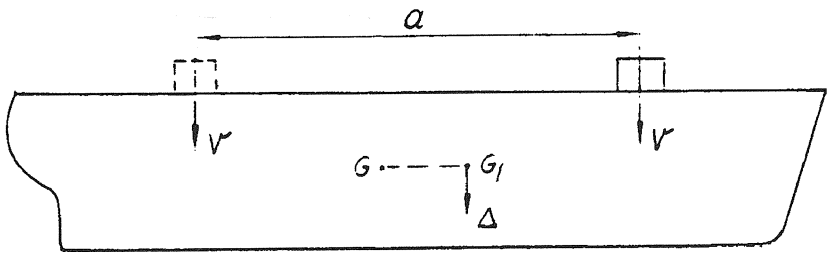
Her er a avstanden som v blir flyttet.

$$(KG_1 - KG)\Delta = v \cdot a$$

$$GG_1\Delta = v \cdot a$$

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta}$$

Vi finner at G flytter seg i den retning vekten blir flyttet. I langskips retning får vi tilsvarende formel, se figur 1.22



Figur 1.22

Arbeidsoppgaver

1 For et 60 m langt vannlinjeplan har vi målt følgende halvordinater: 0,1 m, 3,5 m, 4,6 m, 5,1 m, 5,2 m, 5,1 m, 4,9 m, 4,3 m og 0,1 m. Beregn arealet av hele vannlinjeplanet.

2 Lengden av et lasterom er 15 m. Vi har delt rommet i fire deler og beregnet spantearealet av fem snitt: $A_1 = 61\ m^2$, $A_2 = 58\ m^2$, $A_3 = 53\ m^2$, $A_4 = 46\ m^2$, $A_5 = 38\ m^2$. Beregn volumet av rommet.

3 Beregn tyngdepunktet i rommet som er gitt i oppgave 2.

4 For et vannlinjeplan er det gitt følgende halvordinater: 0 m, 3,7 m, 4,3 m, 4,5 m, 4,3 m, 3,5 m og 0 m. Beregn treghetsmomentet om senterlinjen når $h = 15$ m.

5 Et skip har et deplasement på 3000 tonn og *KG* er 9,5 m. Vi laster om bord en vekt på 100 tonn og plasserer den 5 m under *G*. Beregn ny *KG*.

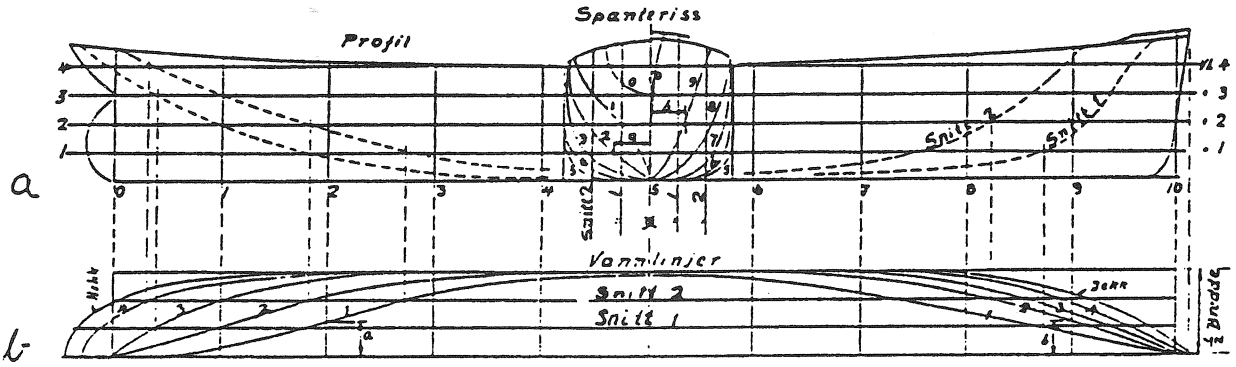
6 Vi flytter en vekt på 50 tonn fra underrommet til dekket, en avstand på 15 m. *KG* før flyttingen var 8 m, og deplasementet var 5000 tonn. Beregn ny *KG*.

7 Et skip har et deplasement på 4000 tonn og $KG = 7$ m. Vi ønsker å heve *G* med 0,2 m. Hvor stor vekt må vi ta om bord når vi plasserer vekten 5 m over *G*?

8 Vi ønsker å senke skipets tyngdepunkt, *G*, 0,3 m ved å losse vekter som er plassert på dekk i en høyde av 12 m over kjølen. Hvor stor vekt må vi losse når skipets deplasement er 10 000 tonn og $KG = 8{,}0$ m?

2 Skipets geometri

Før et skip blir bygd, må det utarbeides tegninger og utføres beregninger. Tegninger som beskriver skipets geometriske form, kalles linjetegninger, se figurene 2.1a og b.



Figur 2.1

Figur 2.1 a viser skipet sett fra siden. En slik tegning kalles profiltegning. Ved å legge inn vertikale snitt i forskjellig avstand parallellt med diametralplanet får vi frem snittlinjer der planet skjærer skipets yttersider. (På figurene er det vist færre snitt enn det som er vanlig.)

Spanteriss får vi ved å legge vertikale tverrskipssnitt loddrett på diamentralplanet. Spanterissene fremtrer der snittene skjærer skipets yttersider. Ettersom to og to spant er like, tegner vi bare én halvpart, forskipet til høyre og akterskipet til venstre.

Ved å legge inn horisontale langskipssnitt parallelt med kjølplaten får vi frem vannlinjerissene.

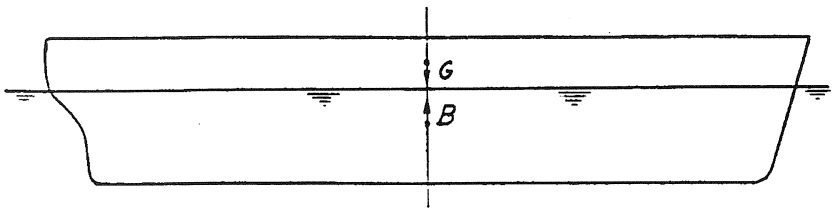
Ved bygging av nye skipstyper blir det foretatt modellforsøk. På grunnlag av linjetegningene blir det laget en modell av skipet i en bestemt målestokk. Resultatet fra prøvene danner grunnlaget for det videre arbeidet.

Hydrostatiske størrelser

Fra fysikken kjenner vi Arkimedes' lov: Et legeme som er senket ned i en væske, blir påvirket av en oppdriftskraft som virker motsatt av tyngdekraften. For et legeme som flyter, er oppdriftskraften lik tyngden av legemet.

Senter for oppdriftskraften ligger i tyngdepunktet av den fortrengte væskemengde. Oppdriftssenteret (center of buoyancy) har fått symbolet *B*.

Et skip som flyter, må være i likevekt. Skipets tyngdepunkt, *G*, og oppdriftssenteret, *B*, må ligge på en rett vertikal linje, se figur 2.2



Figur 2.2

Tyngdekraften av skipet er:

$M \cdot g$

M er den totale massen av skipet (inkludert last og alle vekter om bord), *g* er tyngdens akselerasjon.

Oppdriftskraften er:

$\nabla \cdot \rho \cdot g$

∇ = undervannsvolumet av skipet (volumdeplasement)
ρ = tetthet

Vi kan sette:

$M \cdot g = \nabla \cdot \rho \cdot g$

$M = \nabla \cdot \rho$

Det gir den kjente formelen:

$$\rho = \frac{M}{\nabla}$$

I praksis er det sjelden tyngden av skipet ($M \cdot g$) blir brukt. I stedet bruker en massen i tonn, og den blir vanligvis angitt som vekt.

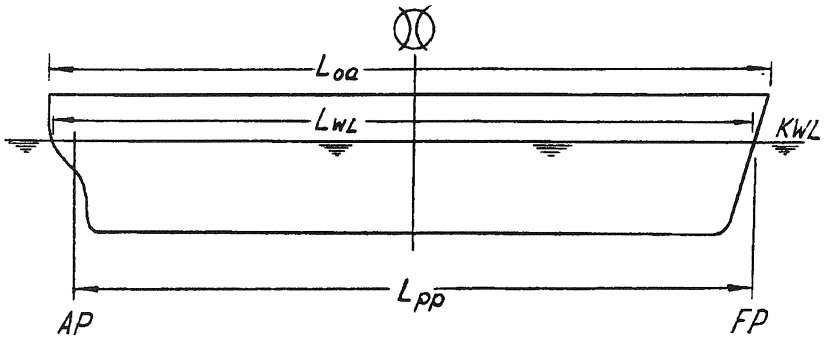
Vi kan skrive:

$$\rho = \frac{\Delta}{\nabla}$$

Dimensjoner

I tillegg til skipets linjetegning blir det brukt en del størrelser for å angi skipets dimensjoner og form. Vi skal her se på noen av de viktigste.

Figur 2.3 viser tre forskjellige lengdeangivelser, hvorav L_{pp} er den viktigste.



Figur 2.3

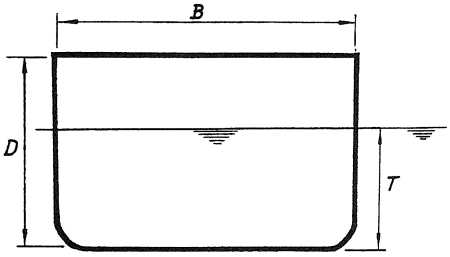
L_{pp} = lengde mellom perpendikulærer
L_{OA} = lengde overalt
L_{WL} = lengde i vannskorpen
AP = aktre perpendikulær, en vertikal linje trukket gjennom skipets rorakse
FP = forre perpendikulær, en vertikal linje trukket fra skjæringspunktet mellom forstevnen og konstruksjonsvannlinjen (vanligvis vannlinjen til sommermerket)
⊗ = midtskips, et tverrsnitt midt mellom perpendikulærene (kalles ofte nullkryss)

Figur 2.4 viser skipets tverrsnittsplan, der en del størrelser er angitt.

B = bredde på spant (ikke medberegnet tykkelsen på hudplatene)

D = dybde i riss, avstand fra underkant av kjølplate til underkant av dekksplate

T = dypgang, avstand fra underkant av kjølplate til aktuell vannlinje



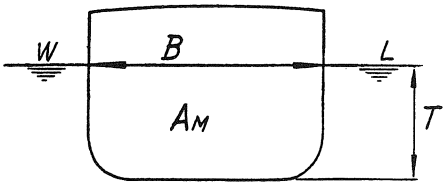
Figur 2.4

Formkoeffisienter

Vi vil her nevne noen av de viktigste koeffisientene.

Midtskipskoeffisienten, C_M, er forholdet mellom tverrsnittsarealet midtskips og produktet av bredden midtskips, *B*, og dypgående, *T*, se figur 2.5.

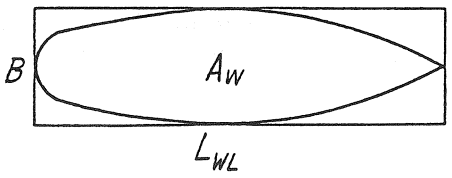
$$C_M = \frac{A_M}{B \cdot T}$$



Figur 2.5

Vannlinjeplanets finhetskoeffisient, C_W, er forholdet mellom vannlinjearealet, A_W, og arealet av rektangelet ($L_{WL} \cdot B$), se figur 2.6.

$$C_W = \frac{A_W}{L_{WL} \cdot B}$$



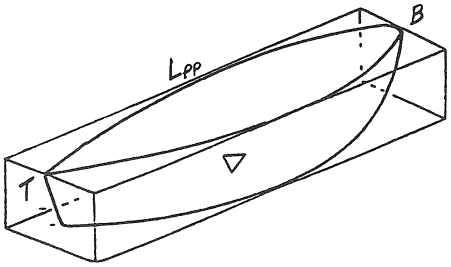
Figur 2.6

Blokkoeffisienten, C_B, er forholdet mellom undervannsvolumet og volumet av et rektangulært legeme med samme lengde, bredde og dypgående som skipet, se figur 2.7.

$$C_B = \frac{\nabla}{L_{pp} \cdot B \cdot T}$$

Blokkoeffisienten ved dypgående til sommermerket blir ofte brukt ved sammenlikning av forskjellige skip.

For vanlige store tankskip kan C_B ha verdien 0,88, lasteskip 0,75 og passasjerskip 0,6.



Figur 2.7

Prismatisk koeffisient, C_P, er forholdet mellom undervannsvolumet og produktet av L_{pp} og tverrsnitsarealet midtskips, A_M.

$$C_P = \frac{\nabla}{L_{pp} \cdot A_M}$$

Av dette finner vi:

$$C_M \cdot C_P = \frac{A_M}{B \cdot T} \cdot \frac{\nabla}{L_{pp} \cdot A_M}$$

$$C_M \cdot C_P = C_B$$

Beregning av volumdeplasement

Det er to metoder for beregning av volumdeplasement.

Metode 1

Vi tenker oss skipet delt med horisontale snitt. De små volumelementene, $dV = A_W(t)dt$, som fremkommer, summerer vi fra $t = 0$ til T, se figur 2.8.

Her er $A_W(t)$ = vannlinjearealet ved et bestemt dypgående. Tykkelsen, dt, er så liten at vannlinjearealet er konstant over denne tykkelsen, og vi kan sette:

$$dV = A_W(t) \cdot dt$$

Summen av alle disse små volumelementene, skriver vi slik:

$$\nabla = \int_{t=0}^{T} dV = \int_{t=0}^{T} A_W(t) \cdot dt$$

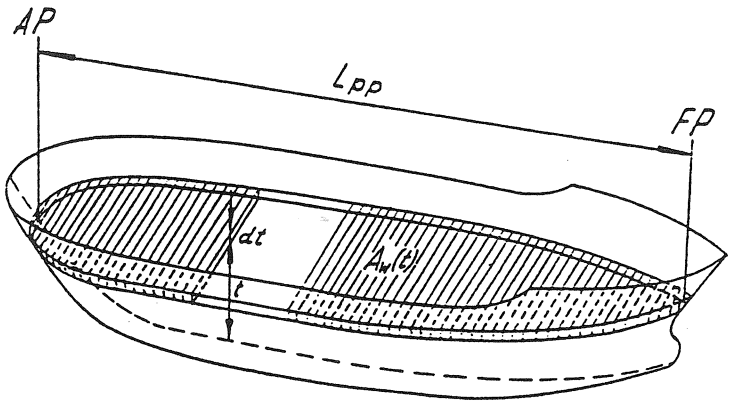
$\int$ er et integrasjonstegn som angir av vi skal summere alle de små volumelementene dV fra t=0 til T. Vi utfører beregningene numerisk ved

hjelp av Simpsons formel eller liknende formler. Vi beregner vannlinjearealene for et bestemt antall dypgående. Avstanden mellom dem må være like stor. De beregnede vannlinjearealene bruker vi videre i Simpsons formel.

$$\nabla = \frac{h \cdot (A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + ... + A_n)}{3}$$

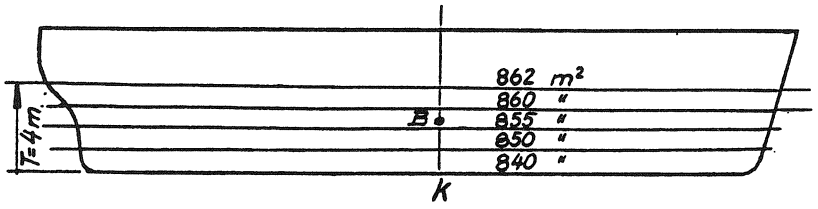
h = avstand mellom snittene

A_1, A_2 osv. = arealet av de forskjellige vannlinjeplanene



Figur 2.8

Eksempel 2.1
Vannlinjearealet for et skip er beregnet for hver meter opp til 4 m dypgående, se skisse.



Beregn volumdeplasement, ∇, vektdeplasement, Δ, og høyden til oppdriftssenteret, B, over kjølen.

Løsning:
Vi bruker følgende oppstilling. Husk at tyngdepunktet i volumet er B.

Ord.nr	Areal	SF	Produkt-areal	Arm	Areal-moment
1	840	1	840	0	0
2	850	4	3 400	1	3 400
3	855	2	1 710	2	3 420
4	860	4	3 440	3	10 320
5	862	1	862	4	3 448
		ΣProduktareal	10 252	ΣArealmoment	20 588

$$\nabla = \frac{h \cdot \Sigma\text{Produktareal}}{3} = \frac{1 \cdot 10\,252}{3} = 3417{,}33\ \text{m}^3$$

$$\Delta = \rho \cdot \nabla = 1{,}025 \cdot 3417{,}33 = 3502\ \text{tonn}$$

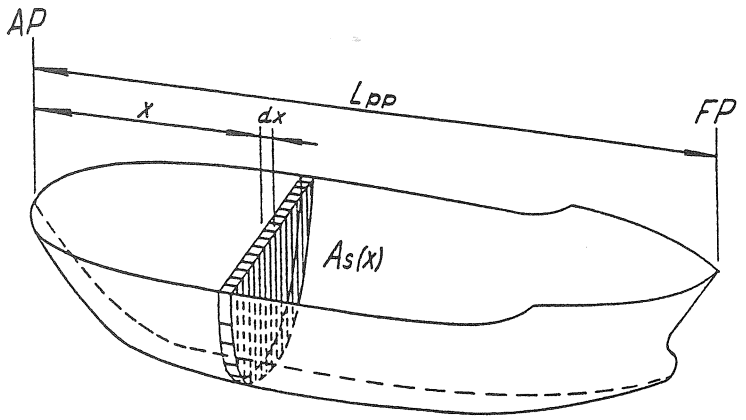
$$KB = \frac{\Sigma\text{Arealmoment}}{\Sigma\text{Produktareal}} = \frac{20\,588}{10\,252} = 2{,}01\ \text{m}$$

Metode 2

Vi tenker oss skipet delt med vertikale snitt, se figur 2.9.

Vi summerer arealet av snittene over hele skipets lengde:

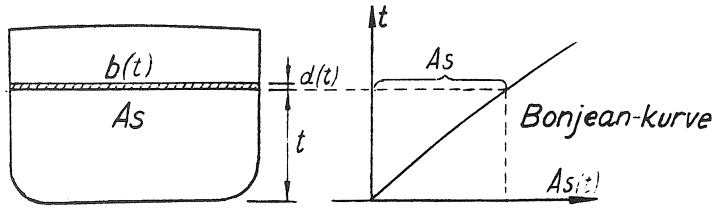
$$\nabla = \int_{x=0}^{L} dV = \int_{x=0}^{L} A_S(x) \cdot dx$$



Figur 2.9

$A_s(x)$ er seksjonsarealet (tverrsnittsarealet) for et bestemt spant i avstand x fra *AP*.

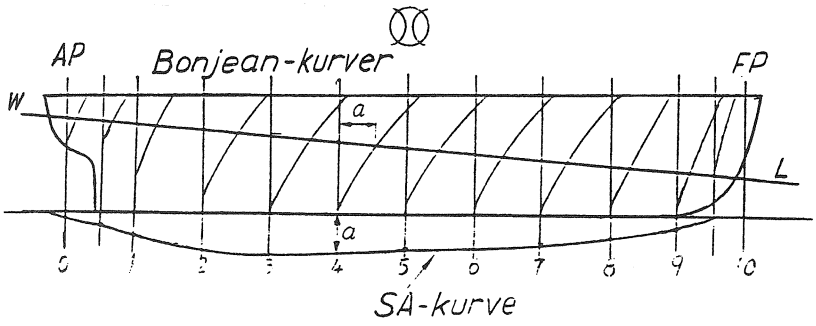
Vi beregner seksjonsarealene ved å integrere vannlinjebreddene for de enkelte konstruksjonsspant, se figur 2.10.



Figur 2.10

Til høyre er kurven A_s gitt som en funksjon av dypgående. Slike kurver kalles Bonjean-kurver (etter den franske skipsingeniør Bonjean). Vi beregner Bonjean-kurver for hvert konstruksjonsspant. Mot endene legger vi inn halvspant for å oppnå større nøyaktighet.

Figur 2.11 viser Bonjean-kurver for elleve konstruksjonsspant og to halvspant.



Figur 2.11

Under Bonjean-kurvene er det tegnet opp seksjonsarealkurver som viser fordelingen av A_s over skipets lengde.

Kurvene kalles SA-kurver (Sectional Area Curves = SAC).

Fordelen med metode 2 er at vi kan tegne opp SA-kurver for bestemte vannlinjer. Vi kan dermed på en enkel måte beregne skipets ∇ når skipet har trim.

På figur 2.11 er SA-kurven tegnet for vannlinjen *WL*. Arealet av denne kurven, som vi kan beregne ved hjelp av Simpsons formel, angir skipets volumdeplasement, ∇, til denne vannlinjen. Tyngdepunktet i SA-kurven angir oppdriftssenterets tyngdepunkt, *B*, i langskipsretning.

Bonjean-kurver og SA-kurver tegnes i en bestemt målestokk.

Vi beregner volumdeplasement ved hjelp av Simpsons formel:

$$\nabla = \frac{h}{3}(A_0+4A_1+2A_2+4A_3+2A_4+4A_5+2A_6+4A_7+2A_8+4A_9+A_{10})$$

$h = L_{pp}/10$ (avstanden mellom seksjonene)

A_0, A_1 osv. = seksjonsarealet av de enkelte konstruksjonsspant (leses av fra SA-kurven for den bestemte trim og dypgående)

Volum som ligger foran og aktenfor perpendikulærene, blir beregnet for seg og lagt til volumet som er beregnet ovenfor.

Oppdriftssenterets langskipsplassering:

Avstanden fra *AP* til oppdriftssenteret, *B*, angis ved *LCB* (longitudional center of boyancy).

LCB finnes ved hjelp av tyngdepunktssatsen, se figurene 2.9 og 2.12.

$$LCB \cdot \nabla = \int_{x=0}^{L} A_S(x)\mathrm{d}x \cdot x$$

Omforming til Simpsons formel gir:

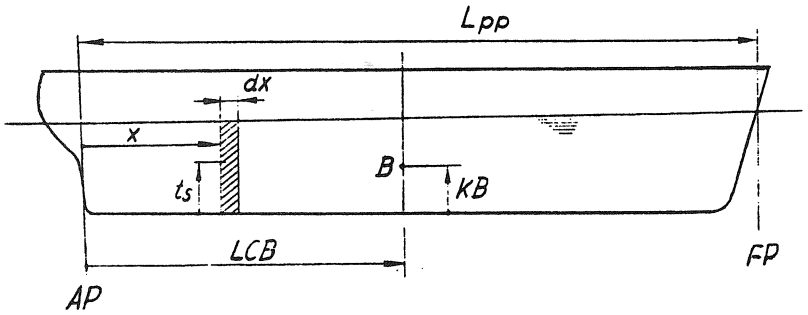
$$LCB = \frac{(A_0x_0 + 4A_1x_1 + 2A_2x_2 + \ldots\ldots\ldots + A_{10}x_{10})}{(A_0 + 4_1 + 2A_2 + \ldots\ldots\ldots + A_{10})}$$

$x_0 = 0$, $x_1 = h$, $x_2 = 2h$ osv. Ved å dividere x_i med h og multiplisere utenfor parentesen med h vil x_i/h angi spantenummeret.

$$\frac{x_0}{h} = \frac{0}{h} = 0, \quad \frac{x_1}{h} = 1, \quad \frac{x_2}{h} = 2 \text{ osv.}$$

Det gir:

$$LCB = \frac{h(A_0 + 4A_1 + 2A_2 \cdot 2 + 4A_3 \cdot 3 + \ldots\ldots\ldots + A_{10} \cdot 10)}{(A_0 + 4A_1 + 2A_2 + 4A_3 + \ldots\ldots\ldots + A_{10})}$$



Figur 2.12

Oppdriftssenterets vertikale plassering

Avstanden fra kjølen til oppdriftssenteret angis ved *KB*.

Vi bruker tyngdepunktsatsen for å beregne det vertikale tyngdepunktet, t_s, i det enkelte seksjonsareal, A_s, se figurene 2.10 og 2.12.

$$t_s \cdot A_s = \int_{t=0}^{T} (b(t) \cdot \mathrm{d}t \cdot t)$$

Her er $\int_{t=0}^{T} (b(t) \cdot \mathrm{d}t \cdot t) = M_s$, seksjonsarealmomentet.

Satt inn i Simpsons formel gir dette:

$$KB = \frac{(M_0 + 4M_1 + 2M_2 + \ldots\ldots\ldots + M_{10})}{(A_0 + 4A_1 + 2A_2 + \ldots\ldots\ldots + A_{10})}$$

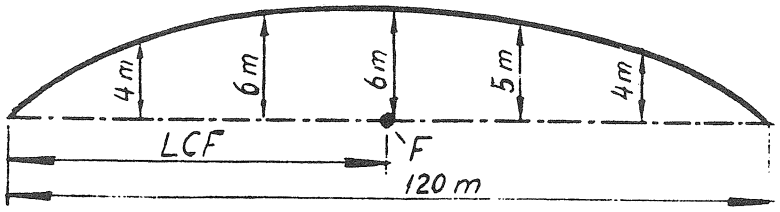
Tilnærmet formel for *KB*:

$$KB = \frac{C_W \cdot T}{C_W + C_B} = \frac{T}{1 + C_{pv}}$$

Flotasjonssenteret

Tyngdepunktet i et vannlinjeplan har fått navnet flotasjonssenter (centre of flotation). Når skipet er nedlastet til en bestemt vannlinje, vil det trimme om flotasjonssenteret. Avstanden fra *AP* til flotasjonssenteret angis ved *LCF* (longitudional centre of flotation). For et skip uten krengning ligger flotasjonssenteret på senterlinjen. Det er derfor tilstrekkelig å betrakte halve vannlinjeplanet ved beregning av flotasjonssenteret. Simpsons formel kan brukes til å beregne flotasjonssenteret.

Eksempel 2.2.
Beregn *LCF* for et vannlinjeplan med halvordinater 0 m, 4 m, 6 m, 6 m, 5 m, 4 m og 0 m. Skipets lengde er 120 m, se figur 2.13.



Figur 2.13

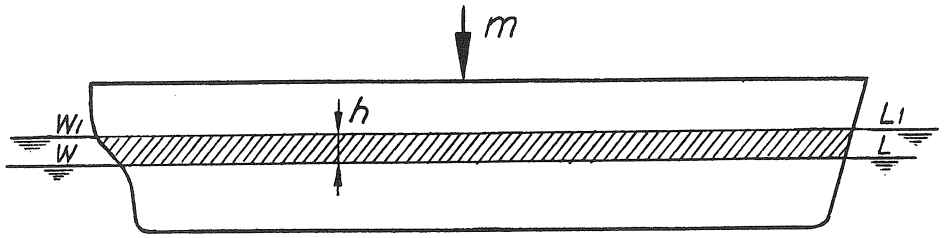
Løsning:
Vi bruker Simpsons formel.

Ord.nr	Ord.lengde	SF	Produkt-areal	Arm	Areal-moment
1	0	1	0	0	0
2	4	4	16	20	320
3	6	2	12	40	480
4	6	4	24	60	1440
5	5	2	10	80	800
6	4	4	16	100	1600
7	0	1	0	120	0
		Produktareal	78	Arealmoment	4646

$$LCF = \frac{\text{Arealmoment}}{\text{Produktareal}} = \frac{4640}{78} = 59{,}49 \text{ m}$$

Tonn per centimeter neddykking (*TPC*)

Betrakt et skip som flyter til vannlinje *WL*, se figur 2.14. Vi tar om bord en masse *m*, slik at middeldypgående øker med *h* meter.



Figur 2.14

Skipet vil synke til vannlinje W_1L_1. Ifølge Arkimedes' lov må tyngden av massen, mg, være lik oppdriftskraften av den fortrengte væskemengden.

Dersom h er liten, kan vi anse vannlinjearealet, A_w, av de to vannlinjene for å være like store. Det fortrengte volumet er da:

$$dV = A_w h$$

Massen av fortrengt væske er:

$$M = \rho \cdot dV = \rho \cdot A_W h$$

Oppdriftskraften blir:

$Mg = \rho \cdot A_W hg$ og vi kan sette
$mg = \rho \cdot A_W hg$
$m = \rho \cdot A_W h$

Dersom massen, m, er antallet tonn som forandrer dypgående med 1 cm, dvs. h = 1 cm = 1/100 m, får vi idet vi setter ρ = 1,025 tonn/m^3:

$$TPC = \frac{1{,}025 A_W}{100}$$

TPC = tonn per centimeter neddykking er beregnet for forskjellige dypgående og satt opp i tabell eller kurve.

Eksempel 2.2
Et rektangulært skip med lengde 100 m, bredde 30 m og dypgående 6 m, ligger i sjøvann. Det tar om bord en vekt på 50 tonn. Hva blir dypgående?

Løsning:
$A_W = L \cdot B = 100 \cdot 30 = 3000\ m^2$.

$$TPC = \frac{\rho \cdot A_W}{100} = \frac{1{,}025 \cdot 3000}{100} = 30{,}75 \text{ tonn/cm}$$

$$\text{Nedsynking} = \frac{50}{30{,}75} = 1{,}63 \text{ cm} = 0{,}016 \text{ m}$$

Nytt middeldypgående = 6,0 + 0,016 = 6,016 m

Hydrostatiske data for skip

På grunnlag av linjetegningene og de spesifiserte størrelser med beregninger som er gitt for et skip, settes det opp tabeller og kurver. Disse kan inneholde informasjon om

- deplasement
- dødvekt
- oppdriftssenter
- flotasjonssenter
- tonn per cm neddykking
- stabilitetskurver
- opplysninger angående trimberegninger
- andre størrelser som en har bruk for ved lasting/lossing og behandling av skipet

Stabilitet og trim vil bli behandlet i de påfølgende kapitlene. Se ellers plansjer for MS Linda, ST Golar Patricia og MS Mercadian Importer.

Arbeidsoppgaver

1 For et vannlinjeplan har vi målt følgende halvordinater:
0, 1,98 m, 4,27 m, 5,79 m, 6,09 m, 6,25 m, 5,79 m, 2,59 m, 1,72 m, 0,15 m og 0 m. Lengden av skipet er 90 m.
   a) Beregn arealet av vannlinjeplanet.
   b) Beregn TPC for dette dypgående.
   c) Beregn avstand til flotasjonssenteret.

2 Et skip med lengde 155 m har dypgående 5,0 m. Fra SA-kurven har vi (regnet fra *AP*) lest av følgende seksjonsareal:
4,2 m^2, 22,6 m^2, 50,6 m^2, 83,3 m^2, 106,1 m^2, 113,7 m^2, 107,6 m^2, 81,4 m^2, 44,0 m^2, 29,1 m^2 og 17,4 m^2.
   a) Beregn skipets volumdeplasement til dette dypgående.
   b) Beregn *LCB*.Tverrskipsstabilitet

3 Tverrskipsstabilitet

Et skip som blir utsatt for påvirkninger som vind, bølger, vektfordeling osv., kan krenge over til en av sidene. Skipets motstand mot krengning kaller vi tverrskipsstabilitet eller bare stabilitet.

Skipet må bygges slik at det har god stabilitet under alle laste- og værforhold.

Et skip med dårlig stabilitet kan lett kantre, selv i stille vær. Det er mange eksempler på at skip har gått rundt under lasting/lossing ved kai.

For stor stabilitet medfører store påkjenninger for folkene om bord, og det kan oppstå skader på skip og last. Skipsbyggeren må sikre seg at skipet har tilstrekkelig stabilitet, ikke for stor og ikke for liten.

Myndighetene stiller strenge krav til skipets stabilitet. Det er spesielt to faktorer som har betydning for stabiliteten:

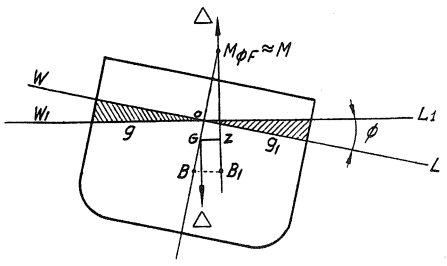
- Formen på skipet
- Vektplasseringen om bord

Skipsbyggeren har ansvaret for skipets form. Den delen av stabiliteten som påvirkes av skipets form, kalles *formstabilitet*.

Vektplasseringen om bord er det lasteoffiseren som har ansvaret for. Den delen av stabiliteten som påvirkes av vektfordelingen, kalles *vektstabilitet*. For et gitt skip er det vektplasseringen om bord som har betydning for skipets stabilitet.

La oss betrakte et skip som krenger en liten vinkel, se figur 3.1.

Vi forutsetter at skipets tyngdepunkt, G, ikke forflytter seg under krengingen. Oppdriftssenteret, B, vil forskyves til B_1, idet oppdriftskraften virker i tyngdepunktet av undervannsvolumet. Vi får et skjæringspunkt mellom gammel og ny oppdriftskraft. Skjæringspunktet kaller vi *det falske metasenteret*.



Figur 3.1

Når krengevinkelen går mot null, kaller vi skjæringspunktet for initialmetasenteret, eller til vanlig, *metasenteret*:

$$M = \lim_{\varnothing \to 0} M_{\varnothing F}$$

Vi ser av figuren at:

$$\frac{BB_1}{BM} = \varnothing \quad \text{(radianer)}$$

$$BB_1 = BM \cdot \varnothing$$

Siden $\varnothing$ er liten, så antar vi at den neddykkede kilen oLL_1 og den løftede kilen oW_1W er like store.

Tyngdepunket i kilene er g. Momentet som virker om senterlinjen, er

$$v \cdot gg_1$$

der v er volum av neddykket kile, og gg_1 er avstanden som tyngdepunktet har flyttet seg.

Tyngdepunktsatsen gir:

$$BB_1 \cdot \nabla = v \cdot gg_1$$

$$BB_1 = \frac{v \cdot gg_1}{\nabla}$$

Innsatt for BB_1 får vi:

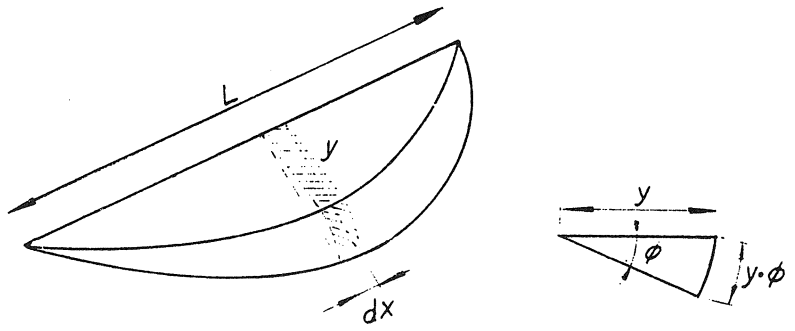
$$BM \cdot \varnothing = \frac{v \cdot gg_1}{\nabla}$$

$$BM \cdot \nabla = \frac{v \cdot gg_1}{\varnothing}$$

Vi må finne et uttrykk for momentet $v \cdot gg_1$.

Skipets halve bredde er gitt ved y. For et rektangulært skip er y konstant, men for et vanlig skip vil y variere langs skipets lengde. Vi betrakter en kile med brede y og tykkelse dx, se figur 3.2. Arealet av den neddykkede kilen kan vi sette lik:

$$\frac{1}{2}y \cdot y \cdot \varnothing = \frac{1}{2}y^2 \cdot \varnothing$$



Figur 3.2

Vi lar dx være lengden av en slik kile. Volumet av kilen blir:

$$dV = \frac{1}{2}y^2 \cdot \varnothing \cdot dx$$

Tyngdepunktet i kilen ligger $2y/3$ fra senterlinjen (jamfør tyngdepunktet i en trekant). Volummomentet om senterlinjen for kilen blir:

$$\frac{1}{2}y^2 \cdot \varnothing \cdot dx\frac{2}{3} \cdot y = \frac{\varnothing}{3} \cdot y^3 \cdot dx$$

Det totale delmomentet av de to kilene blir:

$$\frac{2\varnothing}{3} \cdot y^3 \cdot dx$$

Det totale momentet for alle kilene finner vi ved å integrere over skipets lengde:

$$\frac{2\varnothing}{3}\int_0^L y^3 dx$$

Integralet $\frac{2}{3}\int_0^L y^3 dx$

er arealtreghetsmomentet, $I_{\text{℄}}$, om senterlinjen, jamfør kapittel 1.

$$I_{\text{℄}} = \frac{2}{3}\int_0^L y^3 dx$$

Vi kan sette $I_{\text{℄}} \cdot \varnothing = v \cdot gg_1$

$$I_{\text{℄}} = \frac{v \cdot gg_1}{\varnothing}$$

Fra det foregående har vi:

$$BM \cdot \nabla = \frac{v \cdot gg_1}{\varnothing}$$

Innsatt for $\frac{v \cdot gg_1}{\varnothing}$ gir det:

$$BM \cdot \nabla = I_{\text{℄}}$$

$$BM = \frac{I_{\text{℄}}}{\nabla}$$

For et rektangulært vannlinjeplan er

$$I_{\text{℄}} = \frac{l \cdot b^3}{12}$$

og

$$BM = \frac{L \cdot B^3}{12 \cdot \nabla}$$

Det er vanlig å angi $I_{\text{℄}} = C_I \cdot L \cdot B^3$, der C_I er en faktor som avhenger av vannlinjeplanets form. Vi kan sette:

$$BM = \frac{C_I \cdot L \cdot B^3}{\nabla}$$

Metasenterhøyden, *GM*

Avstanden fra skipets tyngdepunkt, *G,* til skipets metasenter, M, kaller vi metasenterhøyden. Vi kaller denne avstanden *GM*, se figur 3.1.

Vi trekker en perpendikulær fra *G* til oppdriftsslinjen og får punktet *Z*. Oppdriftskraften og tyngden av skipet danner et kraftpar, og det oppstår et moment som vil motvirke krengningen.

Momentarmen blir *GZ*. Momentet kalles det opprettende moment, *MR*, eller stabilitetsmomentet.

$MR = \Delta \cdot GZ$ (tonnmeter)

For krengevinkler opptil ca. 10–15° antar vi at *M* ligger på senterlinjen. Vi kan da sette:

$GZ = GM \cdot \sin\varnothing$ og

$MR = \Delta \cdot GM \cdot \sin\varnothing$

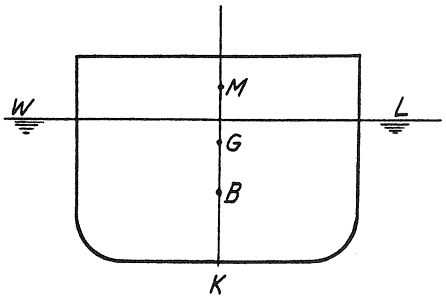
Det er avstanden *GM* som bestemmer om skipet har evne til å rette seg opp. Vi bestemmer hvor *M* skal ligge, ut fra hvor *B* ligger, det vil si av skipets form. Hvor *G* skal ligge, bestemmer vi ut ifra hvordan vektene om bord er plassert.

Av formelen $MR = \Delta \cdot GM \sin\varnothing$, kan vi trekke følgende slutninger:

1 Ved $GM > 0$, vil skipet rette seg opp når vi fjerner det krengende momentet. Vi sier at skipet har *positiv stabilitet.*
2 Ved $GM = 0$, har skipet ingen evne til å rette seg opp fordi $MR = 0$. Vi sier at skipet har *indifferent stabilitet.*
3 Ved $GM < 0$, vil momentet virke samme vei som det krengende momentet. Momentet er negativt. Skipet kan krenge videre til en vinkel $\varnothing$, der $GM \geq 0$, eller det kan kantre. Vi sier at skipet har *negativ stabilitet.*

Formstabilitet

Den delen av stabiliteten som avhenger av skipets form, kaller vi som nevnt formstabilitet. Vi skal nå se hvilke faktorer som har betydning for formstabiliteten.



Figur 3.3

Anta at skipet ligger på rett kjøl, se figur 3.3.

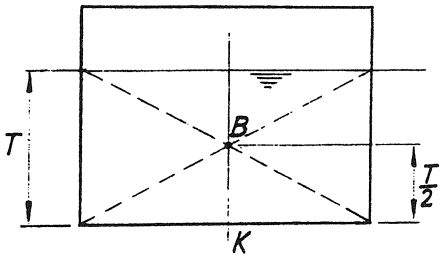
Vi ser av figuren at:

$$GM = KM - KG$$
$$GM = KB + BM - KG$$
$$GM = KB + \frac{I_{\text{tverr}}}{\nabla} - KG$$

Det er de to første leddene som bestemmer metasenterets høyde over kjølen, og vi ser at de avhenger av skipets form og dypgående.

KB – tilnærmede formler for spesielle tilfeller

Vi har tidligere i kapittel 2 sett hvordan vi kan beregne oppdriftssenterets høyde over kjølen. Her vil vi se på spesielle tilfeller og komme frem til tilnærmede formler som kan brukes for å bestemme *KB*.



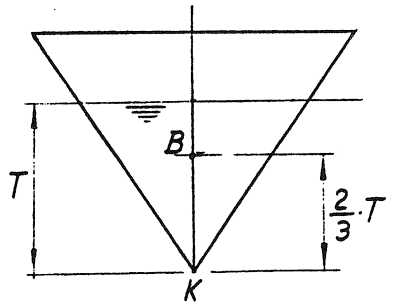
Figur 3.4

For et kasseformet skip med rektangulært undervannstverrsnitt, se figur 3.4, kan vi sette:

$$KB = T/2$$

For et trekantformet tverrsnitt, se figur 3.5, vil

$$KB = \frac{2 \cdot T}{3} = 0{,}67 \cdot T$$



Figur 3.5

Vi kan sette $KB = k_1 \cdot T$

Undervannsformen på et skip ligger nærmere en rektangulær form enn en trekantform. Det betyr at koeffisienten k_1 ligger noe over 0,5. Vanlige verdier for k_1 er:

Store tankskip: $k_1 = 0{,}53$
Store lasteskip: $k_1 = 0{,}54$
Mindre skip: $k_1 = 0{,}55$

Generelt kan vi sette:

$KB = k_1 \cdot T$, der $0{,}50 < k_1 < 0{,}67$

Morrish formel

En tilnærmet formel som vi bruker til å beregne oppdriftssenterets høyde over kjølen, er Morrish formel:

$$KB = T - \frac{1}{3}\left(\frac{T}{2} + \frac{\nabla}{A}\right)$$

der A er arealet av vannlinjeplanet.

Eksempel 3.1.
Beregn KB for et kasseformet skip med $L = 50$ m, $B = 10$ m og $T = 4$ m.

Løsning:
$\nabla = LBT = 50 \cdot 10 \cdot 4 = 2000\ \text{m}^3$
$A = LB = 50 \cdot 10 = 500\ \text{m}^2$

$$KB = T - \frac{1}{3}\left(\frac{T}{2} + \frac{\nabla}{A}\right)$$

$$KB = 4 - \frac{1}{3}\left(\frac{4}{2} + \frac{2000}{500}\right) = 2\ \text{m}$$

Resultatet stemmer med figur 3.4.

GZ-kurver

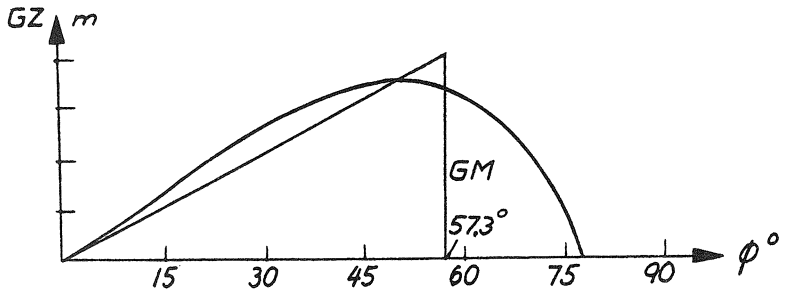
GZ-kurver viser hvordan momentarmen GZ varierer med krengevinkelen for en bestemt lastetilstand.

For krengningsvinkler på 10–15° finner vi GZ ved hjelp av formelen:

$$GZ = GM \cdot \sin\varnothing$$

For større krengninger må vi bruke andre metoder for å finne GZ, og GZ-kurver er den mest brukte.

Eksempel på en GZ-kurve er vist på figur 3.6.



Figur 3.6

Initialmetasenterhøyden, GM, finner vi ved å trekke tangenten til kurven gjennom origo. Når vi retter opp en perpendikulær i 57,3°, vil skjæringspunktet med tangenten angi størrelsen på GM, se figur 3.6.

Maksimal stabilitet finner vi ved krengevinkelen der GZ-armen er størst, her ca. 50°. Stabilitetens utstrekning er det området der $GZ > 0$. På figuren er utstrekningen ca. 78°.

Metasenterets høyde over oppdriftssenteret – *BM*

Vi har tidligere vist at vi kan beregne *BM* ved følgende formel:

$$BM = \frac{I_{\text{℄}}}{\nabla}$$

der

$$I_{\text{℄}} = C_{\text{I}} \cdot L \cdot B^3$$
$$\nabla = C_{\text{B}} \cdot L \cdot B \cdot T$$

Setter vi dette inn i formelen for *BM,* får vi:

$$BM = \frac{C_{\text{I}} \cdot L \cdot B^3}{C_{\text{B}} \cdot L \cdot B \cdot T}$$

$$BM = \frac{C_{\text{I}} \cdot B^2}{C_{\text{B}} \cdot T}$$

For et rektangulært vannlinjeplan er $C_{\text{I}} = 1/12$. For store tankskip i lastet tilstand vil treghetskoeffisient for vannlinjeplanet ligge nær 1/12, og blokkkoeffisienten, *CB,* vil være 0,88.

$$\frac{C_{\text{I}}}{C_{\text{B}}} = \frac{1}{12 \cdot 0{,}88} = 0{,}09$$

$$BM = \frac{0{,}09B^2}{T}$$

Dette er en tilnærmet formel som vi bruker til omtrentlige beregninger av *BM* for store skip. Generelt gjelder:

$$BM = \frac{k_2 \cdot B^2}{T}$$

Vi ser at bredden (i vannlinjen) av skipet inngår i andre potens, det vil si at stor bredde fører til stor økning i BM. Lengden av skipet inngår ikke direkte i formelen og er av mindre betydning.

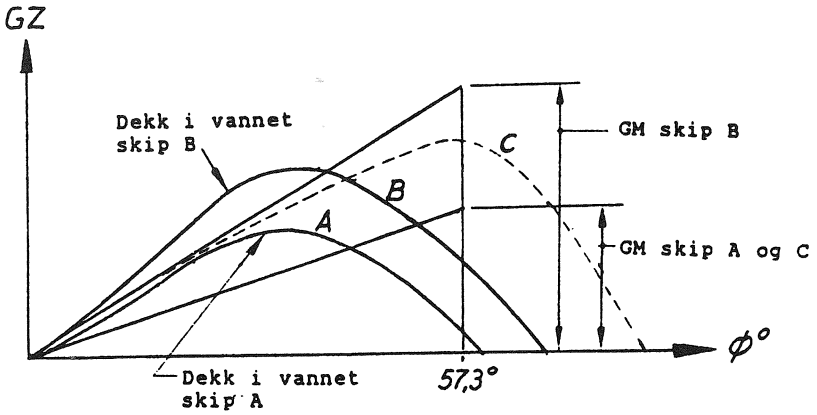
Dypgående har også betydning for stabiliteten, men her må vi ta med i betraktningen at deplasementet også vil endre seg. Et større dypgående vil normalt medføre at vannlinjeplanet og dermed treghetsmomentet øker, dette fører igjen til en økning i *BM*. Dypgående har også betydning for skipets fribord.

Breddens og fribordets betydning for stabiliteten

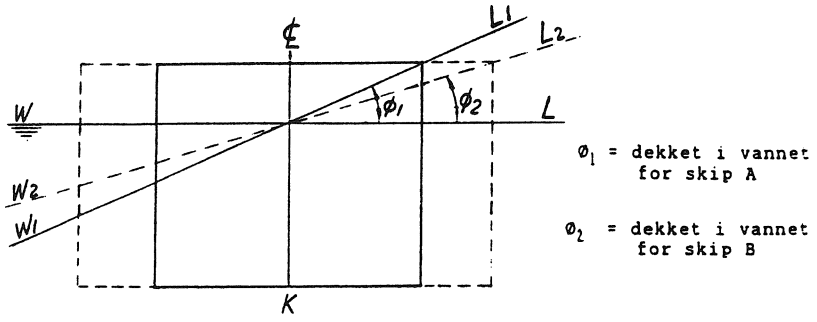
Bredden av skipet i vannlinjen er den faktoren som har størst betydning for stabiliteten. På figur 3.7 viser kurvene A og B forandring i *GZ* for et skip med konstant *KG* og dypgående når bredden av skipet varierer.

Kurve A er tegnet for en bestemt bredde. Kurve B viser *GZ* for et skip der bredden er gjort større. Vi ser at denne kurven har større stigning enn kurve A, dvs. at *GM* har økt. *GZ* er større over hele stabilitetens utstrekning, og vi ser at utstrekningen også har blitt noe større.

Figur 3.8 viser at når bredden øker, vil dekket komme i vannet ved en mindre krengevinkel enn for et skip med mindre bredde.



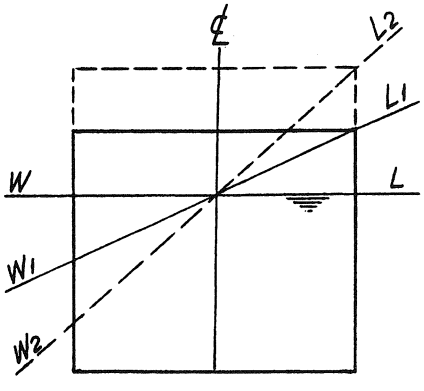
Figur 3.7



Figur 3.8

Når dekket kommer i vannet, vil bredden på vannlinjeplanet avta, og *GZ* vil avta raskt. Stabilitetens utstrekning vil av den grunn ikke bli vesentlig større enn for kurve A.

Kurve C viser hvilken betydning fribordet har for stabiliteten. Skipet er det samme som for kurve A, men fribordet er gjort større, se figur 3.9. Utstrekning av stabiliteten øker betraktelig, og maksimal stabilitet inntreffer ved en større krengevinkel. Initialstabiliteten, *GM*, er uforandret, og kurve A og C er sammenfallende inntil dekket kommer i vannet for skip A.



Figur 3.9

Metasenterkurver

Fra figur 3.3 har vi følgende sammenheng:

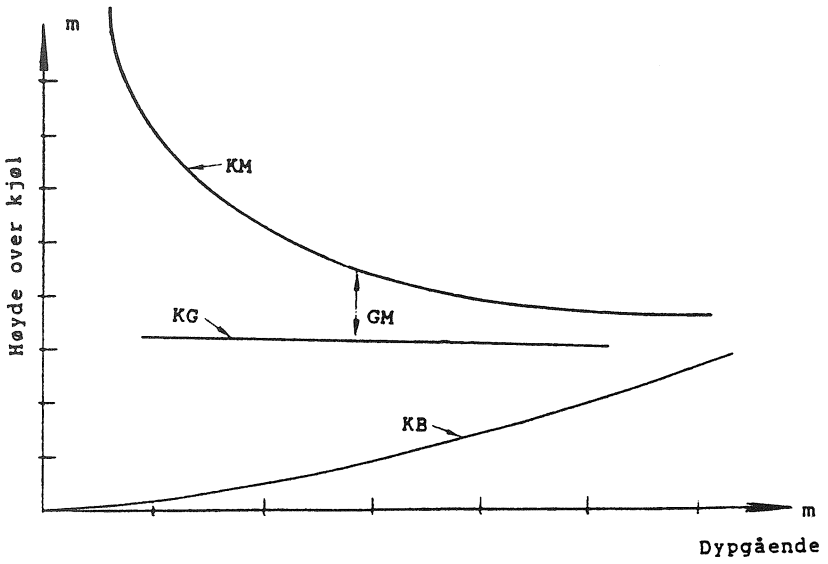
$$KM = KB + BM$$
$$= KB + \frac{I_{\text{tv}}}{\nabla}$$

Metasenterets høyde over kjølen blir beregnet av skipsbyggeren til forskjellig dypgående og blir satt opp i tabell eller i kurveform.

Kurvediagrammer viser hvordan *KM* varierer med dypgående. Ved å tegne inn *KG* for en bestemt lastesituasjon kan vi lese av *GM* direkte.

Et eksempel på en metasenterkurve er vist på figur 3.10. Her er det også tegnet inn en kurve for oppdriftssenterets høyde over kjølen og *KG* for en bestemt lastetilstand.

Det er typisk for vanlige skip at *KM* er tilnærmet konstant ved stort dypgående (full last).



Figur 3.10

Eksempel på konstruksjon av en metasenterkurve for et kasseformet skip

Vi skal sette opp en metasenterkurve og oppdriftskurve for et kasseformet skip med $L = 70$ m og $B = 12$ m, fra dypgående 1,5 m til dypgående 5 m.

Løsning:
Vi bruker formelen:

$$KM = k_1 \cdot T + BM$$

For et kasseformet skip er $k_1 = 0{,}5$ og $KB = 0{,}5 \cdot T$

Videre er

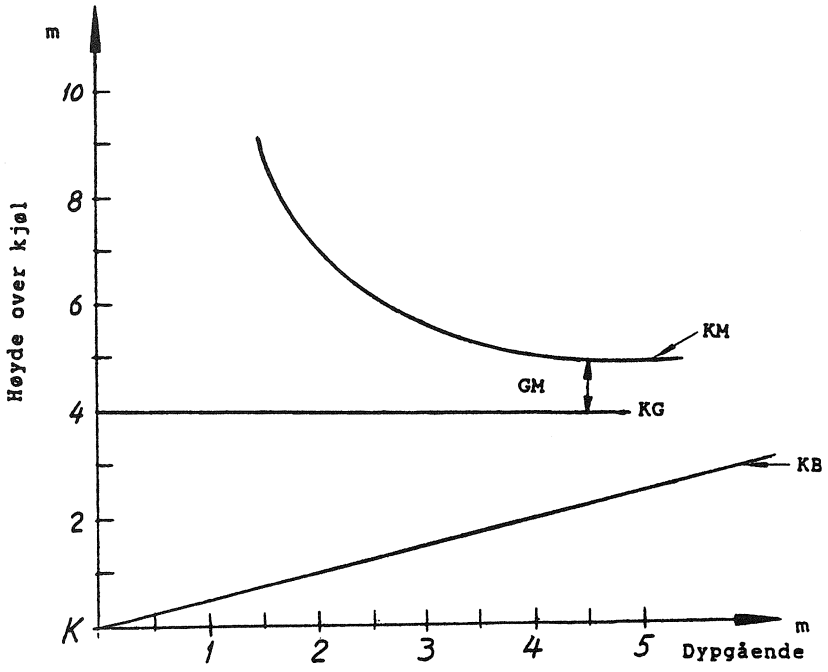
$$BM = \frac{I_C}{\nabla} = \frac{L \cdot B^3}{12 \cdot \nabla} = \frac{L \cdot B^3}{12 \cdot L \cdot B \cdot T} = \frac{B^2}{12 \cdot T}$$

$$KM = 0{,}5 \cdot T + \frac{B^2}{12 \cdot T}$$

Vi setter opp en tabell og beregner *KM* for hver 0,5 m.

T	$KB = 0{,}5T$ (m)	$\left(BM = \frac{B^2}{12 \cdot T}\right)$ (m)	KM (m)
1,5	0,75	8,00	8,75
2,0	1,00	6,00	7,00
2,5	1,25	4,80	6,05
3,0	1,50	4,00	5,50
3,5	1,75	3,43	5,18
4,0	2,00	3,00	5,00
4,5	2,25	2,67	4,92
5,0	2,50	2,40	4,90

Vi tegner inn *KM* og *KB* på figur 3.11.



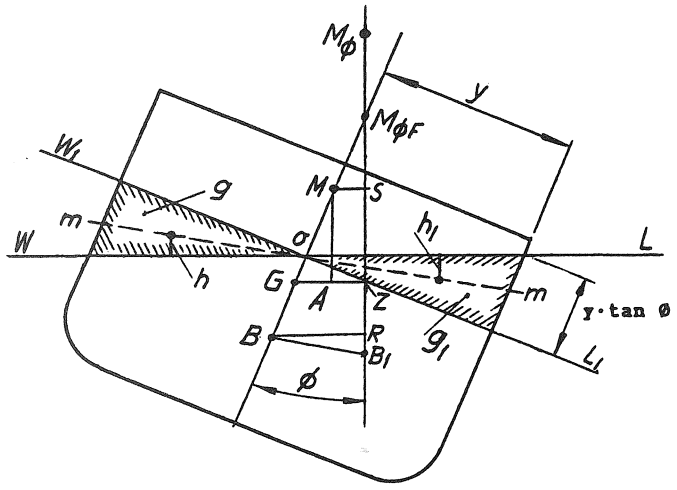
Figur 3.11

Dersom $KG = 4{,}00$ m, les av *GM* ved 4,5 m dypgående.

Vi tegner inn $KG = 4{,}00$ m og leser av $GM = 0{,}95$ m.

Stabilitet ved større krengninger

Ved større krengevinkler vil oppdriftssenteret flytte seg så langt ut til lav side at oppdriftslinjen ikke lenger går gjennom initialmetasenteret, *M*, se figur 3.12.



Figur 3.12

Ut fra den nye vannlinjen vil metasenteret ligge i $M_{\varnothing}$.

Skjæringspunktet med senterlinjen blir $M_{\varnothing F}$ (det falske metasenteret).

Vi ser at

$GZ = GA + MS$

$GZ = GM \cdot \sin\varnothing + MS$

Størrelsen *MS* kalles reststabiliteten.

Vi har tidligere sagt at tangenten til *GZ* i origo angir *GM* ved $\varnothing = 57{,}3°$. Av formelen ovenfor får vi når $\varnothing \to 0$:

$GZ \approx GM \cdot \sin\varnothing \approx GM \cdot \varnothing$

Den deriverte av *GZ* med hensyn på $\varnothing$ gir vinkelkoeffisienten i origo, dvs. tangenten til kurven i origo:

$$\frac{dGZ}{d\varnothing}\bigg|_{\varnothing=0} = GM = \frac{GM}{1}$$

Ved å trekke tangenten til kurven i origo og sette $\varnothing = 1$ radian $= 57{,}3°$ finner vi *GM* (vist tidligere).

Vi skal se på en formel som vi kan bruke til å beregne reststabiliteten opp til en krengevinkel der dekket kommer i vannet. Den forutsetter at skipssidene er vertikale, derav navnet *The Wall-sided formula*.

The Wall-sided formula

Vi antar at de to kilene på figur 3.12 er symmetriske om senterlinjen. Tyngdepunktet i kilene er g og g_1. Den horisontale avstanden som tyngdepunktet har flyttet seg, er hh_1. Den tilsvarende horisontale forflytting av oppdriftssenteret er BR.

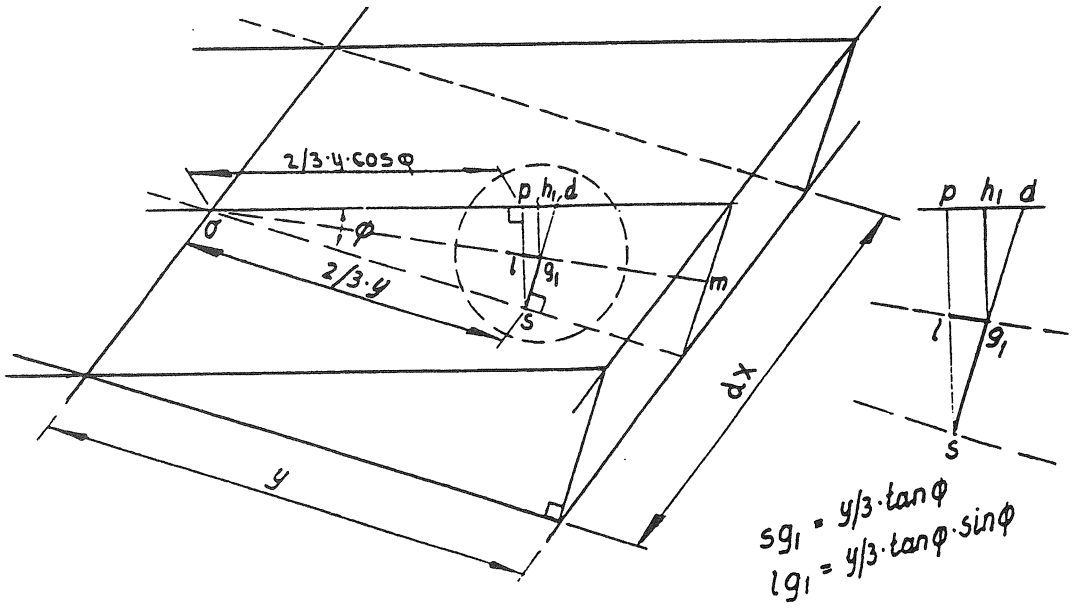
$$dV = \frac{1}{2} \cdot y^2 \tan\varnothing \cdot dx$$

Det horisontale momentet av kilen er:

$$\left(\frac{1}{2} \cdot y^2 \tan\varnothing\right) \cdot hh_1 \cdot dx$$

Vi må finne et uttrykk for $hh_1 = 2 \cdot oh_1$

Vi betrakter en kile fra siden og tegner inn størrelsene vi får bruk for, se figur 3.13.



Figur 3.13

Fra figuren kan vi lese av følgende:

$os = \frac{2}{3} \cdot y$ (tyngdepunktet i planet gjennom L_1 ligger 2/3 y fra o)

$op = \frac{2}{3} \cdot y \cdot \cos\varnothing$

$oh_1 = op + ph_1$

$ph_1 = lg_1 = sg_1 \cdot \sin\varnothing$

$sg_1 = \frac{sd}{2} = \frac{2 \cdot y}{3 \cdot 2} \tan\varnothing = \frac{y}{3} \cdot \tan\varnothing$

(g_1 ligger på medianen og halverer siden sd = 2/3y tan$\varnothing$)

$$ph_1 = \frac{y}{3} \cdot \tan\varnothing \cdot \sin\varnothing$$

$$oh_1 = \frac{2}{3} \cdot y \cdot \cos\varnothing + \frac{y}{3} \cdot \tan\varnothing \cdot \sin\varnothing$$

$$hh_1 = 2 \cdot oh_1 = \frac{4}{3} \cdot y \cdot \cos\varnothing + \frac{2 \cdot y}{3} \cdot \tan\varnothing \cdot \sin\varnothing$$

Momentet av den lille kilen kan skrives:

$$\frac{1}{2} \cdot y^2 \cdot \tan\varnothing\left(\frac{4}{3} \cdot y \cdot \cos\varnothing + \frac{2}{3} \cdot y \cdot \tan\varnothing \cdot \sin\varnothing\right) \cdot dx$$

$$= \frac{2}{3} \cdot y^3 \cdot \tan\varnothing \cdot \cos\varnothing \cdot dx + \frac{1}{3} \cdot y^3 \tan^2\varnothing \cdot \sin\varnothing \cdot dx$$

Ved å integrere over skipets lengde L får vi det totale horisontale momentet idet vi setter størrelser som er konstante for den bestemte krengevinkelen, utenfor integrasjonstegnet:

Horisontalt moment =

$$\tan\varnothing \cdot \cos\varnothing \cdot \frac{2}{3}\int_0^L y^3 \cdot dx + \tan^2\varnothing \cdot \sin\varnothing \cdot \frac{1}{3}\int_0^L y^3 \cdot dx$$

Fra tidligere har vi:

$$I_{\text{℄}} = \frac{2}{3}\int_0^L y^3 \cdot dx \text{ og derav}$$

$$\frac{1}{3}\int_0^L y^3 \cdot dx = \frac{1}{2} I_{\text{℄}}$$

Tyngdepunktsatsen gir med hensyn på horisontalt moment:

$$BR \cdot \nabla = I_{\text{℄}} \cdot \tan\varnothing \cdot \cos\varnothing + \frac{1}{2} \cdot I_{\text{℄}} \cdot \tan^2\varnothing \cdot \sin\varnothing$$

$$BR = \frac{I_{\text{℄}}}{\nabla} \cdot \tan\varnothing \cdot \cos\varnothing + \frac{1}{2} \cdot \frac{I_{\text{℄}}}{\nabla} \cdot \tan^2\varnothing \cdot \sin\varnothing$$

Vi innfører: $BM = \frac{I_{\text{℄}}}{\nabla}$

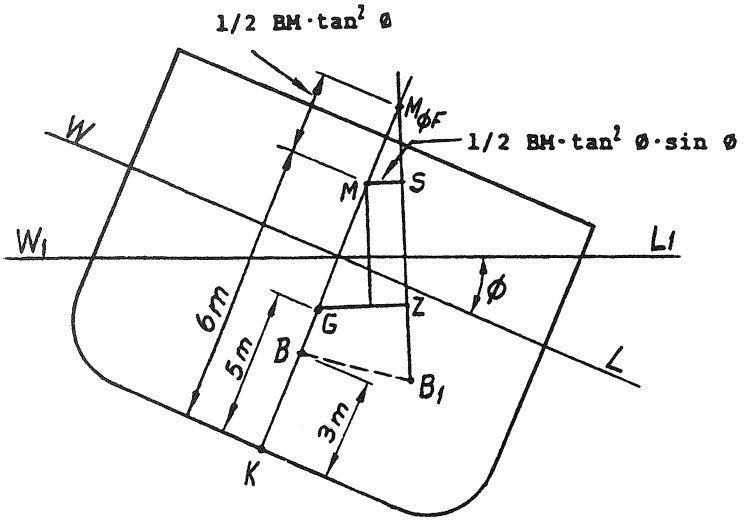
$$BR = BM \cdot \tan\varnothing \cdot \cos\varnothing + \frac{1}{2} \cdot BM \cdot \tan^2\varnothing \cdot \sin\varnothing$$

Vi setter $BR = BM_{\text{ØF}} \sin\varnothing$ og dividerer med $\sin\varnothing$ på begge sider av likningen, og bruker forholdet

$$\tan\varnothing = \frac{\sin\varnothing}{\cos\varnothing}$$

$$BM_{\varnothing F}\frac{\sin\varnothing}{\sin\varnothing} = BM\cdot\frac{\sin\varnothing}{\cos\varnothing}\cdot\frac{\cos\varnothing}{\sin\varnothing}+\frac{1}{2}\cdot BM\cdot\tan^2\varnothing\cdot\frac{\sin\varnothing}{\sin\varnothing}$$

$$BM_{\varnothing F} = BM+\frac{1}{2}\cdot BM\cdot\tan^2\varnothing$$



Figur 3.14

Det betyr at avstanden

$$MM_{\varnothing F} = \frac{1}{2}\cdot BM\cdot\tan^2\varnothing$$

og reststabiliteten

$$MS = MM_{\varnothing F}\cdot\sin\varnothing = \frac{1}{2}BM\cdot\tan^2\varnothing\cdot\sin\varnothing$$

Vi kan sette:

$$GZ = GM\cdot\sin\varnothing+\frac{1}{2}BM\cdot\tan^2\varnothing\cdot\sin\varnothing$$

Vi ser at vi får et tillegg i GZ-armen:

$$\frac{1}{2}BM\cdot\tan^2\varnothing\cdot\sin\varnothing$$

For krengevinkler < 10–12°, setter vi dette leddet = 0

Vi bruker formelen til å beregne *GZ* opp til den vinkelen der dekket kommer i vannet. For krengevinkler større enn denne vinkelen, må vi bruke andre metoder.

Eksempel 3.2
Et skip med deplasement 5000 tonn har KB = 3 m, KM = 6 m og KG = 5 m. Beregn GZ ved 20° krengning.

Løsning:
Se figur 3.14. Vi finner

$BM = KM - KB = 6 - 3 = 3$ m

$GM = KM - KG = 6 - 5 = 1$ m

GZ ved 20° $= GM \cdot \sin 20° + 0{,}5 \cdot BM \cdot \tan^2 20° \cdot \sin 20°$

$= 1 \cdot \sin 20° + 0{,}5 \cdot 3 \tan^2 20° \cdot \sin 20°$

$= 0{,}342 + 0{,}068 = 0{,}41$ m

Arbeidsoppgaver

1 Et skip på 8000 tonn har GM = 0,4 m. Beregn det opprettende momentet når skipet krenger 6°.
2 Beregn GM når GZ = 0,035 m ved 7,5° krengning.
3 Et skip med deplasement 10 000 tonn har KG = 5,80 m, KB = 3,00 m og BM = 3,20 m. Beregn GZ ved 5° krengning og ved 25° krengning.
4 Et kasseformet skip med L = 60 m, B = 10 m og T = 4 m (saltvann), har en KG = 3,00 m (C_B = 1,0).
Beregn KB og BM.
Beregn GZ ved 5° krengning og ved 20° krengning.

4 Stabilitetskurver

Vi skal se på noen av de stabilitetskurvene som blir brukt i dag.

Stabilitetskrysskurver

Stabilitetskrysskurver er kurver som vi kan bruke til å beregne *GZ* for en bestemt lastesituasjon. Det er to typer av stabilitetskrysskurver, KY-kurver (KN-kurver) og GZ-krysskurver.

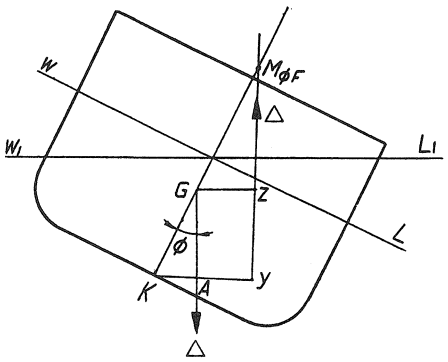
KY-kurver

Av figur 4.1 ser vi at

$$GZ = KY - KA$$

$$GZ = KY - KG \cdot \sin \varnothing$$

KY blir beregnet og satt opp i kurveform for forskjellige krengevinkler, som funksjon av deplasementet.



Figur 4.1

Beregning av KY

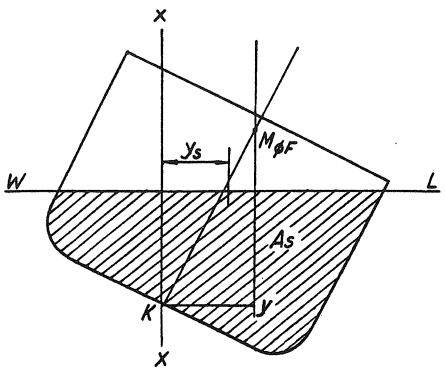
Vi skal beregne momentet om linjen *xx* på figur 4.2.

Tyngdepunktsatsen gir:

$$KY \cdot \nabla = \int_0^L A_s \cdot y_s \cdot dx$$

$$KY = \frac{\int_0^L A_s \cdot y_s \cdot dx}{\nabla}$$

A_s er seksjonsarealet, og y_s er avstanden fra linjen *xx* til tyngdepunkt i seksjonsarealet. Det totale momentet får vi ved å integrere over skipets lengde.

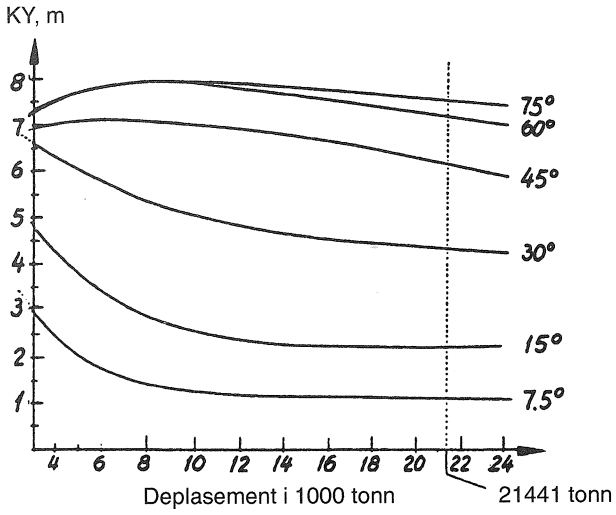


Figur 4.2

KY-kurver blir i dag beregnet ved hjelp av datamaskiner. Før ble *KY* beregnet ved bruk av en integrator (et mekanisk instrument som ble brukt til å beregne arealer) og numeriske metoder.

KY blir beregnet av skipsbyggeren for forskjellige krengevinkler som en funksjon av deplasementet. På figur 4.3 er slike *KY*-kurver vist for M/S Linda.

Eksempel 4.1:
Beregn og tegn *GZ*-kurven for et skip med $\Delta = 20\,000$ tonn og $KG = 8{,}0$ m. Bruk *KY*-kurvene på figur 4.3.



Figur 4.3

Løsning: $GZ = KY - KG \cdot \sin Ø$

$GZ(7{,}5°) = 1{,}10 - 8 \cdot \sin 7{,}5° = \quad 0{,}06$ m

$GZ(15°) = 2{,}20 - 8 \cdot \sin 15° = \quad 0{,}13$ m

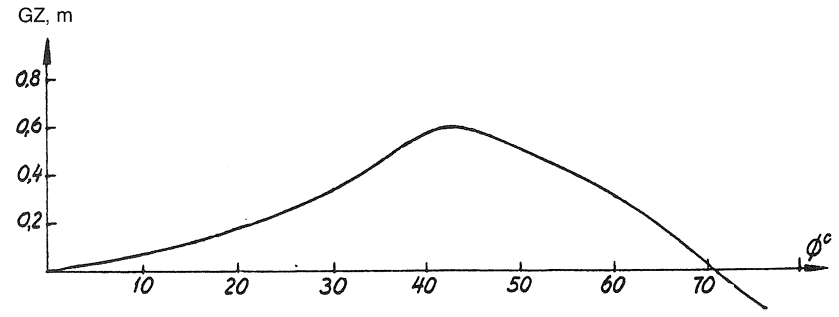
$GZ(30°) = 4{,}35 - 8 \cdot \sin 30° = \quad 0{,}35$ m

$GZ(45°) = 6{,}25 - 8 \cdot \sin 45° = \quad 0{,}59$ m

$GZ(60°) = 7{,}25 - 8 \cdot \sin 60° = \quad 0{,}32$ m

$GZ(75°) = 7{,}60 - 8 \cdot \sin 75° = -0{,}13$ m

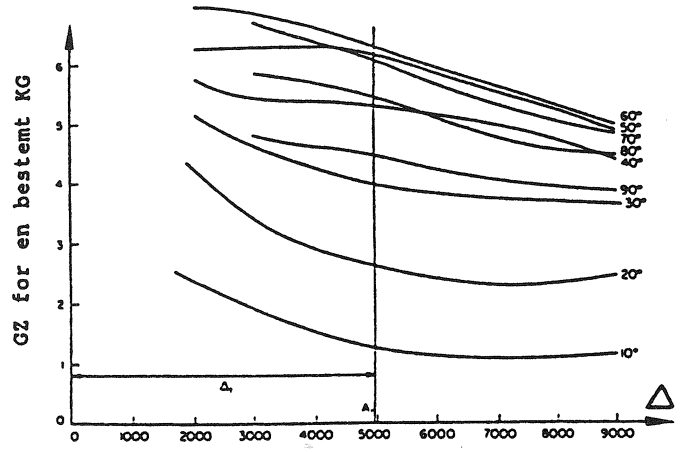
Kurven er tegnet på figur 4.4.



Figur 4.4

GZ-krysskurver

Skipsbyggeren kan utstyre skipet med GZ-kurver for bestemte krengevinkler som en funksjon av deplasementet, og beregnet for en bestemt *KG*. Eksempler på slike kurver er vist på figur 4.5.



Figur 4.5

Dersom skipet har en annen *KG* enn den kurven er beregnet for, må *GZ* korrigeres, se figur 4.6.

Aktuell $KG = KG_1$
Kurvens $KG = KG$
Kurvens $GZ = GZ$
Aktuell $GZ = G_1Z_1$

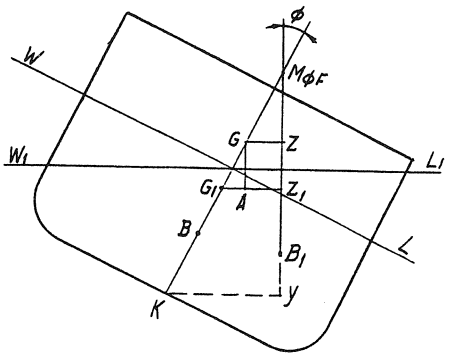
$$G_1Z_1 = GZ + G_1A$$

$$G_1Z_1 = GZ + GG_1 \cdot \sin\varnothing$$

Her er beregnet *KG* mindre enn kurvens *KG*, derfor skal det være pluss i formelen. Dersom beregnet *KG* er større enn kurvens *KG*, blir formelen:

$$G_1Z_1 = GZ - GG_1 \cdot \sin\varnothing$$

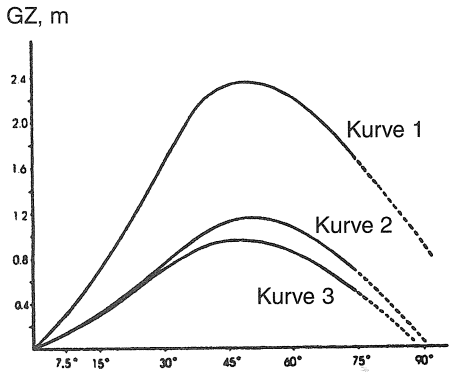
Disse GZ-kurvene er av samme type som *KY*-kurvene. Forskjellen er at ved beregning av *KY* bruker vi $KG = 0$, mens vi ved beregning av *GZ* kurvene antar en bestemt *KG*, og finner avstanden *GZ* istedenfor *KY*.



Figur 4.6

Ferdig beregnede *GZ*-kurver for bestemte lastetilstander

Skipsbyggeren kan utstyre skipet med ferdig utregnede stabilitetskurver for bestemte lastetilstander. Figur 4.7 viser slike *GZ*-kurver for M/S Linda. Det er vist kurver for tre lastetilstander.



Curve	Condition	Cargo	H.O.	D.O.	Stores
1	Ballast	-	695.6	155.3	150
2	Load 1	14 894.3	250.0	53.5	150
3	Load 2	16 040.0	200.0	51.2	150

Curve	F/W	Ballast	L/S	Δ
1	263.3	5070.5	4895	11 229.7
2	104.8	672.4	4895	21 020
3	104.8	-	4895	21 441

Curve	KG	GG_1	Corrected KG	GM
1	8.54	-	8.54	2.56
2	7.113	0.043	7.156	1.484
3	7.320	0.043	7.363	1.307

Figur 4.7

Vi beregner *GZ* på samme måte som *GZ*-krysskurver, se figur 4.8.

$$G_1Z_1 = GZ_{kurve} + GG_1 \cdot \sin\varnothing$$

Eksempel 4.2
Gitt M/S Linda, $\Delta = 20\,000$ tonn, $KG = 8$ m. Beregn og tegn *GZ*-kurven ut fra figur 4.7.

Løsning:
Vi tegner inn de gitte opplysningene på figur 4.9.

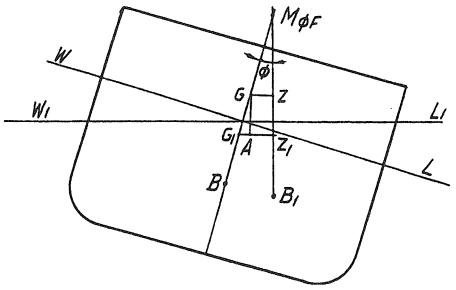
Kurve 2 ligger nærmest.

$$GG_1 = KG_1 - KG_{kurve} = 8 - 7{,}156 = 0{,}844 \text{ m}$$

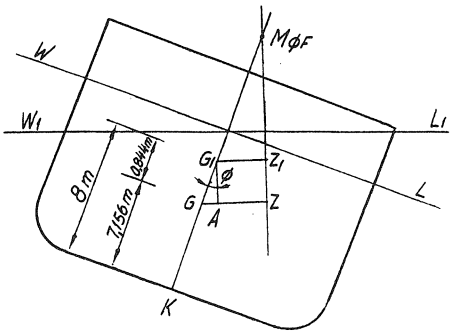
$$GZ(\varnothing) = GZ_{kurve} - GG_1 \sin\varnothing$$

$GZ(7{,}5°) = 0{,}15 - 0{,}844 \cdot \sin 7{,}5° = \quad 0{,}04$ m
$GZ(15°) = 0{,}34 - 0{,}844 \cdot \sin 15° = \quad 0{,}12$ m
$GZ(30°) = 0{,}78 - 0{,}844 \cdot \sin 30° = \quad 0{,}36$ m
$GZ(45°) = 1{,}18 - 0{,}844 \cdot \sin 45° = \quad 0{,}58$ m
$GZ(60°) = 1{,}07 - 0{,}844 \cdot \sin 60° = \quad 0{,}34$ m
$GZ(75°) = 0{,}68 - 0{,}844 \cdot \sin 75° = -0{,}14$ m

Sammenligner vi resultatene med eksempel 4.1, ser vi at *GZ*-verdiene ligger nært opp til hverandre i de to eksemplene. Av de to er det *KY*-kurven som blir ansett for å være den mest nøyaktige.



Figur 4.8



Figur 4.9

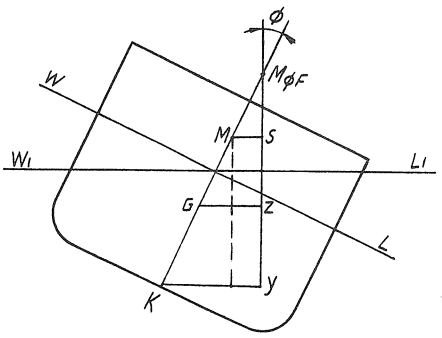
MS-kurver

Fra det foregående har vi:

$GZ(\varnothing) = GM \cdot \sin \varnothing + MS$

MS er *reststabiliteten.*

Vi kan bruke Wall side-formelen til å beregne reststabiliteten opp til den vinkel der dekket kommer i vannet. For større krengninger må *MS* beregnes ved andre metoder, for eksempel ved hjelp av *KY*-kurver, se figur 4.10.



Figur 4.10

$MS(\varnothing) = KY(\varnothing) - KM \cdot \sin \varnothing$

$GZ(\varnothing) = GM \cdot \sin \varnothing + MS$

MS settes opp i kurveform, jamfør M/S Mercadian Importer.

Vektstabilitet

Vi har sett at skipets form har betydning for stabiliteten. Metasenterhøyden, *GM*, er et mål for initialstabiliteten. For små krengevinkler kan vi sette:

$GZ = GM \cdot \sin \varnothing$

For større krengninger er det nødvendig å beregne *GZ* ved hjelp av andre metoder.

Metasenterets høyde over kjølen, *KM*, blir bestemt av skipets form, men hvor *G* skal ligge, avhenger av lastfordelingen om bord. Dersom *G* ligger lavt, får vi stor metasenterhøyde, men når *G* ligger høyt, blir metasenterhøyden redusert. Skipsbyggeren beregner skipets *G* over kjølen når skipet er tomt. Vi skal senere se at det beregnede tyngdepunktet blir kontrollert ved en krengeprøve.

Skipsbyggeren må også foreta beregninger for hvordan stabiliteten blir for skipet under normale laste- og lossetilstander. Lasteoffiseren må beregne skipets tyngdepunkt ved lasting og lossing av vekter, og han er da ansvarlig for at skipet oppfyller myndighetenes krav til stabilitet.

Vi bruker tyngdepunktsatsen til å beregne det nye tyngdepunktet.

Eksempel 4.3
Et skip har et deplasement på 5000 tonn og $KG = 7{,}35$ m.
Det tar om bord følgende laster:

Rom 1 : 500 tonn, $vcg = 8{,}00$ m
Rom 3 : 1000 tonn, $vcg = 8{,}50$ m

Det losser fra:

Rom 4 : 300 tonn, $vcg = 4{,}00$ m
vcg = tyngdepunkt over kjølen

Løsning:
Vi bruker følgende oppstilling:

Sted	Vekt (t)	vcg(m)	MT(tm)
Δ	5 000	7,35	36 750
Rom 1	500	8,00	4 000
Rom 2	1 000	8,50	8 500
Rom 4	– 300	4,00	– 1 200
Δ	6 200		Σ*MT* 48 050

MT = moment tverrskips

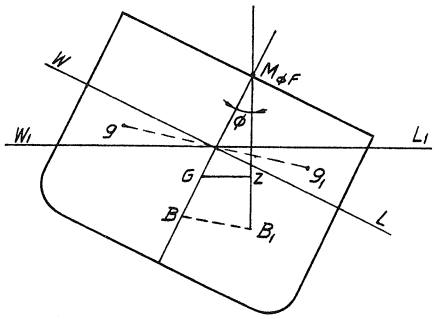
Vi regner vekt og moment positiv ved lasting og negativ ved lossing.

$$KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \frac{48\,050}{6\,200} = 7{,}75 \text{ m}$$

Dynamisk stabilitet

Dynamisk stabilitet defineres som den energien som skal til for å krenge et skip fra 0° til vinkelen ∅.

Betrakt figur 4.11. Når skipet ligger på rett kjøl, virker tyngden av skipet nedover i *G* og oppdriften oppover i *B*. Når skipet krenger over, vil *G* bli løftet og *B* gå nedover. Det betyr at skipet har blitt løftet en vertikal avstand tilsvarende $B_1Z - BG$.



Figur 4.11

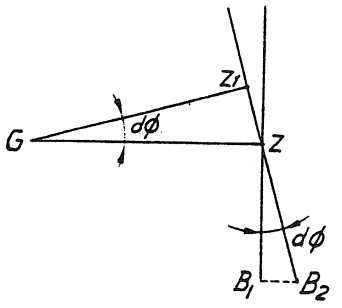
Det arbeid som kreves for å utføre dette, er:

$\rho g \nabla (B_1Z - BG)$ Nm

For å utføre dette arbeidet må skipet tilføres en energi som er like stor som arbeidet. Per definisjon er dynamisk stabilitet lik denne energien.

Vi skal utlede en formel som beskriver hvordan dynamisk stabilitet varierer med krengevinkelen.

Dersom skipet krenger ytterligere en liten vinkel d∅, vil B_1 flytte seg til B_2, se figur 4.12.



Figur 4.12

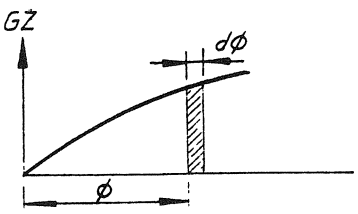
GZ_1 blir den nye stabilitetsarmen.

$ZZ_1 = GZ \cdot d\varnothing$

Dette er også den vertikale avstand som *G* har hevet seg over *B* når skipet krenger den lille vinkelen d∅. Den dynamiske stabiliteten fra ∅ til (∅ + d∅) blir da

$\rho \cdot g \cdot \nabla \cdot (GZ \cdot d\varnothing)$

På figur 4.13 er det tegnet et utsnitt av en *GZ*-kurve.



Figur 4.13

Vi ser at $GZ \cdot d\varnothing$ er arealet under kurven fra ∅ til (∅ + d∅).

Om vi nå summerer alle disse små arealene fra ∅ = 0 til ∅, får vi den dynamiske stabilitet fra ∅ = 0 til ∅, dvs.:

$$E_R = \int_0^{\varnothing} \nabla \cdot \rho \cdot g \cdot GZ \cdot d\varnothing = \Delta \cdot g \int_0^{\varnothing} GZ \cdot d\varnothing$$

Enheten er *Nm*. Vinkelen er gitt i radianer. I praksis bruker vi tonnmeter, og formelen kan skrives:

$$E_R = \Delta \int_0^{\varnothing} GZ \cdot d\varnothing$$

$\int_0^{\varnothing} GZ \cdot d\varnothing$ er arealet under *GZ* kurven i meterradianer.

Vi ser at dynamisk stabilitet ved en bestemt krengevinkel er proporsjonal med arealet under *GZ*-kurven opp til denne krengevinkelen. Isteden for dynamisk stabilitet er det derfor vanlig å angi den dynamiske stabilitetsarmen, *e*.

$$e = \frac{E_R}{\Delta} = \int_0^{\varnothing} GZ \cdot d\varnothing$$

Den dynamiske stabilitetsarmen = arealet under GZ-kurven

Arealet beregnes ved hjelp av Simpsons formel.

Arealet under *GZ*-kurven er et mål for skipets motstand mot krengning. Det er viktig at denne motstanden er stor nok til å sikre at skipet ikke kantrer. Myndighetene har fastsatt minimumskrav til den dynamiske stabilitetsarmen. Kravene bygger på undersøkelser som den finske professor Rahola foretok i 1939. Han behandlet flere kantringsulykker statistisk og kom på grunnlag av dette frem til visse minimumskrav til stabilitet. Kravene er nå internasjonalt anerkjente.

Krav til stabilitet

Krav til stabilitet for skip med $L < 100$ m er:

1 $GM \geq 0{,}15$ m
2 $GZ \geq 0{,}20$ m ved ∅ >= 30°
3 GZ_{max} ved minimum 25°
4 $e \geq 0{,}055$ m rad ved ∅ = 30°
5 $e_{30} - e_{40} \geq 0{,}03$ m rad
6 $e \geq 0{,}09$ m rad ved ∅ = 40° eller $\varnothing_F$ = fyllingsvinkelen

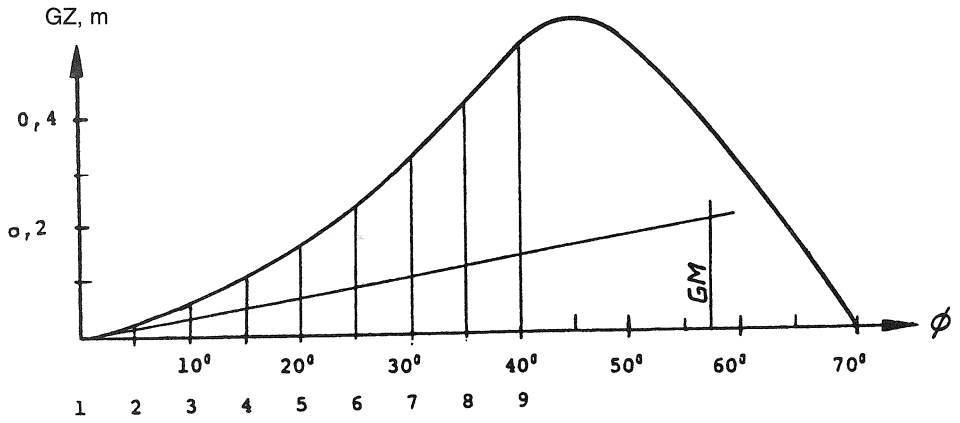
$\varnothing_F$ er den vinkelen der vann trenger inn i skroget.

For skip med $L > 100$ m vurderer Sjøfartsdirektoratet stabiliteten i hvert enkelt tilfelle. Kravene følger stort sett de samme reglene som for skip med $L < 100$ m.

Eksempel på beregning av dynamisk stabilitetsarm.

I praksis brukes uttrykket dynamisk stabilitet istedenfor dynamisk stabilitetsarm, og vi kommer til å holde oss til dette uttrykket videre utover i boken.

Eksempel 4.4
Beregn dynamisk stabilitet for et skip med en *GZ*-kurve som vist på figur 4.14.



Figur 4.14

Løsning:
Vi oppretter ordinater for hver femte grad opp til 30°, og fra 30° til 40°. Vi måler lengden av ordinatene og multipliserer med Simpsons faktor. Vi summerer produktene og beregner arealet i m rad. Første ordinat er alltid 0. Legg merke til at ordinat nr. 7 blir brukt to ganger. Det er hensiktsmessig å føre beregningene opp i tabellform.

Ord. nr	Ord. lgd.	SF	Produkt
1	0	1	0
2	0,02	4	0,08
3	0,055	2	0,11
4	0,10	4	0,40
5	0,17	2	0,34
6	0,24	4	0,96
7	0,32	1	0,32
		$Prod_1$	2,21

7	0,32	1	0,32
8	0,44	4	1,76
9	0,54	1	0,54
		$Prod_2$	2,62

$$\text{Areal}_{0\text{–}30^\circ} = \frac{\text{Prod}_1 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = \frac{2{,}21 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = 0{,}064 \text{ m rad}$$

$$\text{Areal}_{30\text{–}40^\circ} = \frac{\text{Prod}_2 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = \frac{2{,}62 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = 0{,}076 \text{ m rad}$$

$$\text{Areal}_{0\text{–}40^\circ} = 0{,}14 \text{ m rad}$$

Vi ser at kravene til stabilitet er oppfylt.

Eksempel 4.5
M/S Linda skal laste følgende laster:

Rom 2: 1500 tonn, *vcg* = 7,00 m
Rom 4: 1000 tonn, *vcg* = 6,80 m
Rom 5: 800 tonn, *vcg* = 6,70 m
Rom 6: 1000 tonn, *vcg* = 6,50 m

Samtidig lenser vi 600 tonn ballast (vcg = 1,00 m) fra bunntank nr. 4.
Før lasting var middeldypgående 7,5 m og *KG* = 8,25 m

a) Beregn nytt dypgående og ny *KG*.
b) Beregn og tegn *GZ*-kurven og bestem maksimalstabilitet og utstrekning.
c) Beregn dynamisk stabilitet og kontroller at stabilitetskravene oppfylles.

Løsning:
Vi bruker plansjen for M/S Linda.

a) Til dypgående *7,50* m tar vi ut Δ = 17 500 tonn

Sted	Vekt	Vcg	MT
Δ	17 500	8,25	144 375
Rom 2	1 500	7,00	10 500
Rom 4	1 000	6,80	6 800
Rom 5	800	6,70	5 360
Rom 6	1 000	6,50	6 500
B.tank 4	– 600	1,00	– 600
Δ	21 200		ΣMT 172 935

Nytt dypgående = 8,89 m

$$KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \frac{172\,935}{21\,200} = 8{,}16 \text{ m}$$

b) $GZ = KY - KG \cdot \sin \varnothing$

$GZ_{7{,}5^\circ} = 1{,}10 - 8{,}16 \cdot \sin 7{,}5^\circ = 0{,}03$ m
$GZ_{15^\circ} = 2{,}20 - 8{,}16 \cdot \sin 15^\circ = 0{,}09$ m
$GZ_{30^\circ} = 4{,}30 - 8{,}16 \cdot \sin 30^\circ = 0{,}22$ m
$GZ_{45^\circ} = 6{,}14 - 8{,}16 \cdot \sin 45^\circ = 0{,}37$ m
$GZ_{60^\circ} = 7{,}18 - 8{,}16 \cdot \sin 60^\circ = 0{,}11$ m
$GZ_{75^\circ} = 7{,}53 - 8{,}16 \cdot \sin 75^\circ = -0{,}35$ m

Kurven er tegnet på figur 4.15.

c)

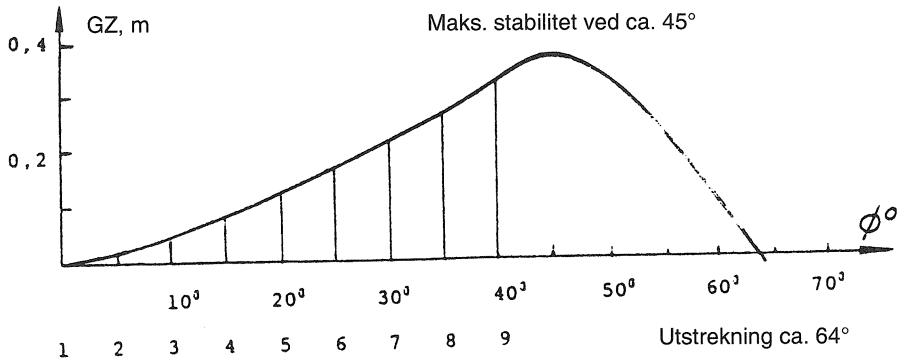
Ord.nr.	Ord. lgd.	SF	Produkt
1	0	1	0
2	0,02	4	0,08
3	0,045	2	0,09
4	0,09	4	0,36
5	0,13	2	0,26
6	0,17	4	0,68
7	0,22	1	0,22
		$Prod_1$	1,69

7	0,22	1	0,22
8	0,265	4	1,06
9	0,32	1	0,32
		$Prod_2$	1,60

$$Areal_{0-30^\circ} = \frac{Prod_1 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = \frac{1{,}69 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = 0{,}049 \text{ m rad}$$

$$Areal_{30-40^\circ} = \frac{Prod_2 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = \frac{1{,}60 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = 0{,}047 \text{ m rad}$$

$$Areal_{0-40^\circ} = 0{,}096 \text{ m rad}$$



Figur 4.15

$GM = KM - KG$

Vi leser av $KM = 8{,}67$ m fra plansjen med dypgående 8,89 m.

$GM = 8{,}67 - 8{,}16 = 0{,}51$ m

M/S Linda oppfyller alle krav til stabilitet med unntak av krav 4 ($e \geq 0{,}055$ m rad fra 0°–30°).

Bruk av MS-kurver

Skipet Mercadian Importer (MI) er et stykkgodsskip på 3050 dødvekttonn. Skipet er en shelterdekker som kan være lukket eller åpen. Lukket har den en bruttotonnasje på 1599,98 og åpen en bruttotonnasje på 699,98 (se plansjen for MI).

Eksempel 4.6
MI er lastet til sommer lastemerket, og *KG* er beregnet til 4,81 m.

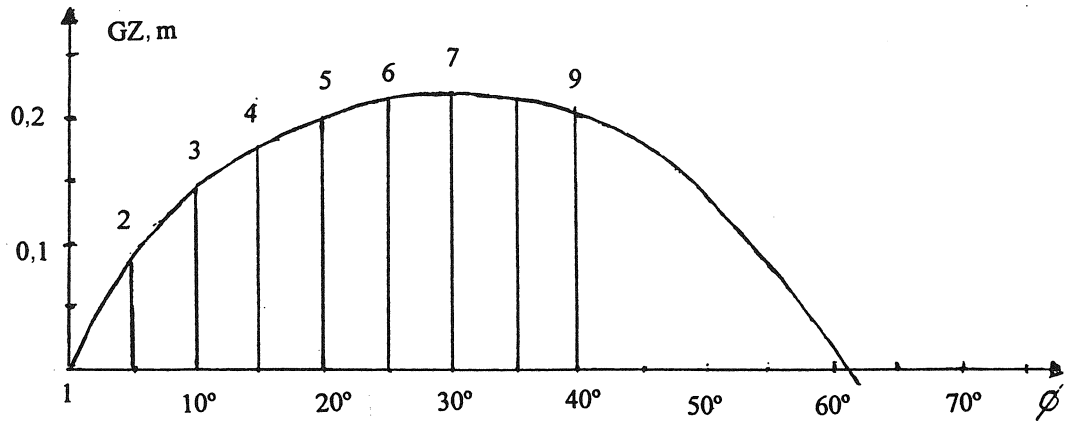
a) Beregn og tegn GZ–kurven for denne tilstanden.
b) Beregn dynamisk stabilitet.

Løsning:

a)
Fra figur 4.10 har vi $GZ = MS + GM \sin\varnothing$
Vi leser verdier for MS av tabellen.

$GM = KM - KG = 5{,}54 - 4{,}81 = 0{,}73$ m

$GZ\,(10°) = 0{,}01 + 0{,}73 \sin 10° = 0{,}13$ m
$GZ\,(20°) = -0{,}05 + 0{,}73 \sin 20° = 0{,}20$ m
$GZ\,(30°) = -0{,}15 + 0{,}73 \sin 30° = 0{,}22$ m
$GZ\,(45°) = -0{,}34 + 0{,}73 \sin 45° = 0{,}18$ m
$GZ\,(60°) = -0{,}63 + 0{,}73 \sin 60° = 0{,}002$ m
$GZ\,(75°) = -0{,}97 + 0{,}73 \sin 75° = -0{,}26$ m



Figur 4.16 GZ–kurve

b)

Ord. nr.	Ord.lgd	SF	Produkt
1	0	1	0
2	0,085	4	0,34
3	0,142	2	0,284
4	0,175	4	0,70
5	0,20	2	0,40
6	0,215	4	0,86
7	0,22	1	0,22
		$\Sigma Prod_1$	2,804

7	0,22	1	0,22
8	0,21	4	0,84
9	0,20	1	0,20
		$\Sigma Prod_2$	1,26

$$Areal_{0-30°} = \frac{\Sigma Prod_1 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = \frac{2{,}804 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = 0{,}082 \text{ m rad}$$

$$Areal_{30-40°} = \frac{\Sigma Prod_2 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = \frac{1{,}26 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = 0{,}037 \text{ m rad}$$

$$Areal_{0-40°} = 0{,}119 \text{ m rad}$$

Arbeidsoppgaver

1 Bruk figur 4.3 og les av *KY* for Δ = 19 000 tonn. Beregn og tegn GZ-kurven når *KG* = 7,80 m.

2 Bruk figur 4.7, og beregn og tegn GZ-kurven når Δ = 19 000 tonn og *KG* = 7,80 m. Sammenlign med oppgave 1.

3 M/S Linda har Δ = 6000 tonn og *KG* = 7,25 m. Skipet tar om bord følgende laster:
Rom 1: 1000 tonn, *vcg* = 7,35 m
Rom 2: 800 tonn, *vcg* = 8,00 m
Rom 3: 1200 tonn, *vcg* = 7,20 m
Beregn ny *KG*. Beregn og tegn GZ-kurven.

4 For et skip har en beregnet GZ-kurven, og funnet:
$GZ_{7,5°}$ = 0,05 m
$GZ_{15°}$ = 0,15 m
$GZ_{30°}$ = 0,40 m
$GZ_{45°}$ = 0,60 m
$GZ_{60°}$ = 0,30 m
$GZ_{75°}$ = – 0,15 m
Beregn dynamisk stabilitet.

5 M/S Linda har middeldypgående 6,15 m og *KG* = 8,10 m. Skipet tar om bord følgende laster:
Rom 1: 400 tonn, *vcg* = 7,60 m
Rom 2: 900 tonn, *vcg* = 7,15 m
Rom 3: 1200 tonn, *vcg* = 7,00 m
Rom 4: 1900 tonn, *vcg* = 7,40 m
Skipet losser fra:
Rom 4: 500 tonn, *vcg* = 7,10 m
Rom 5: 300 tonn, *vcg* = 6,80 m
a) Beregn KG og middeldypgående etter lasting/ lossing.
b) Beregn og tegn GZ-kurven.
c) Beregn dynamisk stabilitet.

6 M/S Linda er i tom tilstand (L/S = 4895 tonn). Det tar om bord 300 tonn tungolje i dobbel bunntank nr. 5, 120 tonn dieselolje i dobbel bunntank nr. 7, 100 tonn vann i ferskvannstanken og 100 tonn stores (vcg = 10 m). Skipet laster:
Rom 1: 2500 tonn
Rom 2: 2000 tonn
Rom 3: 3000 tonn
Rom 4: 3200 tonn
Rom 5: 2000 tonn
Rom 6: 3000 tonn
Vi antar at tyngdepunktene for lasten er som for fulle rom. For tankene bruker vi oppgitte vcg-verdier fra plansjen.

a) Beregn KG etter lasting.
b) Les av KY-verdier etter lasting og beregn GZ-kurven for denne lastetilstanden.
c) Tegn GZ-kurven og bestem maksimal stabilitet og stabilitetens utstrekning.
d) Beregn dynamisk stabilitet og kontroller mot regelkrav.

7 M/S Linda skal laste løs last som stuer 1,5 m^3/tonn. Vi sier at stuingsfaktoren, *SF*, er 1,5. For å beregne vekten bruker vi formelen:

$$\text{Vekt} = \frac{\text{Volum}}{SF}$$

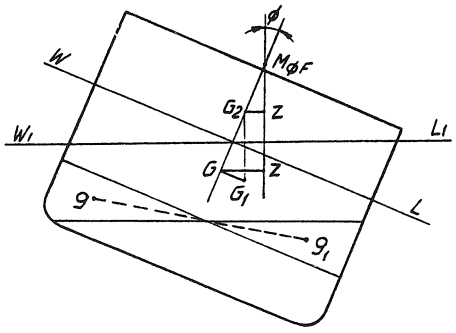
For løs last bruker vi «grain kapasitet». Middeldypgående før lasting var 2,60 m, og *KG* var 7,75 m.
a) Hvor mange tonn kan skipet laste i hvert rom?
b) Les av KY-verdier etter lasting, og beregn og tegn GZ-kurven.
c) Beregn dynamisk stabilitet.

8 M/S Mercadian Importer har et deplasement på 3000 tonn. KG er beregnet til 3,90 m. Skipet laster 300 tonn på mellomdekk 1 og 350 tonn på mellomdekk 2. Bruk oppgitte verdier for *vcg* for mellomdekkene. Beregn *GZ* og tegn kurven.

5 Effekt av fri væskeoverflate

Når en tank er helt full med væske, vil væsken ikke kunne bli satt i bevegelse. I slike tilfeller kan vi betrakte væsken som et fast stoff med tyngdepunkt i tankens volumetriske midtpunkt.

I en tank som ikke er full, vil væsken flyte fritt, og væskens tyngdepunkt vil flytte seg ut til lav side. Det resulterer i at skipet blir påført et krengemoment, se figur 5.1.



Figur 5.1

Figur 5.1 viser et skip med en slakk tank som krenger en vinkel Ø. Tanken går over hele skipets bredde. En kile med væske vil renne over til lav side slik at tyngdepunktet for kilen vil flytte seg fra g til g_1. Skipets tyngdepunkt, G, vil flytte seg til G_1:

$$GG_1 = \frac{m \cdot gg_1}{\Delta}$$

m = massen av væske som flyttes (tonn).

Vi har:

$$\rho = \frac{\Delta}{\nabla} \quad \text{og} \quad \rho_1 = \frac{m}{v}$$

ρ = vannets tetthet (normalt 1,025 t/m^3)

ρ_1 = væskens tetthet

$$GG_1 = \frac{\rho_1 \cdot v \cdot gg_1}{\rho \cdot \nabla} = \frac{v \cdot gg_1}{\nabla} \cdot \frac{\rho_1}{\rho}$$

For en kile med volum v og forflytning av tyngdepunkt gg_1, har vi tidligere vist:

$v \cdot gg_1 = I \cdot \varnothing$

For væskekilen kan vi sette

$i \cdot \varnothing = v \cdot gg_1$

og

$$GG_1 = \frac{i \cdot \varnothing}{\nabla} \cdot \frac{\rho_1}{\rho}$$

der i = treghetsmomentet for væskeoverflaten.

Vi ser at når G flyttes til G_1, vil tyngden angripe i G_2 og GZ-armen reduseres til G_2Z. G_2 kalles det tilsynelatende eller virtuelle tyngdepunktet.

For små krengevinkler kan vi sette:

$$GG_1 = GG_2 \cdot \varnothing$$

$$GG_2 \cdot \varnothing = \frac{i \cdot \varnothing}{\nabla} \cdot \frac{\rho_1}{\rho}$$

$$GG_2 = \frac{i}{\nabla} \cdot \frac{\rho_1}{\rho}$$

Vi setter inn $\Delta = \rho \cdot \nabla$

$$GG_2 = \frac{i \cdot \rho_1}{\Delta}$$

Har vi flere tanker, summeres effekten fra hver tank:

$$GG_2 = \sum \frac{i \cdot \rho_1}{\Delta}$$

For en rektangulær tank med lengde l og bredde b er:

$$i = \frac{l \cdot b^3}{12}$$

og

$$GG_2 = \frac{l \cdot b^3 \cdot \rho_1}{12 \cdot \Delta}$$

Metasenterhøyden er blitt redusert med avstanden GG_2. Avstanden G_2M kaller vi den tilsynelatende eller virtuelle metasenterhøyden.

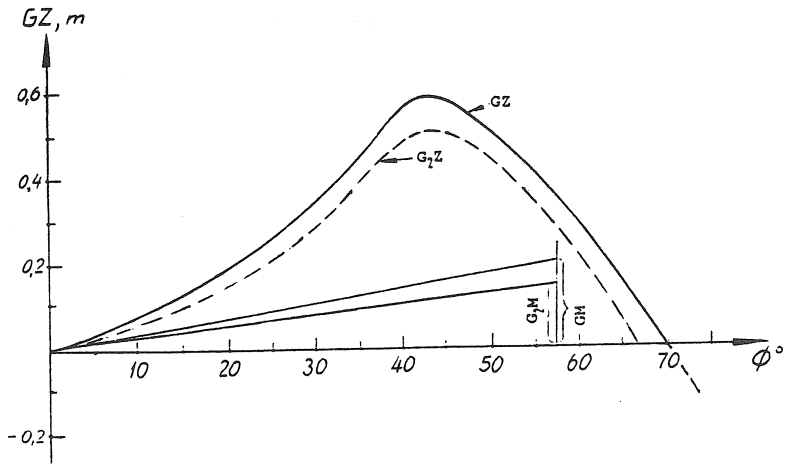
Rettelsen $GG_2 = \frac{i \cdot \rho_1}{\Delta}$ forutsetter små krengningsvinkler.

Ettersom vi ikke har noe bedre mål for å korrigere for redusert stabilitet, aksepteres rettelsen for alle krengevinkler.

Vi bruker rettelsen til å beregne en ny GZ-kurve, se figurene 5.1 og 5.2.

$$G_2Z = GZ - GG_2 \cdot \sin \varnothing$$

Her er GG_2 den totale effekten av alle slakke tanker.



Figur 5.2

For å redusere effekten av den fri væskeoverflaten deler vi tankene med vanntette langskipsskott. Dersom vi har n tanker i bredden, får vi:

$$b = \frac{b}{n}$$

Treghetsmomentet for hver tank er:

$$i_n = \frac{l \cdot (b/n)^3}{12} = \frac{l \cdot b^3}{12 \cdot n^3}$$

For n tanker i bredden blir det totale treghetsmomentet:

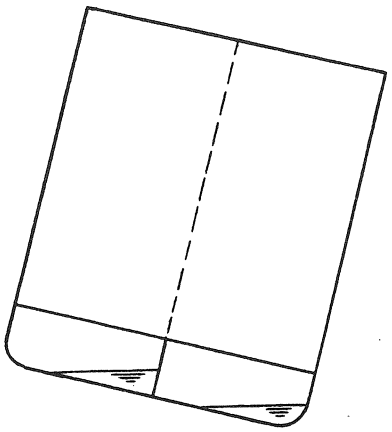
$$i = i_n \cdot n$$

$$GG_2 = \frac{l \cdot b^3 \cdot n}{12 \cdot \nabla \cdot n^3} \cdot \frac{\rho_1}{\rho}$$

$$GG_2 = \frac{l \cdot b^3}{12 \cdot \nabla \cdot n^2} \cdot \frac{\rho_1}{\rho}$$

$$GG_2 = \frac{i}{\nabla} \cdot \frac{\rho_1}{\rho \cdot n^2}$$

Dersom det er to tanker i bredden, vil effekten bli redusert til 1/4, og med tre tanker i bredden blir effekten redusert til 1/9.

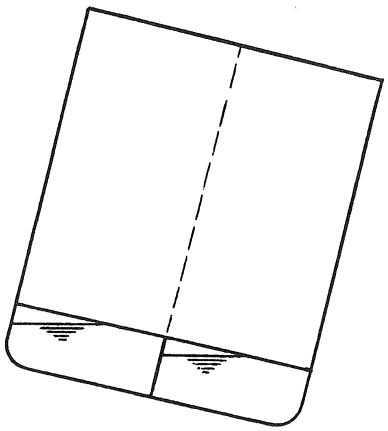


Figur 5.3 a

Effekten av fri væskeoverflate avhenger ikke av mengden av væske i tanken, jamfør en flatbunnet pram med og uten vann i bunnen.

Når bunnen i tanken er dekket med væske, vil effekten være tilstede, men en liten væskemengde vil ved den minste krengning renne over i lav side, og effekten vil avta ettersom bredden avtar. Krengemomentet av en liten væskemengde vil ha liten effekt selv ved store krengevinkler, se figur 5.3 a.

Nesten helt fulle tanker vil ved en liten krengning få mindre effekt på stabiliteten enn rettelsen GG_2 skulle tilsi, se figur 5.3 b.



Figur 5.3 b

Undersøkelser av effekten av fri væskeoverflate viser at væskemengden har betydning for det krengemomentet som oppstår og krengemomentet kanskje kan være et bedre mål for denne effekten. Krengemomentet

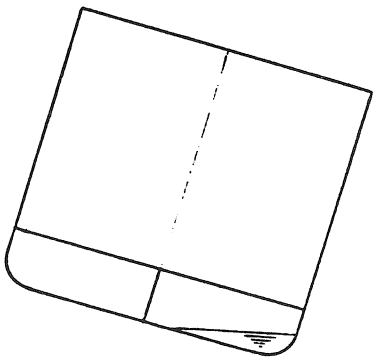
er størst ved ca. 50 % full tank, men krengevinkelen der momentet er størst varierer med bredden og dybden av tanken.

Det er vanlig i dag at bunntankene er delt i styrbord og babord tanker. Effekten av frie væskeoverflate blir derved redusert til ca. 1/4.

Tankskip deler tankområdet i sentertanker og styrbord og babord vingtanker. Innvendig i tankene blir det brukt dype platespant som skal hindre at væsken under slingring skader tanken, men ved nesten fulle tanker vil spantene også redusere effekten av fri væske.

Dersom det blir nødvendig å øke stabiliteten ved å fylle ballast, bør en ta visse forholdsregler.

Ligger skipet på rett kjøl, bør vi fylle begge sider av en delt tank samtidig. Ligger skipet med slagside bør vi fylle tanker på lav side først, se figur 5.4. Siden tyngdepunktet i tanker på lav side ligger lavere enn i tanker på høy side, vil vi på denne måten raskere få senket skipets tyngdepunkt og derved øke stabiliteten. Slagsiden vil øke noe, men det vil skje gradvis, og vi har bedre kontroll enn om vi skulle fylle tanker på høy side først. Det kunne resultere i at skipet plutselig kastet seg over til motsatt side med fare for kantring som en følge.



Figur 5.4

Når vi har fylt en tank på lav side, kan vi fylle en tank på høy side for å redusere slagsiden. Vi bør gå gradvis frem for å hindre at skipet *kaster seg.*

Fylling og lensing av bunntanker

Ved fylling av bunntanker, vil det være to faktorer som påvirker stabiliteten:

- G når ned ettersom vi tilfører en vekt lavt ned i skipet
- G går opp til G_2 på grunn av effekten av fri væskeoverflate

Den samlede effekten vil avgjøre hvor mye metasenterhøyden blir redusert.

Ved lensing av bunntanker, vil følgende inntreffe:

- G går opp ettersom vi fjerner en vekt lavt nede i skipet
- G går opp til G_2 på grunn av effekten av fri væskeoverflate

Den samlede effekten vil her alltid redusere metasenterhøyden.

For tanker som ligger høyere opp i skipet, for eksempel vingtanker, vil vi ved fylling vanligvis redusere metasenterhøyden. Ved lensing av slike tanker, vil vi vanligvis øke metasenterhøyden.

Initialmetasenterhøyden er et mål for stabiliteten ved små krengevinkler ($GZ = GM \cdot \sin\varnothing$). Ved større krengevinkler må vi bestemme GZ-kurven ved andre metoder. GZ-kurvens form og arealet under kurven opp til bestemte krengevinkler, bestemmer om skipet har tilstrekkelig stabilitet. Når det er fri væskeoverflate-effekt, må vi korrigere GZ-kurven som vist foran, med rettelsen

$$GG_2 = \frac{i \cdot \rho_1}{\Delta}$$

Mange slakke tanker kan medføre at initialmetasenterhøyden blir negativ. Skipet har vansker med å ligge rett, og det vil innta en likevektstilling med en liten krengevinkel, *angle of loll*. Stabiliteten kan imidlertid være tilstrekkelig ved videre krengning.

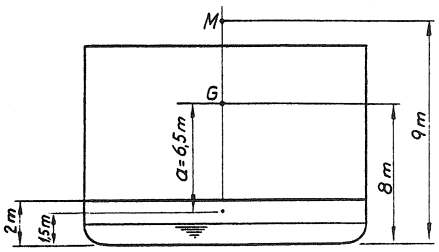
Eksempel 5.1
Et skip med $\Delta = 8000$ tonn, $KM = 9$ m og $KG = 8$ m, har en bunntank med følgende mål: $l = 12$ m, $b = 10$ m og $h = 2$ m.

Tanken er fylt helt opp med sjøvann. Beregn GM når tanken lenses til halv tank.

Løsning:
Når vi lenser tanken, vil tyngdepunktet, G, gå opp, ettersom vi fjerner en vekt som er lavere plassert enn G. Vi beregner det nye tyngdepunket ved halv tank med formelen:

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta - v}$$

der
v = vekt i tonn av væsken som blir lenset
a = avstand mellom tyngdepunktet til den lensede væskemengden og G, se figur 5.5.



Figur 5.5

$$v = \frac{l \cdot b \cdot h \cdot \rho}{2} = \frac{12 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 1{,}025}{2} = 123 \text{ tonn}$$

$$GG_1 = \frac{123 \cdot 6{,}5}{8000 - 123} = 0{,}10 \text{ m}$$

Ny $KG = 8{,}0$ m + 0,10 m = 8,10 m

En enklere fremgangsmåte er å bruke momentberegning:

Væskens tyngdepunkt over kjølen er 1,5 m.

sted	vekt	vcg	MT
Δ	8 000	8,0	64 000,0
Bunntank	– 123	1,5	– 184,5
Δ	7 877	ΣMT	63 815,5

$$\text{Ny } KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \frac{63\,815{,}5}{7\,877} = 8{,}10 \text{ m}$$

Redusert metasenterhøyde:

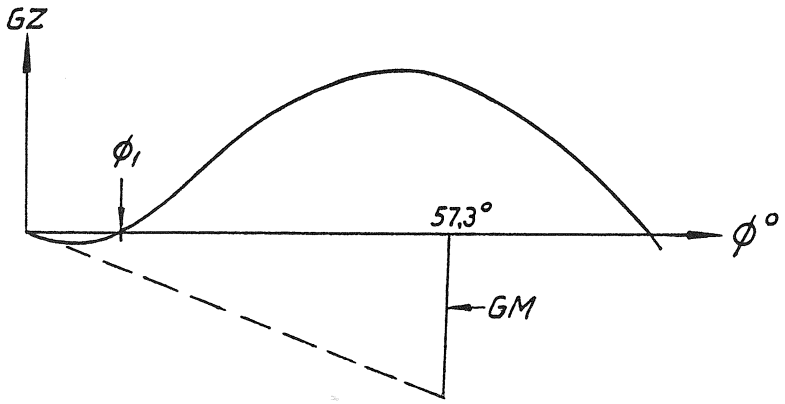
$$GG_2 = \frac{l \cdot b^3 \cdot \rho}{12 \cdot \Delta} = \frac{12 \cdot 10^3 \cdot 1{,}025}{12 \cdot 7877} = 0{,}13 \text{ m}$$

$$KG_2 = 8{,}10 + 0{,}13 = 8{,}23 \text{ m}$$

$$G_2M = KM - KG_2 = 9{,}0 - 8{,}23 = 0{,}77 \text{ m}$$

Angle of Loll

Når initialmetasenterhøyden er negativ, vil skipet være ustabilt og krenge over en liten vinkel, $\varnothing_1$, slik at det inntar en ny likevektstilling. Ved videre krengning forutsetter vi at GZ-kurven er positiv. Skipet vil få en svingende bevegelse om $\varnothing_1$, se figur 5.6. Vinkelen, $\varnothing_1$, kalles *angle of loll.*



Figur 5.6

Siden GZ-kurven er symmetrisk om origo, vil svingebevegelsen føre til at skipet plutselig kan svinge over til motsatt side med en like stor vinkel, $\varnothing_1$. På grunn av tregheten i skipet og liten demping vil vinkelen $\varnothing_1$ bli overskredet når skipet svinger fra side til side. En slik svingebevegelse er en indikasjon på at skipet har en negativ *GM*, og at krengingen ikke skyldes et påført krengemoment.

For et skip med vertikale sider har vi:

$$GZ = GM \cdot \sin\varnothing + \frac{1}{2} \cdot BM \cdot \tan^2\varnothing \cdot \sin\varnothing$$

$$= \left(GM + \frac{1}{2} \cdot BM \cdot \tan^2\varnothing\right) \cdot \sin\varnothing$$

Ved $\varnothing = 0$ er $\sin\varnothing = 0$ og $GZ = 0$.

Vi har en stabil tilstand ved $\varnothing = 0$.

Ved å sette

$$GM + \frac{1}{2} \cdot BM \cdot \tan^2\varnothing = 0$$

finner vi:

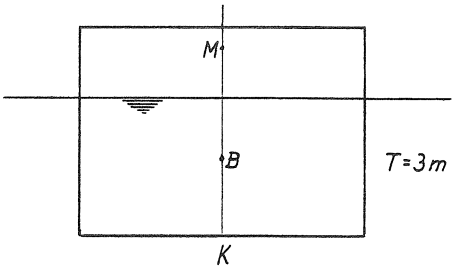
$$\tan^2\varnothing = \frac{-2GM}{BM} \qquad \text{og} \qquad \tan\varnothing = \pm\sqrt{\frac{-2GM}{BM}}$$

Siden *GM* er negativ, kan vi sette:

$$\tan\varnothing_1 = \sqrt{\frac{2GM}{BM}}$$

Eksempel 5.2
Et kasseformet skip med l = 60 m, b = 8 m og T = 3 m, har KG = 3,40 m. Vi vil undersøke om skipet ligger rett. Dersom det ikke ligger rett, skal vi bestemme *angle of loll.*

Løsning:
Vi må bestemme GM. Vi antar at $KM = 0{,}5\ T$, se figur 5.7.



Figur 5.7

$$KB = 0{,}5 \cdot T = 0{,}5 \cdot 3 = 1{,}5 \text{ m}$$

$$BM = \frac{l \cdot b^3}{12 \cdot \nabla} = \frac{l \cdot b^3}{12 \cdot l \cdot b \cdot T} = \frac{b^2}{12 \cdot T} = \frac{8^2}{12 \cdot 3} = 1{,}78 \text{ m}$$

$$KM = 3{,}28 \text{ m}$$

$$KG = 3{,}40 \text{ m}$$

$$GM = -0{,}12 \text{ m}$$

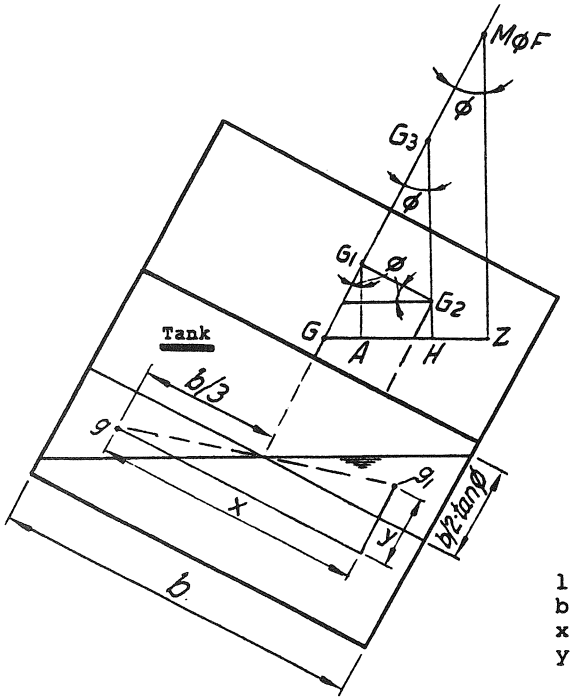
Skipet har negativ GM og er ustabilt.

$$\tan\varnothing_1 = \sqrt{\frac{2GM}{BM}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}12}{1{,}78}} = 0{,}367$$

$$\varnothing_1 = 20{,}2°$$

Fri væskeoverflate – en utdypning

Betrakt figur 5.8. Vi har en rektangulær tank med rette sider som inneholder en væske med tetthet ρ. Under krengning forutsetter vi at væskeoverflaten er symmetrisk om skipets langskipsakse og krengevinkelen er slik at væsken ikke berører tanktoppen.



l = lengde av tank
b = bredde av tank
x = 2/3 b
y = b/3 tan ø

Figur 5.8

Væskemengden som flyttes, er: $v = \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \frac{b}{2}(\tan\varnothing) \cdot l \cdot \rho$

$$v = \frac{l \cdot b^2 \cdot \rho}{8} \cdot (\tan\varnothing)$$

Horisontalt moment = $v \cdot x$ og vertikalt moment = $v \cdot y$

$x = \frac{2}{3}b$

$y = \frac{2}{3} \cdot \frac{b}{2} \cdot \tan\varnothing = \frac{b}{3} \cdot \tan\varnothing$

Horisontalt moment $= \frac{l \cdot b^2 \cdot \rho}{8} \cdot \tan\varnothing \cdot \frac{2b}{3} = \frac{l \cdot b^3 \cdot \rho}{12} \cdot \tan\varnothing$

Vertikalt moment $= \frac{l \cdot b^2 \cdot \rho}{8} \cdot \tan\varnothing \cdot \frac{b}{3} \cdot \tan\varnothing = \frac{l \cdot b^3}{12} \cdot \rho \cdot \frac{1}{2} \cdot \tan^2\varnothing$

Vi har at $I = \frac{l \cdot b^3}{12}$ og vi kan sette:

Horisontalt moment $= I \cdot \rho \cdot \tan\varnothing$

Vertikalt moment $= \frac{1}{2} \cdot I \cdot \rho \cdot \tan^2\varnothing$

Forskyvning av tyngdepunktet, G, i vertikal retning er:

$$GG_1 = \frac{\text{Vertikalt moment}}{\Delta}$$

$$GG_1 = \frac{I \cdot \rho}{2 \cdot \Delta} \cdot \tan^2\varnothing$$

Forskyvning av tyngdepunktet, G, i horisontal retning er:

$$G_1G_2 = \frac{\text{Horisontalt moment}}{\Delta}$$

$$G_1G_2 = \frac{I \cdot \rho}{\Delta} \cdot \tan\varnothing$$

Redusjonen i $GZ = GA + AH$, der

$$GA = GG_1 \cdot \sin\varnothing = \frac{I \cdot \rho}{2 \cdot \Delta} \cdot \tan^2\varnothing \cdot \sin\varnothing$$

$$AH = G_1G_2 \cdot \cos\varnothing = \frac{I \cdot \rho}{\Delta} \cdot \tan\varnothing \cdot \cos\varnothing$$

$$\text{Reduksjon i } GZ = \frac{I \cdot \rho}{2 \cdot \Delta} \cdot \tan^2\varnothing \cdot \sin\varnothing + \frac{I \cdot \rho}{\Delta} \cdot \tan\varnothing \cdot \cos\varnothing$$

$$\text{Reduksjon i } GZ = \frac{I \cdot \rho}{2 \cdot \Delta} \cdot \tan^2\varnothing \cdot \sin\varnothing + \frac{I \cdot \rho}{\Delta} \cdot \frac{\sin\varnothing}{\cos\varnothing} \cdot \cos\varnothing$$

$$\text{Reduksjon i } GZ = \frac{I \cdot \rho}{\Delta} \cdot \sin\varnothing\left(\frac{1}{2} \cdot \tan^2\varnothing + 1\right)$$

Dersom vi nå tenker oss at tyngden av skipet angriper i senterlinjen i punktet G_3, finner vi at reduksjonen i GZ svarer til at tyngdepunktet er blitt hevet fra G til G_3.

$$GG_3 = \frac{GA + AH}{\sin\varnothing}$$

$$GG_3 = \frac{I \cdot \rho \cdot \sin\varnothing}{\Delta \cdot \sin\varnothing} \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \tan^2\varnothing\right)$$

$$GG_3 = \frac{I \cdot \rho}{\Delta} \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \tan^2\varnothing\right)$$

GG_3 = reduksjon i metasenterhøyden. Vi ser at det første leddet

$$\frac{I \cdot \rho}{\Delta}$$

er den generelle rettelsen for effekt av fri væskeoverflate som vi tidligere har brukt.

Det andre leddet

$$\frac{I \cdot \rho}{2 \cdot \Delta} \cdot \tan^2\varnothing$$

er en tilleggsrettelse som har liten verdi for små vinkler, men for en krengevinkel på 45° utgjør dette leddet 50 % av rettelsen. For 30° krengning utgjør tilleggsrettelsen 16,7 %. For 10° krengning utgjør den 1,5 %.

Vi ser at det må store krengevinkler til før det andre leddet får noen betydning. I vanlige stabilitetsberegninger tar vi derfor bare hensyn til det første leddet.

Arbeidsoppgaver

1 Et skip har et deplasement på 18 000 tonn. En tank med lengde 12 m og bredde 4 m, er slakk. Det er sjøvann på tanken. Beregn reduksjonen i metasenterhøyden.

2 Et skip med et deplasement på 15 000 tonn har en tank med lengde 20 m og bredde 15 m.
   a) Hvor mye reduseres *GM* når tanken er slakk? Væsken på tanken har tetthet 0,92.
   b) Tanken blir delt med to vanntette langskipsskott. Hva blir reduksjonen i *GM*?

3 M/S Linda har et deplasement på 16 500 tonn. Bunntankene nr. 3, nr. 4 og nr. 5 er slakke. Hvor meget reduseres *GM*? Væsken på tankene har tetthet 0,9.

4 M/S Linda har middeldypgående 7,65 m. Bunntankene nr. 3, nr. 4 og nr. 6 er slakke. Hva blir reduksjonen i *GM* når det er sjøvann på bunntank nr. 3 og nr. 4, og tungolje på nr. 6 (ρ = 0,95).

5 M/S Linda har dypgående 8,05 m. *KG* = 8,05 m.
   a) Beregn *GM*. Beregn og tegn GZ-kurven.
   b) Beregn *GM* dersom bunntank nr. 3 og nr. 4 er slakke. Tegn ny GZ-kurve for denne situasjonen.
   c) Bruk formelen $GG_3 = \frac{i \cdot \rho}{\Delta} \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \tan^2 \varnothing\right)$. Beregn *GM* dersom skipet krenger 30°.

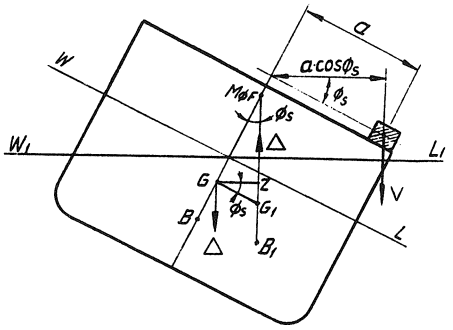
6 Et skip har et lettskips deplasement på 3000 tonn og KG = 5,5 m. Det tar om bord følgende laster:
5000 tonn, *vcg* = 5,00 m
2000 tonn, *vcg* = 10,00 m
Det bunkrer 561,6 tonn tungolje (ρ = 0,96) på bunntankene nr. 2, nr. 3 og nr. 5. Tankene er rektangulære og har følgende dimensjoner:
Bunntank nr. 2: l = *15* m, b = *15* m, h = *1* m
Bunntank nr. 3 og nr. 5: *l* = 12 m, *b* = 15 m og *h* = 1 m.
Skipet seiler 20 døgn. Forbruket per døgn er 25 tonn tungolje. Ved ankomst lossehavn er bunntankene nr. 2 og nr. 3 tomme. Gjenværende bunkers er i bunntank nr. 5. Anta at *KM* = 7,00 m (konstant) og beregn *GM* ved avgang lastehavn og ved ankomst lossehavn.

7 En tank er 16 m lang, 20 m bred og 2 m høy. Den blir fylt med sjøvann med tetthet 1,025 t/m^3. Skipets deplasement er 12 000 tonn og *KG* = 7,90 m før fylling. *KM* = 8,00 m (forutsettes konstant).
   a) Beregn metasenterhøyden etter fylling.
   b) Gå ut fra at tanken er delt med en vanntett midtbærer. Tanken lenses til halv tank. Beregn nå metasenterhøyden.

8 Et skip har en tank som er 8 m lang, 12,5 m bred og 1 m høy. Den er fylt med sjøvann med tetthet 1,025 t/m^3.
   a) Beregn treghetesmomentet for tanken.
   b) Beregn metasenterhøyden når skipet har et deplasement på 10 000 tonn (inkludert vekt av full tank) og vi lenser tanken til halv tank. *KG* før lensing var beregnet til 7,50 m og *KM* = 8,20 m.
   c) Beregn metasenterhøyden når tanken er delt med et vanntett langskipsskott.
   d) Dersom skipet etter å ha blitt lenset tom, tar om bord en dekkslast på 123 tonn og *vcg* = 10 m. Hvor stor blir da reduksjonen i metasenterhøyden?

6 Usymmetrisk plassering av vekter

Når last, bunkers osv. er plassert usymmetrisk om senterlinjen, vil det oppstå et krengemoment, se figur 6.1.



Figur 6.1

La oss anta at vi flytter en vekt v en avstand a fra senterlinjen. Skipet vil krenge en vinkel $\varnothing_S$ ($\varnothing_S$ = statisk krengevinkel), og tyngdepunktet G vil flytte seg til G_1.

Tyngdepunktsatsen gir:

$$GG_1 \cdot \Delta = v \cdot a$$

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta}$$

For små krengevinkler er $M \approx M_{ØF}$, og vi kan sette:

$$\tan\varnothing_S = \frac{GG_1}{GM}$$

For krengevinkler større enn ca. 10°, må vi ta hensyn til reststabiliteten, og vi bruker GZ-kurven til å finne $\varnothing_S$.

Krengemomentet $KRM = v \cdot a \cdot \cos\varnothing$

Det opprettede moment $MR = \Delta \cdot GZ$

Når $\varnothing = \varnothing_S$, må disse momentene være like store, og vi får:

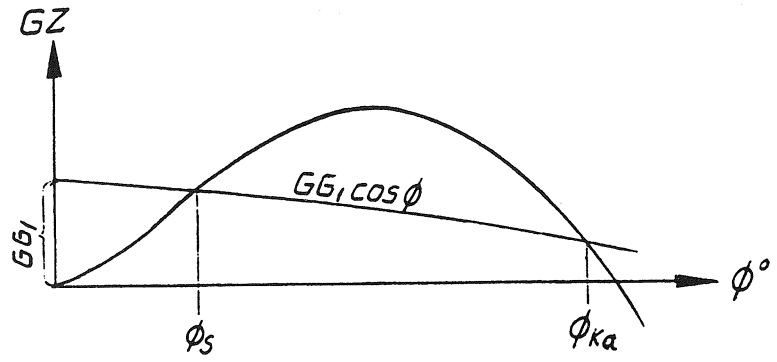
$$\Delta \cdot GZ = v \cdot a \cdot \cos\varnothing$$

$$GZ = \frac{v \cdot a \cdot \cos\varnothing}{\Delta} = GG_1 \cdot \cos\varnothing$$

Vi beregner GZ av formelen:

$$GZ = KY - KG \cdot \sin\varnothing$$

Vi finner krengevinkelen, $\varnothing_S$, ved å tegne GZ-kurven og plotte inn $GG_1 \cdot \cos\varnothing$, se figur 6.2.



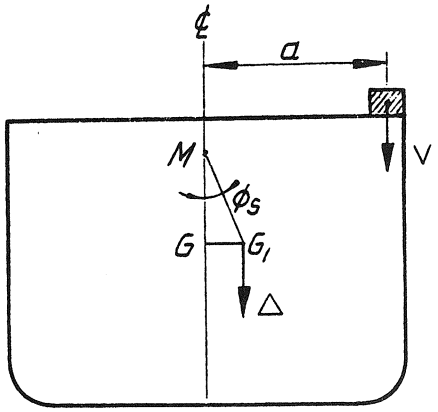
Figur 6.2

Av figuren ser vi at når $GG_1 \cdot \cos\varnothing > GZ$, vil skipet kantre ($\varnothing_{Ka}$ = kantringsvinkel). Fremgangsmåten ved beregning av krengevinkel, er først å beregne $\varnothing_S$:

$$\tan\varnothing = \frac{GG_1}{GM}$$

Dersom $\varnothing_S > 10°$, plotter vi inn $GG_1 \cdot \cos\varnothing$ i GZ-kurven. Der $GZ = GG_1 \cdot \cos\varnothing$, finner vi krengevinkelen, $\varnothing_S$.

Eksempel 6.1
Et skip med $\Delta = 8000$ tonn har $KM = 8$ m og $KG = 7$ m.
En vekt på 50 tonn blir flyttet fra senterlinjen og 10 m ut på styrbord side. Beregn krengevinkelen.



Figur 6.3

Løsning:
Vi tegner skipet i opprett stilling sett aktenfra, se figur 6.3.

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta} = \frac{50 \cdot 10}{8000} = 0{,}0625 \text{ m}$$

$$GM = KM - KG = 8 - 7 = 1 \text{ m}$$

$$\tan\varnothing_S = \frac{GG_1}{GM} = \frac{0{,}0625}{1{,}0} = 0{,}0625$$

$\varnothing_S = 3{,}6°$ til styrbord

Eksempel 6.2
Et skip med $\Delta = 8000$ tonn har $KM = 8{,}60$ m og $KG = 7{,}65$ m.
Det tar om bord følgende laster på styrbord og babord side:

Laster 250 tonn, $vcg = 6{,}1$ m, avstand ℄ = 7,6 m styrbord.
Bunkrer 300 tonn, $vcg = 0{,}6$ m, avstand ℄ = 6,1 m babord.
Losser 50 tonn ballast, $vcg = 1{,}2$ m, avstand ℄ = 4,6 m babord.

Beregn krengevinkelen.

Løsning:
Vi setter avstanden til styrbord som pluss (+) og avstanden til babord som minus (–).

Sted	Vekt	vcg	MT	avstand ℄	KRM
Δ	8 000	7,65	61 200		
Last	250	6,10	1 525	7,6	1900
Bunkers	300	0,60	180	– 6,1	– 1830
Ballast	– 50	1,20	– 60	– 4,6	230
Δ	8 500		ΣMT 62 845		ΣKRM 300

$$KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \frac{62\,845}{8500} = 7{,}39 \text{ m}$$

$$GG_1 = \frac{\Sigma KRM}{\Delta} = \frac{300}{8500} = 0{,}035294 \text{ m}$$

$$GM = KM - KG = 8{,}60 \text{ m} - 7{,}39 \text{ m} = 1{,}21 \text{ m}$$

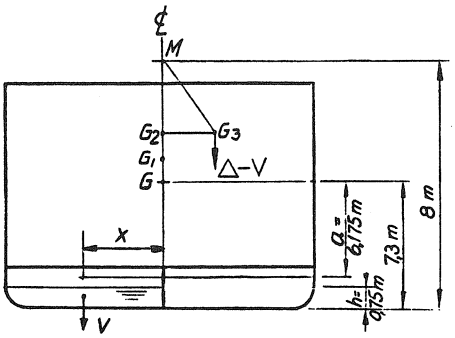
$$\tan \varnothing_S = \frac{GG_1}{GM} = \frac{0{,}035294}{1{,}21} = 0{,}029168$$

$$\varnothing_S = 1{,}67° \text{ til styrbord}$$

Eksempel 6.3
Et skip med Δ = 8000 tonn har *KM* = 8 m og *KG* = 7,3 m. En dobbeltbunntank som er 10 m lang, 15 m bred og 1,5 m dyp, er fylt med sjøvann. Tanken er delt med et vanntett langskipsskott i styrbord og babord tank.

Beregn den krengevinkelen skipet får dersom styrbord tank blir tømt til halv tank.

Løsning:
Vi tegner inn alle opplysninger med skipet i opprett stilling, se figur 6.4



Figur 6.4

Vekten av sjøvann i tanken ved halv tank:

$$v = l \cdot b \cdot h \cdot \rho = 10 \cdot 7{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}025 = 57{,}66 \text{ tonn}$$

Dersom vi fjerner en vekt lavere enn *G*, går *G* opp til G_1:

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta - v} = \frac{57{,}66 \cdot 6{,}175}{8000 - 57{,}66} = 0{,}045 \text{ m}$$

På grunn av fri væskeoverflate går G_1 opp til G_2:

$$G_1G_2 = \frac{I \cdot \rho}{\Delta} = \frac{l \cdot b^3 \cdot \rho}{12 \cdot \Delta} = \frac{10 \cdot 7{,}5^3 \cdot 1{,}025}{12(8000 - 57{,}66)} = 0{,}045 \text{ m}$$

Vertikal heving av *G*:

$$GG_2 = GG_1 + G_1G_2 = 0{,}045 + 0{,}045 = 0{,}09 \text{ m}$$

Horisontal forflytning av G:

$$G_1G_3 = \frac{v \cdot x}{\Delta - v} = \frac{57{,}66 \cdot 3{,}75}{8000 - 57{,}66} = 0{,}027 \text{ m}$$

$$G_2M = KM - (KG + GG_2) = 8 - (7{,}3 + 0{,}09) = 0{,}61 \text{ m}$$

$$\tan \varnothing_S = \frac{G_1G_3}{G_2M} = \frac{0{,}027}{0{,}61} = 0{,}0442622$$

$\varnothing_S = 2{,}5°$ til babord

Eksempel 6.4
M/S Linda har dypgående 7,70 m og $KG = 8{,}05$ m. Det tas om bord følgende laster:

300 tonn, $vcg = 7{,}55$ m, avstand ℄ = 9,0 m styrbord

200 tonn, $vcg = 8{,}25$ m, avstand ℄ = 6,5 m babord

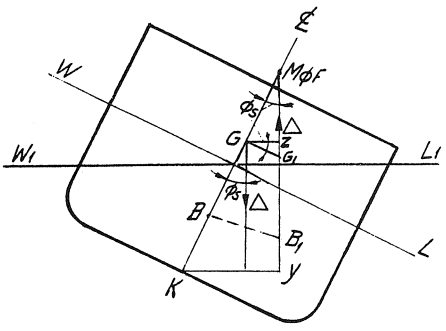
Det losses:
100 tonn, $vcg = 9{,}00$ m, avstand ℄ = 8 m babord

a) Beregn krengevinkelen ved å anta at den er mindre enn 10°.
b) Beregn krengevinkelen ved å tegne GZ-kurven og plotte inn $GG_1 \cdot \cos \varnothing$. Bestem også kantringsvinkelen.

Løsning:
Se plansjen for Linda. $T = 7{,}70$ m gir $\Delta = 18\,000$ tonn.

a)

Sted	Vekt	vcg	MT	avstand ℄	KRM
Δ	18 000	8,05	144 900		
Last$_1$	300	7,55	2 265	9,0	2700
last$_2$	200	8,25	1 650	– 6,5	– 1300
lossing	– 100	9,00	– 9 000	– 8,0	800
Δ	18 400		ΣMT 147 915		ΣKRM 2200



Figur 6.5

$$KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \frac{147\,915}{18\,400} = 8{,}04 \text{ m}$$

$$\underline{KM = 8{,}52 \text{ m}}$$

$$\underline{GM = 0{,}48 \text{ m}}$$

$$GG_1 = \frac{\Sigma KRM}{\Delta} = \frac{2200}{18\,400} = 0{,}12 \text{ m}$$

$$\tan \varnothing_S = \frac{GG_1}{GM} = \frac{0{,}12}{0{,}48} = 0{,}25$$

$\varnothing_S = 14°$

b)
Vi finner KY-verdiene, og beregner og tegner GZ-kurven, se figur 6.6.

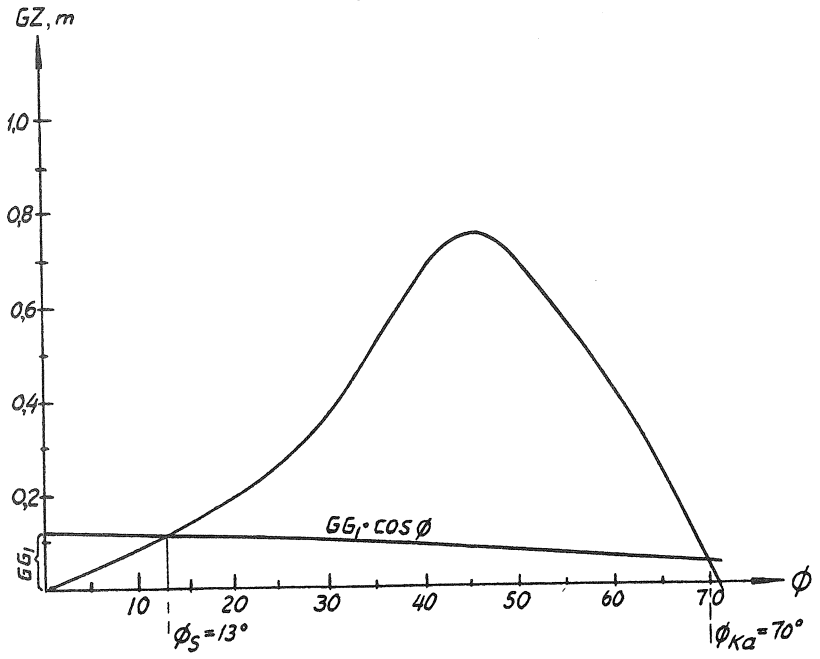
$GZ = KY - KG \cdot \sin \varnothing$

GZ(7,5°) = 1,12 – 8,04 · sin 7,5° = 0,07 m
GZ(15°) = 2,21 – 8,04 · sin 15° = 0,13 m
GZ(30°) = 4,40 – 8,04 · sin 30° = 0,38 m
GZ(45°) = 6,43 – 8,04 · sin 45° = 0,75 m
GZ(60°) = 7,38 – 8,04 · sin 60° = 0,42 m
GZ(75°) = 7,65 – 8,04 · sin 75° = – 0,12 m

Vi beregner noen verdier av $GG_1 \cdot \cos \varnothing$

$\varnothing = 0°$ GG_1 = 0,12 m
$\varnothing = 30°$ $GG_1 = 0,12 \cdot \cos 30°$ = 0,10 m
$\varnothing = 60°$ $GG_1 = 0,12 \cdot \cos 60°$ = 0,06 m

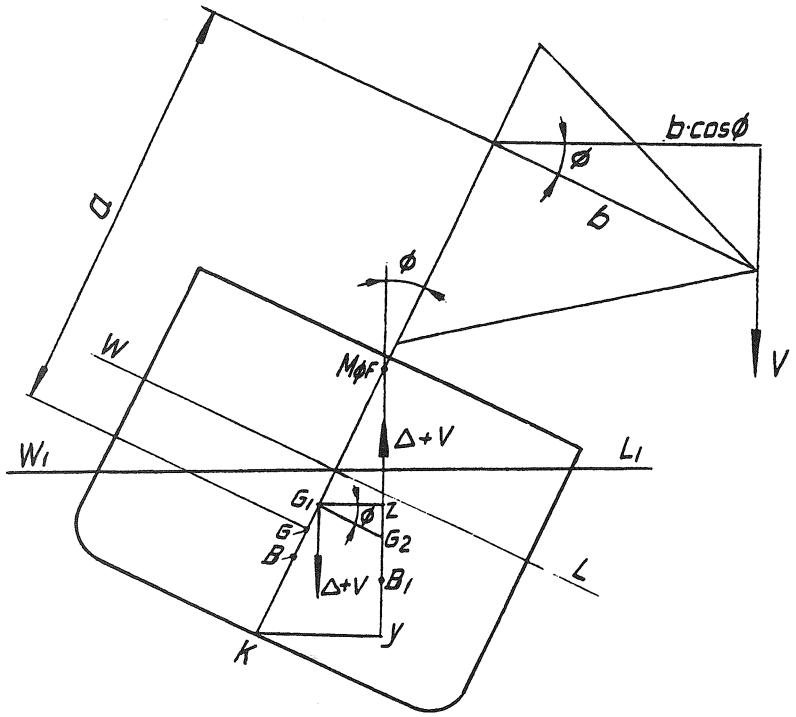
Av figur 6.6 finner vi $\varnothing_S = 13°$ og $\varnothing_{Ka} = 70°$.



Figur 6.6

Tungløft

Mange skip er utstyrt med spesialgir for å ta om bord tungløft på flere hundre tonn. I det vi foretar løftet, vil skipet krenge, se figur 6.7. Lasteoffiseren må være i stand til å beregne omtrentlig hvor stor krengevinkel skipet vil få. Beregningene vil stort sett være lik de som er vist for usymmetrisk plassert last. Faremomentene ved håndtering av tungløft er store, og det krever stor rutine og innsikt av skipets offiserer og mannskap. Vi skal her redegjøre for overslagsmetoder som kan brukes for å gi en teoretisk forståelse av forhold som lasteoffiseren må kjenne til.



Figur 6.7

Når løftet tas, vil tyngdepunktet G bli hevet til G_1 siden løftet har sitt angrepspunkt i opphengningspunktet.

Vertikal heving av G:

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta + v}$$

eller finner vi KG_1 ved hjelp av momentberegning.

Horisontal forskyvning av G:

$$G_1G_2 = \frac{v \cdot b}{\Delta + v}$$

Ved å anta at $M \approx M_{\varnothing F}$ kan vi for små krengevinkler, sette:

$$\tan \varnothing_S = \frac{G_1G_2}{G_1M}$$

For krengevinkler større enn ca. 10°, må vi ta utgangspunkt i GZ-kurven.

Krengemomentet:

$$KRM = v \cdot b \cdot \cos \varnothing$$

Opprettende moment:

$MR = (\Delta + v) \cdot GZ$

$MR = KRM$

$(\Delta + v) \cdot GZ = v \cdot b \cdot \cos \varnothing$

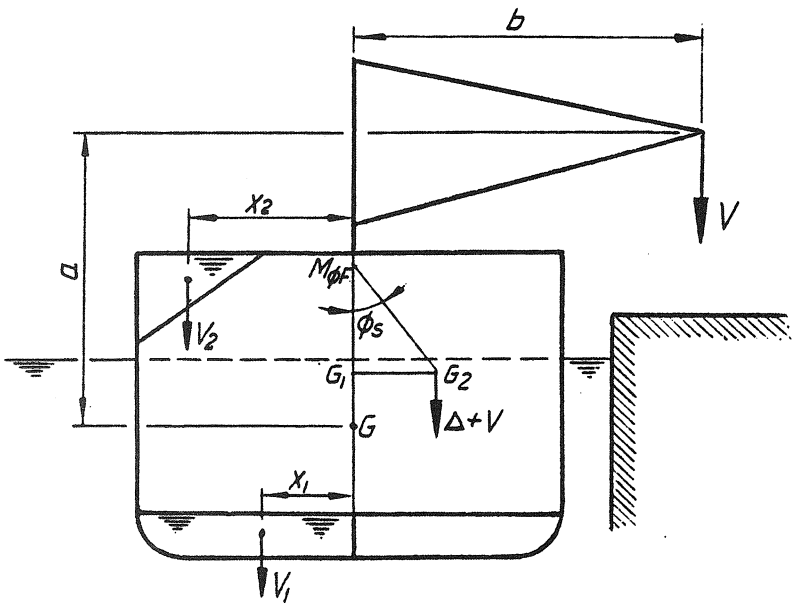
$$GZ = \frac{v \cdot b \cdot \cos\varnothing}{\Delta + v} = G_1G_2 \cdot \cos\varnothing$$

På samme måten som vist tidligere, beregner vi GZ-kurven ut fra KY-, GZ- eller MS- kurver.

Krengevinkelen, $\varnothing_S$, og $\varnothing_{ka}$ finner vi ved å plotte inn $G_1G_2 \cdot \cos \varnothing$.

Bruk av kontravekt

For å motvirke store krengninger er det vanlig å fylle opp tanker på motsatt side av løftet, se figur 6.8.



Figur 6.8

En anbefalt fremgangsmåte er å fylle en eller flere bunntanker med sjøvann slik at vi løfter tungløftet klar av underlaget før vi hever det med giret. Skipet vil da ligge rett i det vi tar løftet. Etter hvert som vi hiver løftet inn over rekken, lenser vi ut sjøvann fra tankene, slik at vi holder skipet rett. Metoden er tidkrevende, men den gir stor sikkerhet mot uhell.

Ved beregning av krengevinkel må vi ta hensyn til effekten av fri væskeoverflate dersom noen av tankene er slakke.

Beregningsmetode med kontravekt:

Vi korrigerer G for effekten av fri væskeoverflate.

Vertikal forskyvning av G:

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta + v}$$

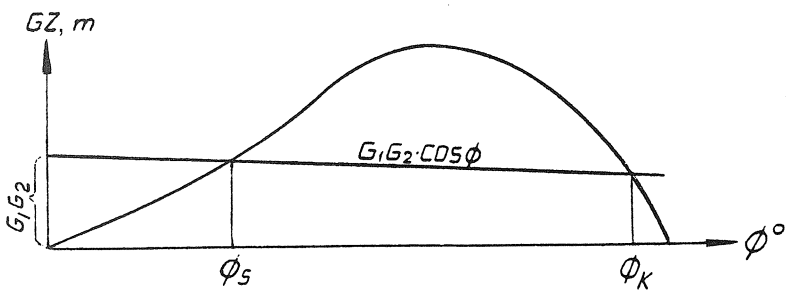
eller vi finner KG_1 ved hjelp av momentberegning.

Horisontal forskyvning av G:

$$G_1G_2 = \frac{\Sigma KRM}{\Delta + \Sigma v} = \frac{v \cdot b - (v_1 \cdot x_1 + v_2 \cdot x_2 + ... + v_n \cdot x_n)}{\Delta + \Sigma v}$$

$$\tan \varnothing_S = \frac{G_1G_2}{G_1M}$$

For $\varnothing_S > 10°$ må vi beregne og tegne GZ-kurven. Vi plotter inn $G_1G_2 \cdot \cos \varnothing$ på kurven og finner $\varnothing_S$, se figur 6.9.



Figur 6.9

Hva skjer hvis løftet ryker?

Dersom løftet ryker når skipet har en bestemt krengevinkel, $\varnothing_L$, vil skipet svinge over til motsatt side. Det vil få en rullebevegelse og en hivbevegelse. Nøyaktig beregning av slike bevegelser krever inngående kjennskap til hydrodynamikk og vil ikke bli tatt opp her.

Vi skal her skissere en metode som forutsetter at det ikke foregår demping av rulleutslagene, og at det ikke er hivbevegelser.

Når skipet ligger med en bestemt krengevinkel, er det utført et arbeid på skipet. I forbindelse med dynamisk stabilitet har vi sett at det arbeidet som skal til for å krenge et skip fra en vinkel $\varnothing$ til en vinkel $\varnothing_1$, kan representeres med arealet under GZ-kurven. Skipet må ha evne til å motstå krengearbeidet løftet påfører ellers vil det kantre.

Vi skal skissere en overslagsmetode for å finne største rulleutslag dersom løftet ryker.

1 Vi beregner og tegner GZ-kurven symmetrisk om origo med kontravektene inne, men uten tungløft, se figur 6.10. Kurven må være korrigert for fri overflateeffekt.
2 Kontravektens krengearm, G_1G_K, blir bestemt av:

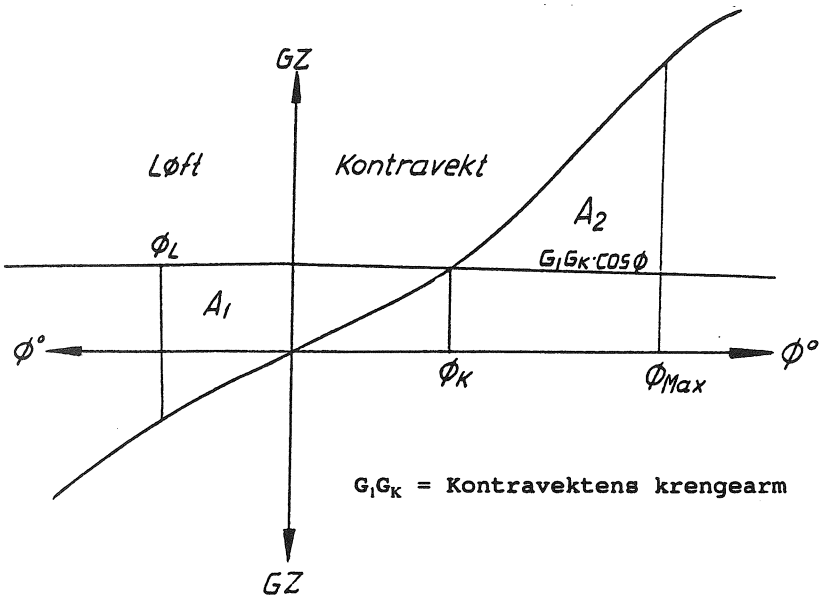
$$G_1G_K = \frac{\Sigma\text{Moment kontravekt}}{\Delta}$$

Vi antar at G_1G_K varierer med $\cos\varnothing$. Vi plotter inn $G_1G_K \cdot \cos\varnothing$ og finner skjæringspunktene med GZ-kurven. Vinkelen $\varnothing_K$ representerer kontravektens krengevinkel uten tungløft. Vi kan finne $\varnothing_K$ tilnærmet ved å sette:

$$\tan\varnothing_K = \frac{\Sigma\text{Moment kontravekt}}{\Delta \cdot GM}$$

3 Vi lar venstre side av GZ-kurven representere løftet, og plotter inn krengevinkelen, $\varnothing_L$, idet løftet ryker, på venstre akse.
4 Arealet A_1 representerer krengearbeidet som er påført skipet. Arealet A_2 representerer den energi skipet må ha for å motvirke krengearbeidet. Vinkelen, $\varnothing_{maks}$, der $A_2 = A_1$ representerer det maksimale rulleutslag skipet vil få dersom løftet ryker.

Det er tilstrekkelig å bestemme denne vinkelen ved å sammenligne arealene A_1 og A_2 ved inspeksjon. Om nødvendig kan vi beregne arealene ved Simpsons formel, se figur 6.10.



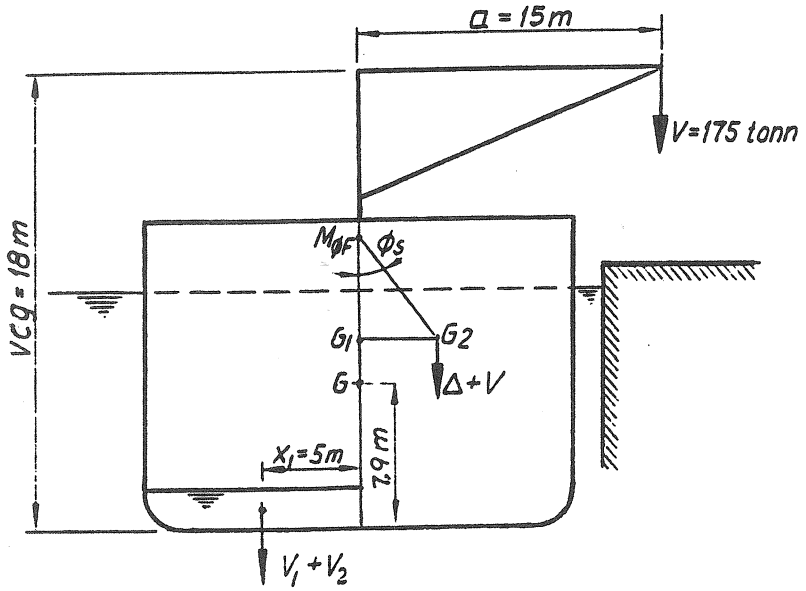
Figur 6.10

Eksempel 6.5
Vi skal vise et eksempel på beregningsmetodikken ved tungløft. M/S Linda er i virkeligheten ikke utstyrt med bom eller kran for tungløft, men vi antar her at skipet har slikt utstyr.

M/S Linda har middeldypgående 8,0 m og KG = 7,90 m. Det skal ta om bord et tungløft på 175 tonn med eget gir. Bommen ligger 15 m innover kaien regnet fra senterlinjen, og bomnokken er 18 m over kjølen idet løftet tas. Skipet ligger med styrbord side til kai.

a) Hvilken krengevinkel vil skipet få i det løftet tas?
b) Vi skal bruke babord bunntank nr. 3 og nr. 4 som kontravekter, og vi fyller tankene slik at løftet er klar av kaien. Hvor mange tonn sjøvann må vi fylle når tyngdepunktet for tankene ligger 5 m ut fra senterlinjen? Vi regner *vcg* som for fulle tanker, men en skal ta hensyn til virkningen av slakke tanker. Tank nr. 3 fylles først.
c) Bestem maksimalt rulleutslag dersom løftet ryker når det løftes klar av kaien.

Løsning:
Vi tegner inn opplysningene på figur 6.11.



Figur 6.11

Fra plansjen for M/S Linda har vi: $T = 8{,}0$ m gir $\Delta = 18\,800$ tonn

Vi beregner ny *KG* og horisontal forskyvning av *G*:

Sted	Vekt	vcg	MT	avstand C	KRM
Δ	18 800	7,90	148 520		
v	175	18,00	3 150	15	2 625
Δ	18 975		ΣMT 151 670		ΣKRM 2 625

$$\text{Ny } KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \frac{151\,670}{18\,975} = 7{,}99 \text{ m}$$

Fra plansje $KM = 8{,}55$ m

$G_1M = 0{,}56$ m

$$G_1G_2 = \frac{\Sigma KRM}{\Delta} = \frac{2625}{18\,975} = 0{,}13834 \text{ m}$$

$$\tan \varnothing_S = \frac{G_1G_2}{GM} = \frac{0{,}13834}{0{,}56} = 0{,}2470357$$

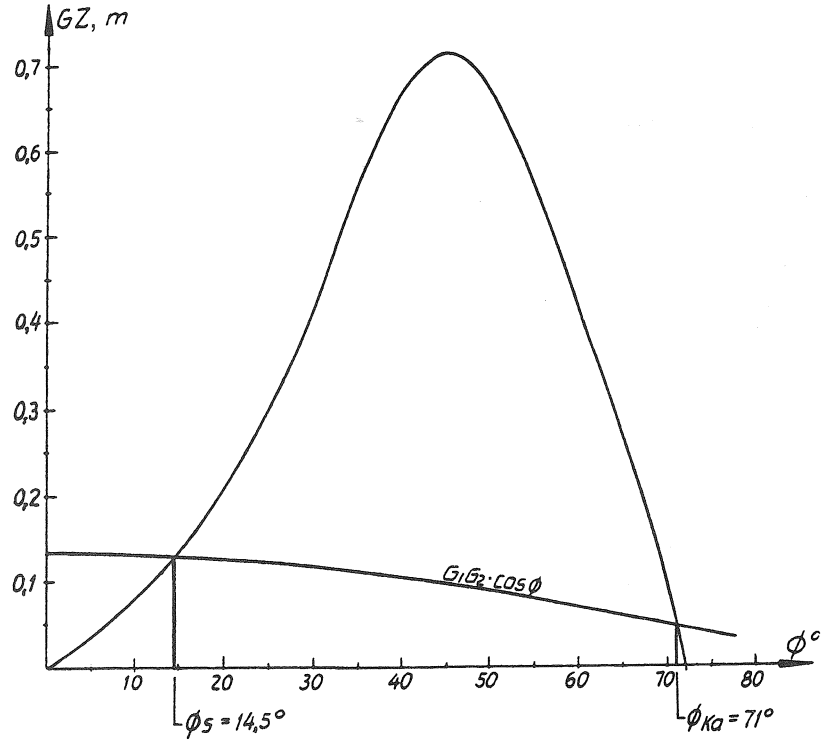
$$\varnothing_S = 13{,}9°$$

Ettersom $\varnothing_S > 10°$, beregner vi GZ-kurven og plotter inn $G_1G_2 \cdot \cos \varnothing$. Det er tilstrekkelig å beregne *GZ* opp til 30°. Her vil vi beregne en fullstendig GZ-kurve og lese av kantringsvinkelen, $\varnothing_{ka}$.

$GZ = KY - KG \cdot \sin \varnothing$

$GZ(7{,}5°) = 1{,}10 - 7{,}99 \cdot \sin 7{,}5° = 0{,}06$ m
$GZ(15°) = 2{,}23 - 7{,}99 \cdot \sin 15° = 0{,}16$ m
$GZ(30°) = 4{,}40 - 7{,}99 \cdot \sin 30° = 0{,}41$ m
$GZ(45°) = 6{,}36 - 7{,}99 \cdot \sin 45° = 0{,}71$ m
$GZ(60°) = 7{,}31 - 7{,}99 \cdot \sin 60° = 0{,}39$ m
$GZ(75°) = 7{,}62 - 7{,}99 \cdot \sin 75° = -0{,}10$ m

Kurven er fremstilt på figur 6.12.



Figur 6.12

Vi plotter inn linjen $G_1G_2 \cdot \cos \varnothing$ ved å velge fire verdier for $\varnothing$.

$\varnothing = 0°$ $G_1G_2 \cdot \cos \varnothing = 0{,}13834 \cdot \cos 0° = 0{,}13834$ m
$\varnothing = 20°$ $G_1G_2 \cdot \cos \varnothing = 0{,}13834 \cdot \cos 20° = 0{,}1299$ m
$\varnothing = 45°$ $G_1G_2 \cdot \cos \varnothing = 0{,}13834 \cdot \cos 45° = 0{,}0979$ m
$\varnothing = 60°$ $G_1G_2 \cdot \cos \varnothing = 0{,}13834 \cdot \cos 60° = 0{,}0692$ m

Vi leser av $\varnothing_S = 14{,}5°$ og $\varnothing_{ka} = 71°$.

Vi ser at $\tan \varnothing_S$ gir stor nøyaktighet selv med vinkler opp mot 15°.

Beregning av kontravekter

Kontravektenes krengemoment må her være like stort som løftets krengemoment.

v_1 = vekt i bunntank nr. 3
v_2 = vekt i bunntank nr. 4

Avstand fra senterlinjen til tyngdepunktene i tankene er $x = 5$ m.

$$(v_1 + v_2) \cdot x = \Sigma KRM$$

$$(v_1 + v_2) = \frac{\Sigma KRM}{x} = \frac{2625}{5} = 525 \text{ tonn}$$

Vi fyller bunntank nr. 3 med 336 tonn
I bunntank nr. 4 får vi 525 – 336 = 189 tonn
Bunntank nr. 4 blir slakk ($I = 2936$ m^4).

Vi beregner ny KG med kontravekten inne, men uten tungløft.

Sted	Vekt	vcg	MT
Δ	18 800	7,90	148 520
B.t.3	336	1,13	379,69
B.T.4	189	1,13	213,57
Δ	19 325		ΣMT 149 113,25

$$\text{Ny } KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \frac{149\,113{,}25}{19\,325} = 7{,}716 \text{ m}$$

$$GG_1 = \frac{I}{\Delta \cdot 2} = \frac{2936 \cdot 1{,}025}{19\,325 \cdot 2} = 0{,}078 \text{ m}$$ (Korreksjon for f.v.o.) (Nr. 4 babord)

$$KG_1 = 7{,}794 \text{ m}$$

Fra plansje: $KM = 8{,}560$ m

$G_1M = 0{,}766$ m

Overslag:

$$\tan \varnothing_K = \frac{\text{Moment kontravekt}}{GM \cdot \Delta \text{ (inkl. kontravekt)}}$$

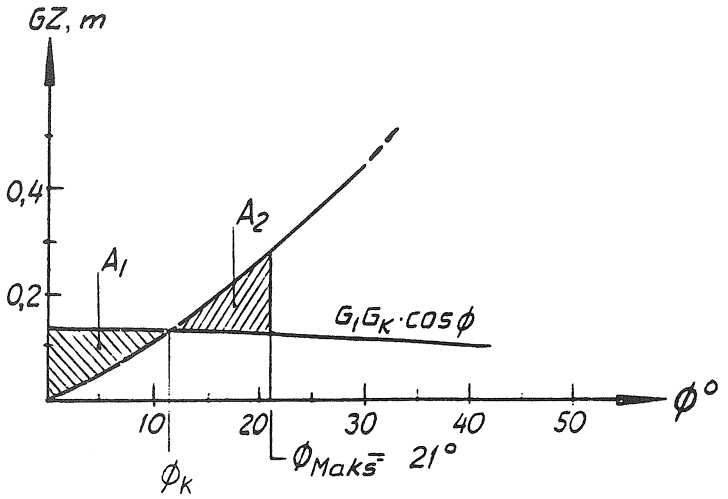
$$\tan \varnothing_K = \frac{2625}{0{,}766 \cdot 19\,325} = 0{,}1773295$$

$$\varnothing_K = 10{,}06°$$

Vi beregner GZ-kurven opp til 45°, se figur 6.13.

$$GZ = KY - KG_1 \cdot \sin \varnothing$$

GZ(7,5°)= 1,10 – 7,794 · sin 7,5° = 0,08 m
GZ(15°) = 2,20 – 7,794 · sin 15° = 0,18 m
GZ(30°) = 4,36 – 7,794 · sin 30° = 0,46 m
GZ(45°) = 6,34 – 7,794 · sin 45° = 0,82 m



Figur 6.13

Vi beregner kontravektens krengearm, $G_1G_K \cdot \cos\varnothing$, for tre vinkler.

$$G_1G_k = \frac{v \cdot x_1}{\Delta} = \frac{525 \cdot 5}{19\,325} = 0{,}136 \text{ m}$$

$\varnothing = 0°$ $G_1G_K \cdot \cos\varnothing = 0{,}136 \cdot \cos 0° = 0{,}136$ m
$\varnothing = 20°$ $G_1G_K \cdot \cos\varnothing = 0{,}136 \cdot \cos 20° = 0{,}128$ m
$\varnothing = 40°$ $G_1G_K \cdot \cos\varnothing = 0{,}136 \cdot \cos 40° = 0{,}104$ m

Vi plotter inn $G_1G_K \cdot \cos\varnothing$ inn på figur 6.13.

Vi setter $\varnothing_L = 0°$ (husk skipet ligger rett når løftet ryker).

Arealet A_1 begrenses av:
0°, GZ-kurven fra $\varnothing_K$ til $\varnothing_L$ og $G_1G_K \cdot \cos\varnothing$.

Arealet A_2 begrenses av:
GZ-kurven fra $\varnothing_K$, $G_1G_K \cdot \cos\varnothing$ og linjen $\varnothing_{Max}$ som vi finner ved inspeksjon.

Fra figur 6.13 finner vi største rulleutslag ved ca. 21°.

Krav til stabilitet ved tungløft

Norske myndigheter stiller ingen spesielle krav til stabilitet ut over de generelle kravene. Skip og lektere som er bygd spesielt for å håndtere tunge løft, må godkjennes av Sjøfartsdirektoratet.

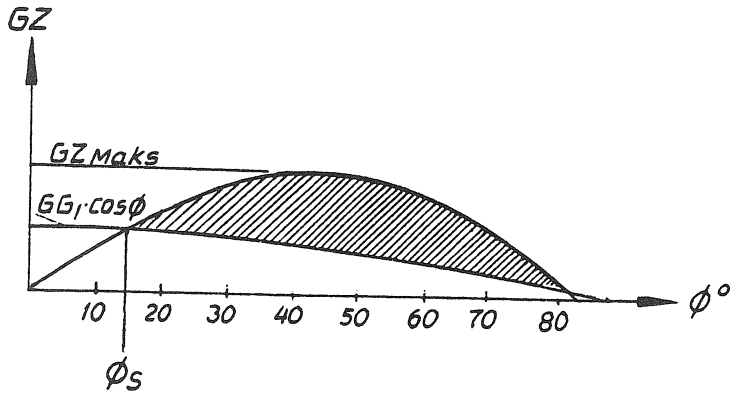
Amerikanske myndigheter stiller følgende krav når et skip tar om bord tunge løft, se figur 6.14:

Løftets krengearm, $G_1G_2 = \frac{v \cdot a}{\Delta + v} \leq 0{,}6 \cdot GZ_{Maks}$

$\varnothing_S \leq 15°$

Arealet (skravert), $A \geq 0{,}4 \cdot$ totalt areal under GZ-kurven

Det er de samme kriteriene som blir brukt for passasjerskip for å beregne krengning når passasjerene er samlet på den ene side av skipet. Antatt vekt per passasjer er satt til 75 kg.



Figur 6.14

Stabilitet i vind og bølger

Det er ingen spesielle norske krav til stabilitet i vind og bølger. Vind fra siden vil utsette skipet for et krengemoment. Skipet må ha tilstrekkelig stabilitet for å motvirke krengningen. I tillegg vil skipet bli utsatt for en rullebevegelse på grunn av bølger.

Vind er luft i bevegelse. Den vil variere i styrke, i retning, i høyden og med tiden. Vi sier at vinden er av en stokastisk natur. Vindens hastighet måles i en høyde av 6 m over havet.

I beregninger må vi ofte anta at vinden er gitt ved middelhastigheten. I vindkastene vil hastigheten bli langt større enn middelhastigheten. For å ta hensyn til vindkastene er det vanlig å innføre en vindkastfaktor (gustfaktor).

Vindkraften er gitt ved:

$$F = C_S \cdot C_H \cdot \rho \cdot \frac{1}{2} \cdot A \cdot v^2 \text{ (N)}$$

C_S = formfaktor
C_H = høydekoeffisient
A = projisert areal i opprett stilling eller krenget stilling. Vi antar at A varierer med cos Ø fra opprett stilling
ρ = lufttetthet = 1,222 kg/m^3
v = vindhastighet i m/s

Krengemomentet er gitt ved:

$$KRM = F \cdot h$$

h = avstand i meter fra halv dypgående til vertikalt tyngdepunkt i flaten som blir utsatt for vindkraften. Vi antar at h varierer med cos Ø

$$\text{Krengearm} = \frac{KRM}{\Delta \cdot 10^3 \cdot g}$$

$$= \frac{C_S \cdot C_H \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot A \cdot h \cdot v^2 \cdot \cos^2 \varnothing}{\Delta \cdot 10^3 \cdot g}$$

$$= \frac{C \cdot A \cdot h \cdot v^2 \cdot \cos^2 \varnothing}{\Delta \cdot 10^3 \cdot g}$$

$g = 9{,}81 \text{ m/s}^2$

Det brukes forskjellige verdier for C, og verdien vil også variere med hvilke enheter som blir brukt.

Amerikanske myndigheter foreslår å bruke $C = 0{,}17$ for å beregne skipets krengearm i vind:

$$K_V = \frac{0{,}17 \cdot A \cdot h \cdot v^2 \cdot \cos^2 \varnothing}{\Delta \cdot g \cdot 10^3} \quad \text{(m)}$$

A = projisert areal i opprett stilling, varierer med cos ∅
h = avstand fra halvt dypgående til senter av A (m), varierer med cos ∅
Δ = deplasement i tonn
$g = 9{,}81 \text{ m/s}^2$
v = vindhastighet i knop

Vi antar at $A \cdot h$ varierer med $\cos^2 \varnothing$, men dette er en grov antagelse ettersom variasjon i arealet ikke blir en cosinusfunksjon. Det er imidlertid vanlig å beregne variasjon etter formelen over.

Ved beregning av stabilitet settes $v = 100$ knop (51,5 m/s).

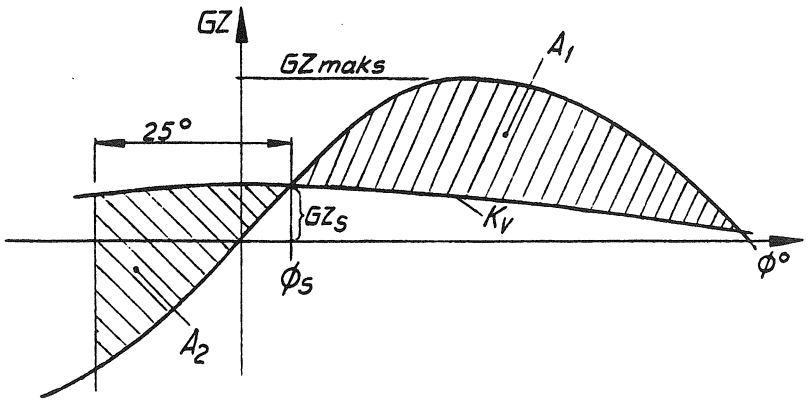
Fremgangsmåte:
1 Vi beregner GZ-kurven og tegner den symmetrisk om origo, se figur 6.15.
2 Vi beregner og plotter inn krengearm for vinden, K_V.
3 Krengevinkelen, $\varnothing_S$, er bestemt under forutsetning av at vinden er konstant, og at det ikke er bølger.
4 For å ta hensyn til skipets rulling i sjøgang legger vi til 25° mot vinden regnet fra $\varnothing_S$.
5 Vi beregner arealene A_1 og A_2.

Kravene til stabilitet settes til (se figur 6.15):

$GZ_S \leq 0{,}6\, GZ_{maks}$

$A_1 \geq 1{,}4\, A_2$

Den amerikanske metoden er enkel, og den gir tilstrekkelig stor grad av sikkerhet.



Figur 6.15

Eksempel 6.6
a)
Et skip har $\Delta = 10\,000$ tonn, sideareal $A = 800$ m^2 og $h = 15$ m. Beregn krengearmen når vindstyrken er 100 knop.

Løsning:

$$K_V = \frac{0{,}17 \cdot A \cdot h \cdot v^2}{\Delta \cdot g \cdot 10^3} \text{ m}$$

$$K_V = \frac{0{,}17 \cdot 800 \cdot 15 \cdot 100^2}{10\,000 \cdot 9{,}81 \cdot 10^3} = 0{,}207 \text{ m}$$

b)
Hvor stor blir krengearmen når krengevinkelen er 10°?

Løsning:
$K_{V10°} = K_V \cdot \cos^2 \varnothing = 0{,}207 \cdot \cos^2 10° = 0{,}200$ m

c)
Beregn maksimal krengearm når vindstyrken er 40 knop (kuling styrke).

Løsning:

$$K_V = \frac{0{,}17 \cdot 800 \cdot 15 \cdot 40^2}{10\,000 \cdot 9{,}81 \cdot 10^3} = 0{,}033 \text{ m}$$

Vi ser at ved moderate vindstyrker er vindens virkning på krengningen liten.

Stabilitet under svinging

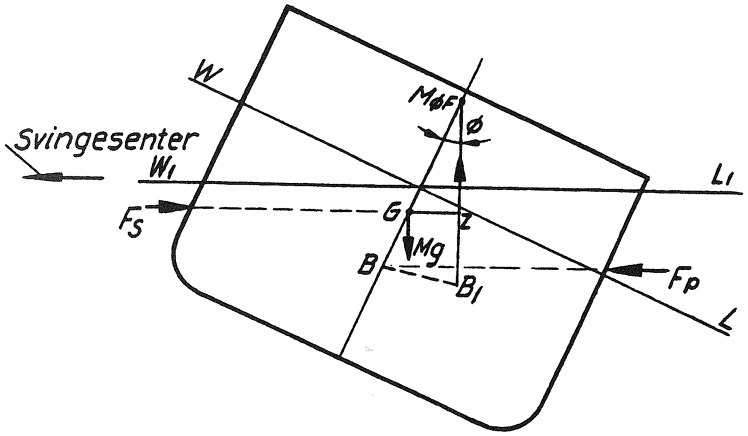
Når et skip svinger vil sentripetalkraften, F_p, virke mot senteret av banen.

$$F_p = \frac{M \cdot v^2}{R}$$

M = massen av skipet
v = hastigheten av skipet
R = radius i banen

Det er vanntrykket mot skipssiden på motsatt side av svingesenteret som frembringer sentripetalkraften. Angrepspunktet for kraften antas å virke i senteret av undervannsarealet. Vi antar at senteret i dette arealet ligger omtrent i høyde med oppdriftssenteret, B, se figur 6.16.

For å gjøre det lettere innfører vi sentrifugalkraften, F_s, som en motkraft til sentripetalkraften. Sentrifugalkraften virker i skipets tyngdepunkt, G, se figur 6.16.



Figur 6.16

Av figuren ser vi at vi får et kraftpar som virker på armen B_1Z. Momentet som frembringes, vil krenge skipet over en vinkel ∅.

Krengemomentet er gitt ved:

$$KRM = \frac{M \cdot v^2 \cdot B_1Z}{R}$$

Krengemomentet blir motvirket av det opprettende momentet.

$$MR = M \cdot g \cdot GZ$$

Vi kan sette:

$$MR = KRM$$

$$M \cdot g \cdot GZ = \frac{M \cdot v^2 \cdot B_1Z}{R}$$

$$GZ = \frac{v^2 \cdot B_1Z}{g \cdot R}$$

For små vinkler kan vi sette:

$$GZ = GM \cdot \sin\varnothing$$

og

$$B_1Z = BG \cdot \cos\varnothing$$

$$GM \cdot \sin\varnothing = \frac{v^2 \cdot BG \cdot \cos\varnothing}{g \cdot R}$$

$$\frac{\sin\varnothing}{\cos\varnothing} = \frac{v^2 \cdot BG}{g \cdot R \cdot GM}$$

$$\tan\varnothing = \frac{v^2 \cdot BG}{g \cdot R \cdot GM}$$

Tilnærmet kan vi sette $BG = KG - T/2$ og

$$\tan\varnothing = \frac{v^2}{g \cdot R \cdot GM}(KG - T/2)$$

Eksempel 6.7
Et skip med $GM = 0{,}95$ m, $KG = 7$ m og $T = 9$ m svinger med en fart av 15 knop (7,7 m/s). Beregn krengevinkelen under svinging når svingradius er 100 m.

Løsning:

$$\tan\varnothing = \frac{v^2}{g \cdot R \cdot GM}(KG - T/2)$$

$$\tan\varnothing = \frac{7{,}7^2}{9{,}81 \cdot 100 \cdot 0{,}95}(7 - 9/2)$$

$$\varnothing = 9{,}04°$$

For passasjerskip anbefales det at krengevinkelen ikke må være større enn 10°. Følgende formel kan brukes ved beregning av krengemomentet under svinging:

$$KRM = 0{,}02 \cdot \frac{v^2 \cdot \Delta}{L}(KG - T/2)$$

v = servicefart i m/s
L = lengde av skipet i vannlinjen i m
Δ = deplasement i tonn
T = middeldypgående i m
KG = tyngdepunktets høyde over kjølen i m

Krengevinkelen finnes ved å plotte kurven for krengearmen inn på GZ-kurven som en rett linje.

$$\text{Krengearmen} = 0{,}02 \cdot \frac{v^2}{L}(KG - T/2)$$

Som en tilnærming kan vi beregne krengevinkelen:

$$\tan\varnothing = \frac{KRM}{\Delta \cdot GM}$$

$$\tan\varnothing = 0{,}02 \cdot \frac{v^2}{L \cdot GM}(KG - T/2)$$

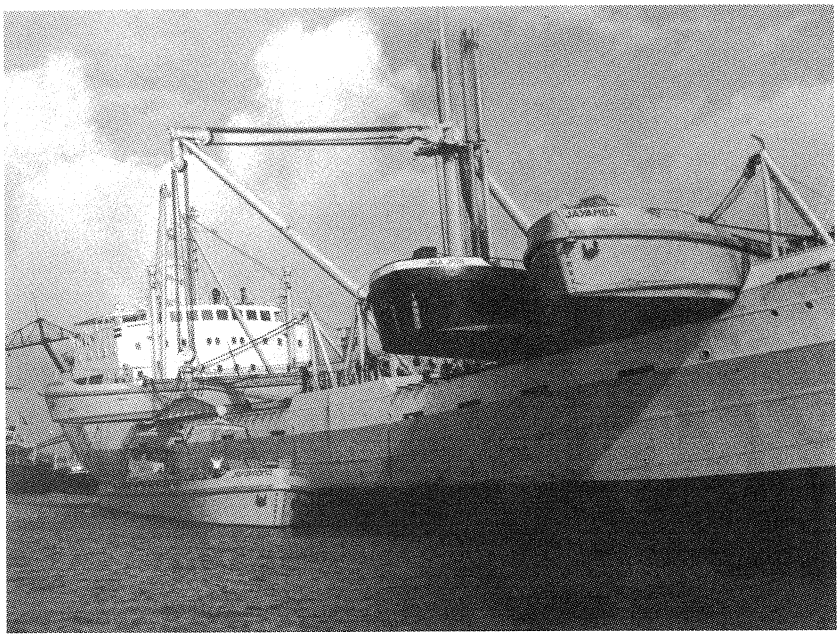
Eksempel 6.8
Et skip med lengde $L = 100$ m, $KG = 8$ m og dypgående $T = 6$ m svinger med en fart av 7,7 m/s. $GM = 0{,}5$ m. Beregn krengevinkelen under svinging.

Løsning:

$$\tan\varnothing = 0{,}02 \cdot \frac{v^2}{L \cdot GM}(KG - T/2)$$

$$\tan\varnothing = 0{,}02 \cdot \frac{7{,}7^2}{100 \cdot 0{,}5}(8 - 3) = 0{,}11858$$

$$\varnothing = 6{,}8°$$





Bilder fra lossing/ lasting av tungløft. Gjengitt med tillatelse av Odd Mathiesen, Stavanger

Arbeidsoppgaver

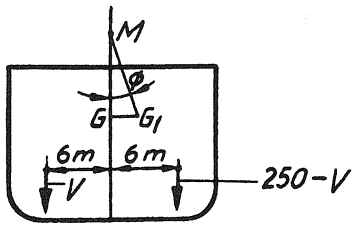
1 Et skip med Δ = 10 000 tonn har *KM* = 9,0 m og *KG* = 8,20 m. En vekt på 80 tonn blir flyttet fra senterlinjen og plassert 10 m ut på babord side. Beregn krengevinkelen.

2 Et skip med Δ = 8000 tonn og *GM* = 0,50 m tar om bord 80 tonn korn. Kornet kaster seg slik at det flytter seg horisontalt 6 m og vertikalt 1,5 m. Beregn krengningen ved å anta liten vinkel.

3 M/S Linda har dypgående 8,0 m og *KG* = 7,75 m. Det tar om bord følgende laster:
500 tonn, *vcg* = 7,90 m, 8 m fra senterlinjen om styrbord.
300 tonn, *vcg* = 7,80 m, 7 m fra senterlinjen om babord.
Beregn krengevinkelen ved å anta at den er liten.

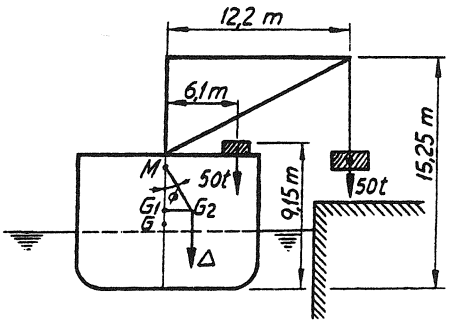
4 M/S Linda har dypgående 8,50 m og *KG* = 8,00 m. Skipet tar om bord følgende laster:
400 tonn, *vcg* = 8,15 m, 9 m fra senterlinjen om styrbord.
450 tonn, *vcg* = 7,95 m, 8 m fra senterlinjen om babord.
300 tonn, *vcg* = 8,00 m, 7 m fra senterlinjen om babord.
100 tonn, *vcg* = 7,90 m, 6 m fra senterlinjen om babord.
Det losser 200 tonn, *vcg* = 6,00 m, 7 m fra senterlinjen om babord.
a) Beregn krengevinkelen ved å anta at den er liten.
b) Beregn og tegn GZ-kurven. Plott inn linjen $GG_1 \cdot \cos \varnothing$, og bestem krengevinkelen.

5 Et skip med deplasement 13 500 tonn har *GM* = 0,75 m. Det har en krengning til styrbord på 2,5°. Det er ledig plass i rom nr. 3 til 250 tonn ved at lasten plasseres 6 meter ut fra senterlinjen. Finn hvor mye last som må lastes på hver side av senterlinjen for at skipet skal ligge uten krengning etter lasting (se figur).



Figur oppgave 5

6 Et skip med Δ = 9900 tonn har *KM* = 7,30 m og *KG* = 6,40 m. Det skal ta om bord to tungløft hver på 50 tonn med eget gir. Det første tungløftet blir plassert mot kaisiden med *vcg* = 9,15 m og avstand fra senterlinjen 6,1 m. Når skipet tar om bord det andre hivet, ligger bommen 12,2 m innover kaien regnet fra senterlinjen, og høyden av bomnokken er 15,25 m over kjølen (se figur). Beregn maksimum krengning.



Figur oppgave 6

7 Et skip med Δ = 4500 tonn har *KM* = 5,80 m og *KG* = 5,40 m. Det er nødvendig å krenge skipet 2° til styrbord ved å flytte en vekt på 15 tonn tverrskips. Beregn den horisontale avstanden vi må flytte vekten.

8 Et skip med Δ = 9500 tonn, *KM* = 5,5 m og *KG* = 4,73 m ligger med 2,5° slagside til babord. Det skal ta om bord et lokomotiv på 90 tonn på styrbord side, *vcg* = 6,85 m og avstanden fra senterlinjen 7,6 m. Vi skal bruke en motvekt på 40 tonn for å rette opp skipet slik at det ligger opprett etter lasting. Motvekten har *vcg* = 6,85 m. Hvor langt ut fra senterlinjen må vi plassere motvekten for at skipet skal ligge uten krengning etter lasting.

9 M/S Linda har dypgående 8,0 m og *KG* = 7,9 m. Det skal ta om bord et tungløft på 200 tonn. Skipet bruker egen bom som ligger 14 m innover kaien regnet fra senterlinjen og med bomnokken 22 m over kjølen idet hivet løftes fra kaien.
a) Hvilken krengning får skipet idet løftet tas?
b) Vi bruker styrbord bunntank nr. 3 og nr. 4 som kontravekter, og de fylles slik at løftet er klar av kaien. Tyngdepunktet for tankene ligger 5 m ut fra senterlinjen, og vi antar at tyngdepunktet over kjølen er som for fulle tanker. Hvor mange tonn sjøvann må vi fylle på tankene?
c) Hva vil skje dersom løftet ryker etter at det er løftet klar av kaien? Beregn maksimalt rulleutslag under forutsetning av at begge tankene er slakke.

10 M/S Linda har dypgående 8,0 m og *KG* = 8,10 meter. Det skal ta om bord et tungløft på 175 tonn med eget gir. Bommen ligger 15 m innover kaien regnet fra senterlinjen, og bomnokken er 18 m over kjølen idet løftet tas.
   a) Hvilken krengning får skipet idet løftet tas?
   b) Vi bruker babord bunntank nr. 3 og nr. 4 som kontravekter, og tankene fylles slik at løftet er klar av kaien. Hvor mange tonn sjøvann må vi fylle når tyngdepunktet for tankene ligger 5 m ut fra senterlinjen. *Vcg* er som for fulle tanker.
   c) Bestem maksimalt rulleutslag dersom løftet ryker etter at det er klar av kaien. Se bort fra slakke tanker.

11 M/S Linda har middeldypgående 6,40 m og *KG* = 8,00 m. Skipet losser 600 tonn fra rom nr. 5, *vcg* = 8,45 m. Det laster følgende:
Rom nr. 1: 800 tonn, *vcg* = 8,50 m
Rom nr. 3: 1000 tonn, *vcg* = 8,30 m
Rom nr. 4: 1500 tonn, *vcg* = 8,20 m
   a) Beregn ny KG.
   b) Beregn GZ-verdier, tegn GZ-kurven og beregn dynamisk stabilitet.
   c) Skipet skal ta om bord et tungløft på 150 tonn med eget utstyr. Festet for toppblokken er 20 m over kjølen, og ved opphiving ligger bomnokken 15 m horisontalt ut fra senterlinjen. Beregn krengningen skipet får idet hivet løftes.
   d) Stiple inn GZ-kurven på samme diagram som i punkt b opp til 30°. Les av krengevinkelen på kurven ved å plotte inn $G_1G_2 \cos Ø$. Sammenlign med punkt c.
   e) Vi skal fylle ballastvann i styrbord bunntank nr. 3 og nr. 4 for å motvirke krengningen når tungløftet tas. Hvor mye ballast må vi fylle når begge tankenes tyngdepunkter ligger 5 m fra senterlinjen og 1,13 m over kjølen.
   f) Bestem største rulleutslag dersom vi fyller ballast slik som beregnet i punkt e, og hivet ryker under løfting.

12 Et skip med Δ = 8000 tonn og *GM* = 0,60 m har et sideareal på 700 m^2. Avstanden fra halvt dypgående til senteret av arealet er 12 m. Beregn krengearm og krengevinkel når vindstyrken er 100 knop, og ved 50 knop.

13 M/S Linda har dypgående 8,50 m og *KG* = 7,90 m. Det svinger med en fart av 14 knop (7,2 m/s). Beregn krengevinkelen når svingradius er 200 m.

14 Et passasjerskip med lengde 150 m har dypgående 8,00 m. *KG* = 7,75 m og *KM* = 8,30 m. Skipet svinger med en fart av 8 m/s. Beregn krengevinkel under svinging.

15 Skipet Mercadian Importer skal ta om bord et tungløft på 60 tonn. Løftet har lengde 6 m, bredde 3 m og høyde 2 m. Før løftet tas, har skipet et deplasement på 3000 tonn, og *KG* er beregnet til 4,50 m. Bomnokken har en høyde over kjøl på 17 m og avstanden ut fra diametralplanet i det løftet tas, er 7 m.
   a) Beregn krengevinkelen idet løftet er klar av kai.
   b) For å motvirke krengning vil vi fylle ballast slik at skipet ligger uten krengning i det løftet tas. Hvor mye ballast må vi fylle når vi antar at tankens *vcg* er 0,8 m og avstand fra senterlinjen er 4 m?
   c) Vi bestemmer oss for å bruke babord ballasttank nr. 2, 3 og 5 slik at nr. 2 og 3 fylles helt og nr. 5 blir slakk. Hvor stort rulleutslag vil skipet få dersom løftet ryker under opphiving? Bruk *vcg* som oppgitt for tankene.
   d) Vi beslutter å bare fylle ballast i nr. 2 og 3 slik at disse er helt fulle. Hvor stor krengning vil skipet nå få i det løftet tas?
   e) Hva blir nå største rulleutslag? Hvilke konklusjoner kan du trekke av dette?
   f) Hvor i skipet vil du plassere tungløftet?

16 (Eksamen vår 1992) M/S Linda er ferdig lastet og skal tilslutt ta om bord et tungløft på 150 tonn som ligger 5,0 m fra skipssiden (styrbord side til kaien). For denne oppgaven skal vi regne med at skipet er utstyrt med tungløftutstyr midtskips og i diametralplanet. Festet for toppblokken er 20 m over kjølen. Før løftet tas, er korrekt deplasement 19 950 tonn, og *KG* uten slakke tanker er beregnet til 7,830 m.
Vi regner med at det vil bli behov for å fylle en tank på babord side før vi tar løftet for å kompensere for krengning under om bordhiving (kontravekt).
En fyller da dobbeltbunntank nr. 5 babord med sjøvann. (Regn med at tankens tyngdepunkt ligger 5 m fra diametralplanet).

a) Hva blir krengningen i grader, og til hvilken side vil båten krenge, når tungløftet løftes klar av kaien? En må ta i betraktning at dobbeltbunntank nr. 4 og nr. 6 er slakke.
I dobbeltbunntank nr. 4 er det sjøvann med tetthet 1,025, og i dobbeltbunntank nr. 6 er det tungolje med tetthet 0,95.
Beregningen skal utføres ved hjelp av GZ-kurve. Merk at skipets bredde er som angitt på plansjen for skipet.
Ved lasting av tunge løft må en være oppmerksom på en rekke faremomenter.

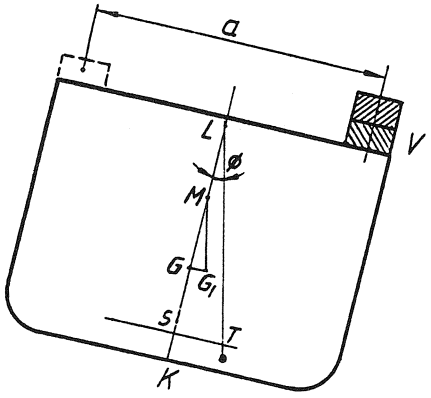
b) Gi en kort oversikt over de forholdsregler en må iaktta.

7 Krengeprøve

Når et skip er ferdig bygd, må det gjennomføres en krengeprøve for å finne lettskipstyngdepunktet, *G*, dersom en ikke har lettskipsdata fra søsterskip som myndighetene kan godta.

Ved spesielle lastetilstander kan det også være nødvendig å foreta en krengeprøve for å bestemme skipets tyngdepunkt. En skipsfører må være i stand til å foreta en slik prøve. Kravene til nøyaktighet bør være de samme som ved bestemmelse av tyngdepunktet for lettskip.

Metasenterhøyden over kjølen, *KM*, er beregnet av skipsbyggeren. Ved å finne *GM* kan vi beregne *KG*. Krengeprøven utføres ved å flytte en kjent vekt en gitt avstand tverrskips. Skipet vil da krenge en vinkel ∅. Vinkelen blir bestemt ved å henge opp en eller flere loddsnorer i skipets senterlinje og måle utslaget skipet får ved krengningen. Det er vanlig å bruke én snor i forskipet og én i akterskipet. En tredje snor kan blir brukt midtskips. Prinsippet for beregningen fremgår av figur 7.1.



Figur 7.1

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta}$$

v = krengningsvekten i tonn
a = avstand vekten flyttes
Δ = deplasement inklusiv vekten v

$$GM = \frac{GG_1}{\tan\varnothing}$$

$$GM = \frac{v \cdot a}{\Delta \cdot \tan\varnothing}$$

$$\tan\varnothing = \frac{\text{utslag av pendelsnor}}{\text{lengden av pendelsnor}}$$

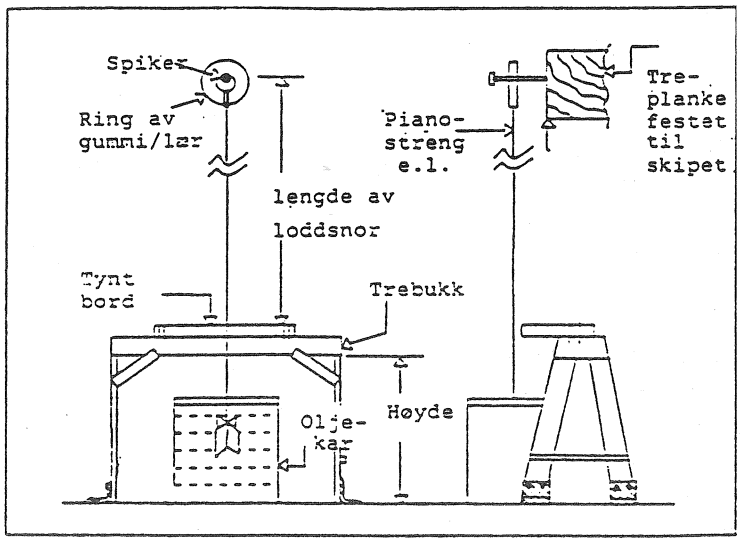
$$\tan\varnothing = \frac{ST}{LS}$$

$$GM = \frac{v \cdot a}{\Delta} \cdot \frac{LS}{ST}$$

IMO har utarbeidet retningslinjer for utførelsen av krengningsprøver for å bestemme lettskips *KG*. Nedenfor er det gitt et sammendrag av disse.

Pendelarrangement

Pendelsnorene bør ha en lengde på 4–6 m. Lengden bør minst være slik at vi kan måle et utslag på minst 15 cm til hver side. Jo lengre snorer, desto mer nøyaktig vil resultatet bli, men bruker vi ekstra lange snorer på et skip som er rankt, vil loddet ha vansker med å henge i ro. Vanlige krengevinkler er på 2–3°. Vinkelen må under ingen omstendigheter overstige 4°. På mindre skip der det kan være vanskelig å bruke så lange loddsnorer at vi oppnår 15 cm utslag, bør vi øke vektene slik at krengevinkelen øker. For å dempe utslagene kan loddene plasseres i olje (eller i vann). Pendelsnoren bør være en pianostreng eller av et annet homogent materiale. Opphengningen må være slik at det ikke er noe som hindrer rotering om omdreiningspunktet. Vi kan for eksempel feste snoren til en ring av gummi eller lær, se figur 7.2.



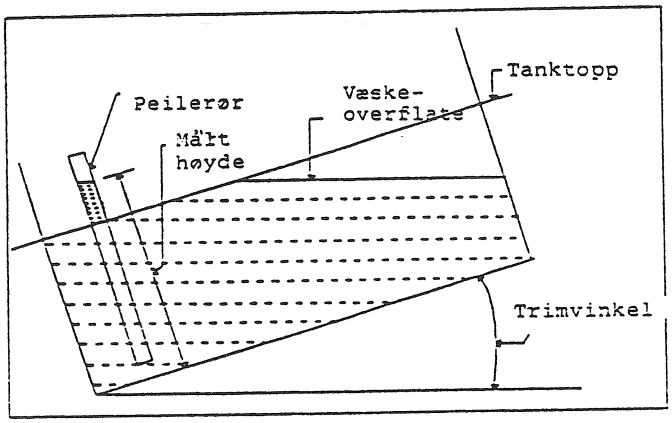
Figur 7.2

Vi måler utslagene med et tverrbord som må være forsvarlig satt opp nøyaktig horisontalt når skipet ligger rett. Tverrbordet der utslagene blir målt, må ligge nær opp til snoren, men det må ikke være kontakt mellom snoren og tverrbordet. Om nødvendig kan vi montere en måleskala direkte på tverrbordet slik at avlesningen blir enkel.

Dersom vi måler krengevinkelen med et inklinometer eller et annet måleinstrument, må vi alltid bruke minst én loddsnor i tillegg.

Tanker – slakke tanker

Vi bør unngå å ha slakke tanker. Når skipet krenger, vil væsken i tankene renne til lav side, og dette øker krengningen. Metasenterhøyden vi da beregner, vil være feil. Vi bør redusere denne feilkilden ved å fullstendig drenere alle tanker som er nesten tomme. Det er ikke tilstrekkelig å pumpe væske ut av tanken til pumpen mister sugeevnen. Fulle tanker må toppes helt opp. Her må vi være oppmerksom på at det kan dannes luftlommer, se figur 7.3. Det er spesielt når skipet har trim, og tankene har dårlig ventilering, at vi får slike situasjoner. Tankene skal være fullstendig fulle. 98 % tilstand aksepteres ikke som full tank. Små mengder væske i V-formede tanker og rom, som for eksempel i kjettingkasser, der momentet ved krengning er uten betydning, kan vi overse dersom det er vanskelig eller tidkrevende å få væsken fjernet.



Figur 7.3

Antall slakke tanker bør reduseres til én styrbord tank og én babord tank av følgende tanktyper:

- ferskvannstanker for reserve fødevann
- brenselolje/dieseloljetanker
- brenselolje/dieselolje dagtanker
- smøroljetanker
- sanitærtanker o.l.

Tanker som er slakke, bør være rektangulære. Dersom det er bunntanker, bør de være 40–60 % fulle. Dyptanker bør være mellom 20 % og 80 % fulle. Disse anbefalte nivåene vil være en sikkerhet for at hastighetsforandringen for væsken blir noenlunde konstant under krengningen. Det må ikke være forbindelse mellom tankene. Samme nivå i slakke parvise tanker kan tyde på at det er forbindelse mellom dem.

Vi beregner virkningen av fri væskeoverflate ved slakke tanker på følgende måte:

FVM = Fri væskeoverflatemoment

$$FVM = \frac{l \cdot b^3 \cdot \rho}{12} \text{ (tonnmeter)}$$

l = lengde av tanken i meter
b = bredde av tanken i meter
ρ = tetthet av væsken i tanken i tonn/m^3 (tettheten bør måles direkte i tanken)

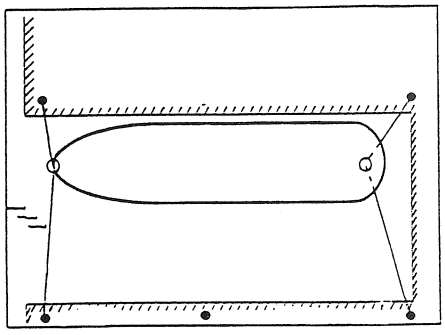
$$\text{Korreksjon for effekten av fri væskeoverflate} = \frac{\Sigma FVM}{\Delta} \text{ m}$$

Δ = deplasement i tonn

Korreksjon for fri væskeoverflate er uavhengig av høyden av tanken, lokalisering av tanken og til hvilken side skipet krenger. Det er bredden av tanken som har størst betydning, og den inngår med tredje potens i formelen. Tankens bredde er av avgjørende betydning når den er slakk. Selv små mengder væske i en bred tank vil få betydning for resultatet. Vi bør fjerne selv små væskemengder fra brede tanker.

Fortøyningsarrangement

Under krengeprøven må skipet flyte fritt med slakke fortøyninger. Det må være tilstrekkelig med dypt vann under kjølen, og det bør være stille vær. Det må ikke være strøm av betydning eller bevegelse i vannet fra propeller eller utløp. Dersom det er svak vind, bør baug eller akterende ligge mot vinden.

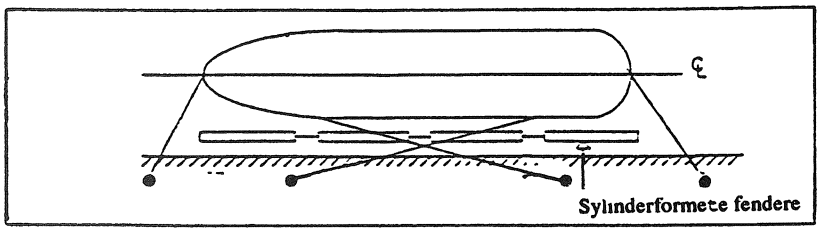


Figur 7.4

Svak sideveis stødig vind og svak sidestrøm vil påføre skipet et ekstra krengemoment under utførelsen av krengeprøven. Vi kan til en viss grad akseptere dette ettersom vi kan korrigere resultatet så lenge forholdene ikke skifter brått, men vi må ikke utføre prøven når det er kastevinder eller varierende strøm. Vi bør holde skipet i posisjon ved baug- og akterliner som vist på figur 7.4. Festet bør være så nær senterlinjen av skipet som mulig, og så nær vannlinjen som praktisk mulig. Det kan være nødvendig å lage midlertidige festeanordninger. Festeanordningen tillater til en viss grad at fortøyningene holder skipet på plass uten å hindre krengningen.

Dersom vi bare kan fortøye skipet med den ene siden langs kaien, må vi i tillegg til baug- og akterliner bruke to springer, slik at vi har kontroll over skipet. Baug- og akterlinene bør være festet så nær senterlinjen som mulig, og så nær vannlinjen som praktisk mulig. Springlinene bør være så lange som mulig. Vi bør plassere sylinderformede fendere mellom skipet og kaien, se figur 7.5. Når vi utfører krengeprøven, må alle fortøyninger være slakke, og skipet må flyte fritt klar av fenderne. Dersom vind eller strøm holder skipet klar av kaien, vil baug- og akterlinene strammes, og de vil holde skipet på plass uten å hindre krengningen.

Dersom vind eller strøm presser skipet mot fenderne, må alle fortøyningene være slakke. De sylinderformede fenderne vil til en viss grad hindre at skipet henger seg opp, men skipet vil bli påført et ekstra krengemoment. En slik situasjon er uheldig, og vi bør da vurdere å kaste fortøyningene og la skipet flyte fritt når krengeprøven utføres.



Figur 7.5

En annen akseptert fortøyningsmetode ved kombinert vind og strøm, er å bruke bare én baugline eller én akterline. I dette tilfellet er det ikke nødvendig at den er festet nær vannlinjen, men den må være festet nær senterlinjen av skipet. Med alle fortøyninger slakke unntatt den ene baug- eller akterline, flyter skipet fritt utsatt for vind og strøm. Varierende vind og strøm kan påvirke måleresultatet.

Prøvevektene

Det er flere forskjellige typer vekter som blir brukt. Dersom vi bruker vekter av porøs betong som kan absorbere betydelige mengder vann, må vi veie de umiddelbart før krengeprøven utføres.

Hver vekt skal ha et identifikasjonsnummer, og vekten skal være angitt. Til vekter for små skip kan vi bruke fat fylt med vann. Fatene bør være helt fulle og påsatt lokk slik at de kan veies før krengeprøven.

Vi må sikre oss mot at dekkene blir overbelastet når vektene plasseres.

Vektene bør plasseres på dekk så langt ute mot siden som mulig, og de må være på plass i god tid før krengeprøven tar til.

Dersom vi bruker vannballast som krengevekter, må vi passe på følgende:

- Tankene som brukes, må ha rette sider uten dype spant som kan lage luftlommer.
- Tankene må ligge parvis, slik at trimmen ikke blir endret under prøven.
- Tettheten av vannet i tankene skal måles før prøven.
- Rørledningene til tankene skal være fylt med vann.
- Alle ballastventiler skal være stengt under prøven.
- Kontrollpeiling av tankene som brukes til krengerøven, skal kontrollpeiles manuelt med loddsnor og målebånd både før og etter hvert skifte av ballastvann.
- Beregningene må ta hensyn til at *vcg* forandres under prøven.
- Nøyaktige ullasjetabeller må foreligge.

Nødvendig utstyr

I tillegg til det utstyret som er beskrevet, vekter, loddsnorer osv., må den som er ansvarlig for krengeprøven, ha følgende utstyr:

- Nøyaktig målebånd for å måle lengden av pendelsnoren og utslaget.
- Spiss blyant for å merke av pendelutslagene.
- Kritt for å merke av posisjonene til krengevektene.
- Tilstrekkelig langt målbånd for å måle den avstanden vektene blir flyttet.
- Tilstrekkelig lang loddsnor for å peile tankene.
- Et eller flere densitetsmetre til å måle tettheten eller spesifikk vekt av væsken i tankene.
- Et eller flere densitetsmetre eller hydrometre som dekker måleområdet 0,999 til 1,030, til å måle tettheten eller spesifikk vekt av det vannet skipet flyter i.
- Millimeterpapir for å plotte inn krengemomentene under prøven.
- Linjal, notatblokk og skrivesaker.
- Eventuelt gassmåleinstrument til bruk ved kontroll av kofferdamer og lukkede rom.

For å lese av dypgående nøyaktig bør vi også ha en liten båt til rådighet.

Forberedelser til krengeprøven

Den som skal være ansvarlig for krengeprøven, må forsikre seg om at alt er på plass i god tid. Prøven må planlegges på forhånd, og de som skal være med, må bli informert om fremgangsmåten.

Dersom det er gjenstander om bord som ikke skal være med i lettskipstilstanden, eller som senere skal tas om bord eller omplasseres, må posisjonen og vekten til disse noteres ned.

Vi må vanligvis anta en tilnærmet vekt på slike gjenstander.

Som en tommelfingerregel bør vi anta følgende:

1 Vekten av gjenstander som skal plasseres om bord:
Anta stor verdi når de er høyt plassert om bord og lav verdi når de er lavt plassert om bord.
2 Vekten av gjenstander som skal fjernes:
Anta lav verdi når de er høyt plassert om bord og høy verdi når de er lavt plassert om bord.
3 Vekten av gjenstander som skal omplassere om bord:
Anta stor verdi når de flyttes til et sted høyere oppe i skipet og lav verdi når de flyttes lavere ned i skipet.

Vi må sikre gjenstander om bord som er fritt opphengt, og gjenstander som kan bevege seg under krengeprøven, slik at de ikke forandrer posisjon.

Avlesing av fribord og dypgående

Vi leser av fribord og dypgående for å beregne nøyaktig deplasement av skipet. Vi bør foreta slike avlesninger like før og etter krengeprøven. Krengevektene og personene som skal være med under prøven, må være om bord under prøven. Dette er spesielt viktig om bord på små fartøyer.

Det er anbefalt å ta minst fem fribordavlesninger på hver side av skipet noenlunde jevnt plassert langs skipet. Stedet der fribordet er målt må merkes og senere lokaliseres på skipets tegninger.

I tillegg til fribordavlesningene må vi lese av dypgående forut, akter og midtskips på begge sider. Om mulig bør vi bruke en liten båt slik at vi kan oppnå stor nøyaktighet.

Dimensjonene som er gitt i skipets linjetegninger, er vanligvis i riss. Dypgående i riss er avstanden fra innsiden av kjølplaten til vannlinjen. Vi må konvertere fribordavlesingene til dypgående i riss før vi plotter de inn på skipets linjetegning. Avlest dypgående (middel av styrbord og babord) korrigert for tykkelse av kjølplate, blir plottet inn på linjetegningen der vi har tegnet opp Bonjean-kurver. Uoverensstemmelser mellom fribordavlesninger og dypgående må oppklares, eventuelt må vi ta nye avlesninger. Plottene skal være sammenfallende og danne en rett vannlinje, eventuelt med hogg/sagg. Vi bestemmer nøyaktig deplasement ved å tegne opp SAC-kurven og beregne deplasementets volum. Da er det svært viktig at vi har målt nøyaktige verdier for tettheten eller spesifikk vekt av det vannet skipet flyter i, for å beregne deplasementets vekt i tonn.

Denne måten å beregne skipets deplasement på er svært omstendig, og det er usikkert om nøyaktigheten blir større enn ved å bruke de hydrostatiske data for skipet. Vanlig fremgangsmåte har vært å lese av dypgående forut, akter og midtskips. Middeldypgående blir beregnet ut ifra avlest dypgående forut og akter. Mindre skip der hogg/sagg er uten betydning, korrigeres for trim, og deplasementet tas ut fra skipets hydrostastiske kurve eller fra tabell. For skip med hogg/sagg bruker vi midlere dypgående midtskips (midlere av styrbord og babord avlesninger) korrigert for trim og hogg/sagg ved avlesing av deplasement fra skipets hydrostatiske data.

Oppsummering av forhold vi må kontrollere før krengeprøven tar til:

- Det bør være stille vær uten strøm. Dersom det er vind, bør vi vurdere å ligge med baug eller akterende mot vinden.
- Skipet må flyte fritt med slakke fortøyninger, eller i tilfelle det er vanskelig å holde skipet i posisjon, bør vi bruke en av de anbefalte fortøyningsmetodene.
- Vi må forsikre oss om at det er tilstrekkelig vanndybde under skipet ved å måle dybden flere steder rundt skipet.
- Vi må sikre alle løse vekter (gjenstander) om bord som er fritt opphengt eller kan forandre posisjon under prøven.
- Det bør ikke være slakke tanker om bord. Vi må kontrollere alle tanker, avlukker og rom nøye før prøven. Ved fri væskeoverflate vil den målte G ligge for høyt, og vi må korrigere for virkningen.
- Skipet bør ligge helt rett før prøven tar til. Vektene som skal brukes, må være på plass og deres posisjoner avmerket og lokalisert på skipets tegning. Posisjonene vektene skal flyttes til under prøven, må være avmerket på dekket. Fremgangsmåten for flyttingen må være klargjort for alle som skal delta under prøven. Når vektene tas i land, må vi korrigere G for dette.
- Vi må lese av dypgående/fribord nøyaktig både før og etter prøven.
- Vi må måle vannets tetthet rundt skipet ved forskjellige dybder. Gjennomsnittet av målingene blir brukt ved beregning av korrekt deplasement.
- Loddsnorene (vanligvis tre) må være opphengt og arrangement for måling av utslag oppstilt. Lengden på snorene må være nøyaktig målt. Vi må forsikre oss om at snorene beveger seg fritt, og at de ligger så nær som mulig opp til tverrbordet der utslaget leses av.
- Personene som skal være med under prøven, må være klar i sine posisjoner. Vi bør ha et kommunikasjonssystem slik at den som er ansvarlig for prøven, kan ha direkte kontakt med personene i de enkelte posisjonene.

Vi kan behandle data vi får under prøven på forskjellige måter. Det anbefales å bruke en grafisk fremstilling. Vi plotter krengemomentet av vektene langs x-aksen med styrbord krengning til høyre og babord krengning til venstre. Vi plotter de tilsvarende pendelutslagene dividert med lengden av loddsnora langs y-aksen. Langs y-aksen plotter vi da tangens til $\varnothing$.

Ved å plotte for alle pendelutslagene og ikke bare gjennomsnittet, vil vi lettere oppdage avlesningsfeil o.l. Gjennomsnittet bestemmes for hver

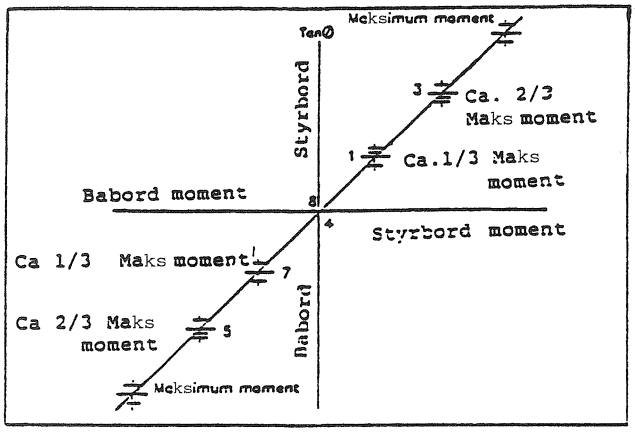
avlesningen. Siden $m \cdot a/\tan\varnothing$ er konstant, skal forbindelsen mellom plottene danne en rett linje. Linjen som fremkommer behøver ikke gå gjennom alle plottene eller gjennom origo. Dersom det ikke kan påvises direkte feil i noen av avlesningene, regner vi alle plottene som likeverdige. Vi bruker da en linær regresjon for å komme frem til en rett linje.

GM beregnes av:

$$GM = \frac{v \cdot a}{\Delta \cdot \tan\varnothing}$$

Avvikelser fra en rett linje tyder på at det er andre momenter i tillegg til momentene fra krengevektene som virker under krengningen. Vi må klargjøre hva som er årsak til dette, og fjerne årsaken. Vi må deretter gjennonføre krengningsprøven på nytt inntil vi oppnår en rett linje.

Figur 7.6 viser plottene for tre pendelutslag med vektene i forskjellige posisjoner. Gjennomsnittet for hver posisjon er avmerket med en større strek. Den rette linjen går her gjennom origo.



Figur 7.6

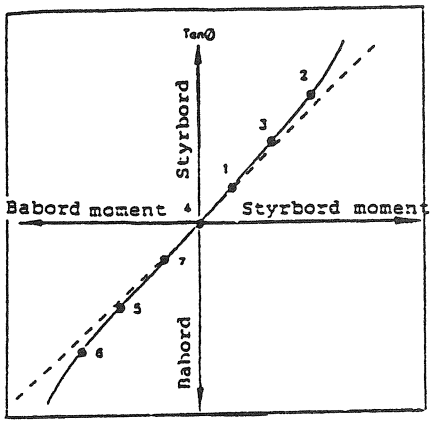
Figurene 7.7, 7.8, 7.9 og 7.10 viser gjennomsnitt av plottene for forskjellige situasjoner, og årsaken til at plottene avviker fra en rett linje eller at linjen ikke går gjennom origo.

Plottene på figur 7.7 tyder på at det er stor fri væskeoverflate. Undersøk alle tanker, avlukker og rom og lens ut om nødvendig. Kontroller dypgående og fribord. Gjennomfør prøven på nytt.

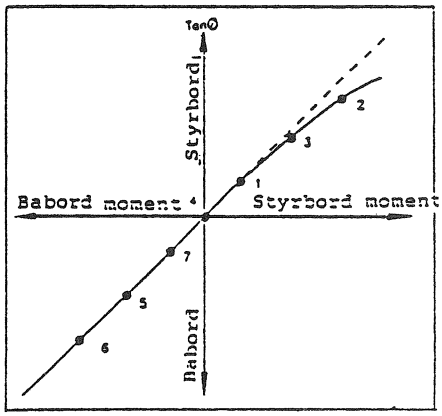
Plottene på figur 7.8 tyder på at skipet ikke krenger fritt. Det kan henge i fortøyningene, eller det kan berøre bunnen. Kontroller dybde og fortøyninger. Gjennomfør prøven på nytt.

Plottene på figur 7.9 tyder på stødig vind fra babord side. Plottene kan godtas.

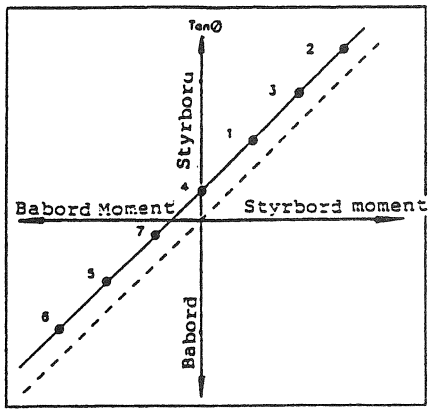
Plottene på figur 7.10 tyder på kastevinder fra babord side. Gjenta vektforflytting i posisjonene 1 og 5.



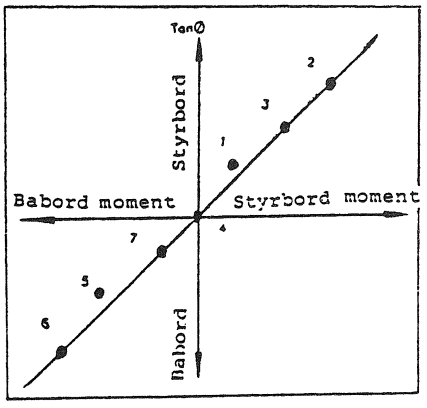
Figur 7.7



Figur 7.8



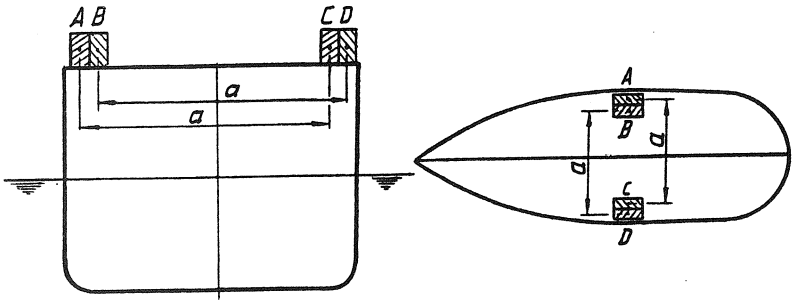
Figur 7.9



Figur 7.10

Eksempel 7.1
For å bestemme *KG* for lettskip skal vi foreta en krengeprøve på et skip med lettvektsdeplasement bestemt til 6000 tonn. *KM* er beregnet til 8,00 m.

Vi plasserer fire vekter A, B, C og D hver på 10 tonn, to på hver side av skipet, se figur 7.11. Avstanden mellom vektene tverrskips er 10 m. Vi bruker to loddsnorer med lengde 7 m.



Figur 7.11

Vi flytter vekt A til den er i linje med vekt C, en avstand av 10 m, se figur 7.12. Vi måler utslagene for loddsnorene til:

$d_1 = 31$ cm og $d_2 = 32$ cm

Vi flytter så vekt B over i linje med D en avstand på 10 m, se figur 7.13.

Vi måler utslagene til:

$d_1 = 62$ cm og $d_2 = 63$ cm

Vi flytter deretter vektene A og B tilbake til sine utgangsstillinger, se figur 7.14. Vi måler utslagene til:

$d_1 = 0{,}05$ cm og $d_2 = 1$ cm

Vi flytter nå vekt C i linje med A en avstand på 10 m, se figur 7.15. Vi måler utslagene til:

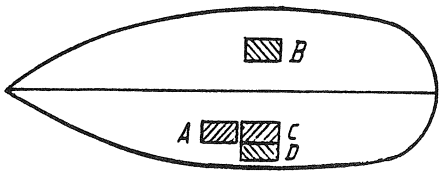
$d_1 = 30$ cm og $d_2 = 31$ cm

Vi flytter vekt D i linje med B en avstand på 10 m, se figur 7.16. Vi måler utslagene til:

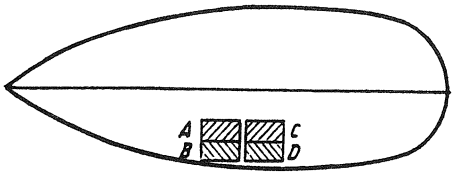
$d_1 = 62$ cm og $d_2 = 61{,}5$ cm

Vi flytter nå vektene C og D tilbake til utgangsstilling, se figur 7.11. Vi måler utslagene til:

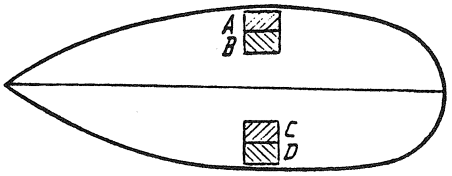
$d_1 = 0$ cm $d_2 = 0{,}05$ cm



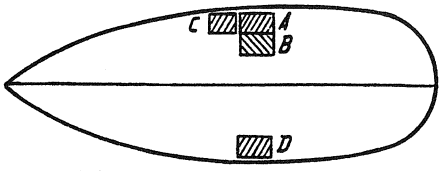
Figur 7.12



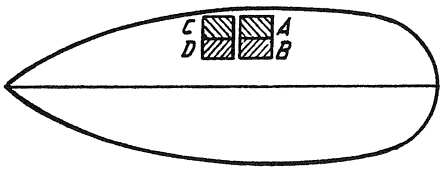
Figur 7.13



Figur 7.14



Figur 7.15



Figur 7.16

Løsning:
Vi lager følgende skjema for beregning:

$$\tan\varnothing = \frac{d}{l}$$

vekt i tonn
a = avstand i m
M = moment i tonnmeter

Vekter	vekt	a	M	Utslag d_1	Utslag d_2	tan $Ø_1$	tan $Ø_2$
A → C	10	10	100	31	32	0,0443	0,0457
B → D	10	10	100	62	63	0,0886	0,0900
(A+B)→0			0	0,05	1,0	0,0004	0,0014
C → A	10	10	100	30	31	0,0429	0,0443
D → B	10	10	100	62	61,5	0,0886	0,0879
(C+D)→0			0	0	0,05	0,0000	0,0000

Vi plotter momenter og tan∅ som vist på figur 7.17.

Vi bestemmer tyngdepunktene i plottene og trekker linjen som her går gjennom origo.

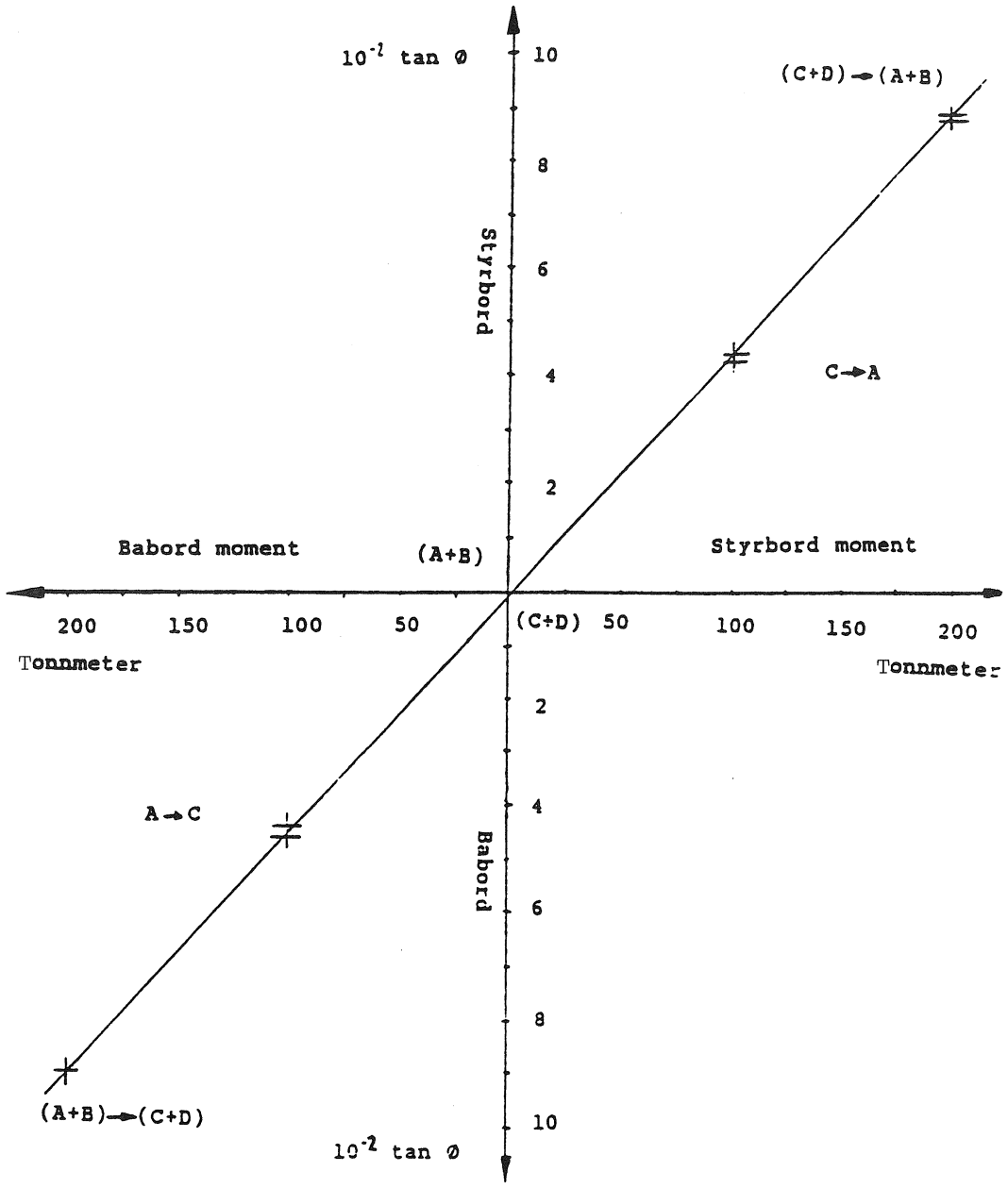
$$GM = \frac{v \cdot a}{\Delta \cdot \tan\varnothing}$$

Det er likegyldig hvilket moment vi velger fra figur 7.17.

Velger vi moment = 100, finner vi tan∅ = 0,044

$$GM = \frac{100}{6000 \cdot 0{,}044} = 0{,}379 \text{ m}$$

$KG = KM - GM = 8{,}00 - 0{,}38 = 7{,}62$ m



Figur 7.17

Krengeprøve som stabilitetskontroll

Skipsføreren er ansvarlig for at skipet er i sjødyktig stand før det forlater havn. Det er viktig at han er sikker på at skipet fyller kravene til stabilitet. Ved beregning av stabilitetskurvene, er det ofte nødvendig å bruke grove antagelser for vekt og plassering over kjølen. Når en skipsfører er usikker på hvordan skipets stabilitet er, bør han utfør en krengeprøve. Kravene til nøyaktighet bør også her være store, men vi kan ikke stille de samme strenge krav til slike prøver som når vi skal bestemme lettskips tyngdepunkt. Vi bruker ofte bare en loddsnor, og ettersom det vanligvis ikke er mulig å ha loddsnoren hengende fra lukekarmen ned i rommet, blir loddsnoren hengt opp i forkant av broen eller i en mast.

Så langt det er mulig må følgende krav være tilfredsstilt:

- stille vær uten vind og strøm
- slakke fortøyninger med tilstrekkelig vann under kjølen
- helst ingen slakke tanker, og dersom noen er slakke, må vi korrigere for dette så langt det er mulig
- skipet bør ligge på rett kjøl før krengeprøven, og alt løst om bord må sikres
- minimum av folk om bord under prøven

Vi må forsikre oss om at vektene har korrekt vekt. Vi bør bruke kran fra land til å sette vektene på plass fremfor å bruke skipets utstyr. Som en kontroll på utslaget, kan vi først flytte vektene over på en side og måle utslaget, og deretter flytte vektene til motsatt side og måle utslaget. Det er svært viktig at skipet ligger helt rett før vi foretar prøven.

Dersom det er stor forskjell på utslagene ved krengning til styrbord og ved krengning til babord, er det et tegn på at det er slakke tanker om bord enten på styrbord eller babord side. Selv om en korrigerer den *KG* vi fant for effekt av fri væskeoverflate, så vil den beregnede *GM* være tilnærmet. Dersom forskjellen i utslag er liten, kan vi bruke gjennomsnittet som endelig utslag, eller vi kan beregne *GM* for begge utslagene og ta gjennomsnittet av disse.

Ligger skipet med litt krengning til styrbord eller babord før prøven, må vi måle hele utslaget av snoren. Da bør vi også måle utslaget når vektene flyttes til motsatt side, slik at vi kan bruke et gjennomsnitt.

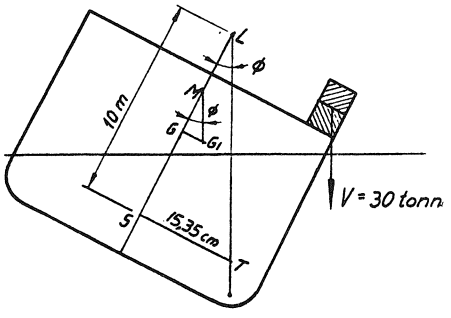
Dersom det er vanskelig å frembringe vekter til krengningsprøven, kan vi bruke skipets ballasttanker. Styrbord og babord tanker bør i utgangspunktet være helt fulle eller helt tomme.

Eksempel 7.2
M/S Linda ligger med middeldypgående 8,17 m. Vi vil foreta en krengningsprøve. Vi plasserer to vekter hver på 15 tonn i en avstand av 8,5 m fra diametralplanet, en på hver side. Skipet ligger rett. Vi flytter den ene vekten over til motsatt side. En loddsnor med lengde 10 meter slår ut 15,45 cm. Vi flytter nå begge vektene til motsatt side, samme avstand. Utslaget måles nå til 15,25 cm. Beregn skipets *KG* etter at vektene er tatt i land, når de har en *vcg* = 13 m.

Løsning:
Fra plansjen leser vi av Δ = 19 250 tonn
+ vekter = 30 tonn
Δ = 19 280 tonn

Gjennomsnittsutslag = (15,45 + 15,25)/2 = 15,35 cm

Det er nyttig å tegne figur, se figur 7.18.



Figur 7.18

$$GM = \frac{v \cdot a \cdot LS}{\Delta \cdot ST} = \frac{15 \cdot 17 \cdot 10}{19\,280 \cdot 0{,}1535} = 0{,}86 \text{ m}$$

KM fra plansje $= 8{,}56$ m

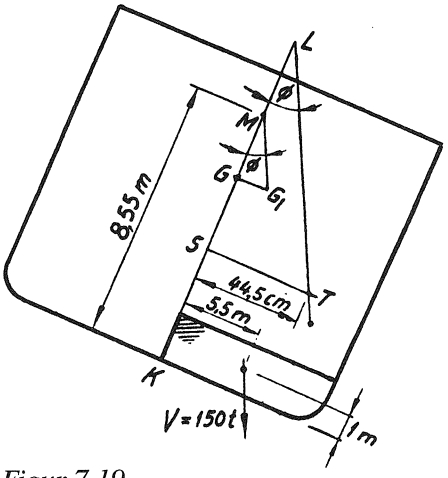
KG med vekter om bord $= 7{,}70$ m

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta - v} = \frac{30 \cdot 5{,}3}{19\,250} = -0{,}01 \text{ m}$$

KG $= 7{,}69$ m

Eksempel 7.3

Et skip har $\Delta = 10\,000$ tonn og $KM = 8{,}55$ m. Vi vil undersøke stabiliteten ved en krengningsprøve. I forkant av broen henger vi opp en 4 m lang loddsnor. Skipet ligger med litt slagside til babord. Styrbord ballasttank nr. 4 blir fylt helt med sjøvann, i alt 150 tonn. Loddsnoren får da et utslag på 44,5 cm fra utgangsstillingen. Tankens tyngdepunkt ligger 5,5 m fra diametralplanet og 1 m over kjølen. Beregn KG og skipets metasenterhøyde etter at tanken er lenset helt tom.



Figur 7.19

Løsning:

$$GM = \frac{v \cdot a \cdot LS}{\Delta \cdot ST} = \frac{150 \cdot 5{,}5 \cdot 4}{10\,150 \cdot 0{,}445} = 0{,}73 \text{ m}$$

KM $= 8{,}55$ m

KG $= 7{,}82$ m

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta - v} = \frac{150 \cdot 6{,}82}{10\,000} = +0{,}10 \text{ m}$$

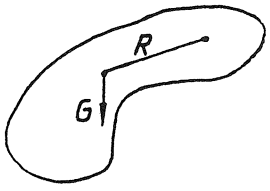
KG $= 7{,}92$ m

$GM = 8{,}55 \text{ m} - 7{,}92 \text{ m}$ $= 0{,}63$ m

Skipets rulleperiode som stabilitetskontroll

Svingetiden for en fysisk pendel er gitt ved:

$$T = \frac{2\pi \cdot \sqrt{I}}{\sqrt{(M \cdot g \cdot R)}}$$



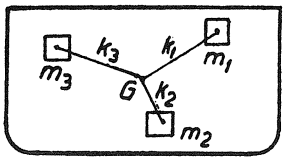
Figur 7.20

I = massetreghetsmoment
M = masse
R = avstand fra rotasjonspunktet til tyngdepunktet, se figur 7.20
g = 9,81 m/s^2

Vi kan sammenlikne et skip med en fysisk pendel. Skipet svinger om metasenteret og $R = GM$.

$$T = \frac{2\pi \cdot \sqrt{I}}{\sqrt{(M \cdot g \cdot GM)}}$$

I = MR^2, der R = gyrasjonsradius
MR^2 = $\sum m_i \cdot k_i^2$, se figur 7.21
m_i = delmasse
k_i = avstand til delmassen fra massesenteret (tyngdepunktet)



Figur 7.21

Innsatt $I = M \cdot R^2$

$$T = \frac{2\pi \cdot \sqrt{MR^2}}{\sqrt{(M \cdot g \cdot GM)}} = \frac{2\pi \cdot R}{\sqrt{(g \cdot GM)}}$$

Rulleperioden, T, er den tiden skipet bruker på å fullføre en fullstendig svingning, fra en ytterstilling til den andre ytterstillingen og tilbake til den opprinnelige ytterstillingen.

Når vektene om bord er plassert langt fra senterlinjen, vil treghetsmomentet bli stort og svingetiden stor. Lasteplasseringen om bord har derfor stor betydning for svingetiden.

Eksempel 7.4
Finn stillevannsperioden for et skip når R = 6 m og GM = 0,5 m.

Løsning:

$$T = \frac{2\pi \cdot R}{\sqrt{(g \cdot GM)}} = \frac{2\pi \cdot 6}{\sqrt{(9{,}81 \cdot 0{,}5)}} = 17 \text{ s}$$

Eksempel 7.5
Et skip med Δ = 10 000 tonn og GM = 0,5 m har en rulleperiode på 20 s.

a) Finn R.
b) Finn ny rulleperiode dersom 50 tonn losses 14 m over skipets tyngdepunkt. Anta samme R som i a.

Løsning:
a)

$$R = \frac{T\sqrt{(g \cdot GM)}}{2\pi} = \frac{20\sqrt{(9{,}81 \cdot 0{,}5)}}{2\pi} = 7 \text{ m}$$

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta - v} = \frac{50 \cdot 14}{10\,000 - 50} = 0{,}07 \text{ m}$$

$$GM = 0{,}5 + 0{,}07 \text{ m} = 0{,}57 \text{ m}$$

b)

$$T = \frac{2\pi \cdot R}{\sqrt{(g \cdot GM)}} = \frac{2\pi \cdot 7}{\sqrt{(9{,}81 \cdot 0{,}57)}} = 18{,}6 \text{ s}$$

Bredden av skipet har stor betydning for svingeperioden.

$$T = \frac{2\pi \cdot R}{\sqrt{(g \cdot GM)}}$$

kan omskrives til:

$$T = \left(\frac{f \cdot B}{\sqrt{GM}}\right)$$

og

$$GM = \left(\frac{f \cdot B}{T}\right)^2$$

f er en konstant som varierer noe med lastetilstanden. Vi kan bestemme f når B, GM og T er kjent.

Vanlige verdier for f er: $0{,}7 < f < 0{,}85$

Formelen ovenfor kalles Weiss'formel. Vi ser at stor T gir liten GM og liten T gir stor GM. Dette stemmer med det vi kjenner fra praksis. Et skip med langsomme bevegelser har dårlig stabilitet (liten GM), og et skip med raske bevegelser har stor stabilitet (stor GM).

Forholdet mellom metasenterhøydene for et og samme skip er omvendt proporsjonal med kvadratet av rulleperiodene:

$$\frac{GM_1}{GM_2} = \frac{T_2^2}{T_1^2}$$

$$GM_2 = \frac{T_1^2 \cdot GM_1}{T_2^2}$$

Måling av rulleperioden på mindre skip kan gi verdifull informasjon om skipets stabilitet.

For mindre skip opptil ca. 70 m, angir IMO følgende verdier for f:

Tomt skip eller skip i ballast $f = 0{,}88$

Skip fullastet med væske i tanker som utgjør følgende prosentdel av dødvekten:

20 %	$f = 0{,}78$
10 %	$f = 0{,}75$
5 %	$f = 0{,}73$

Reketrålere med dobbel bunn	$f = 0{,}95$
Trålere	$f = 0{,}80$

Oppførte verdier er middelverdier som kan variere ± 0,05.

Vi bør ha i tankene at vektplasseringen om bord har betydning for koeffisienten. Når massen ligger langt fra rulleaksen, det vil si langt fra senterlinjen, vil f være større enn når massen er plassert nær aksen.

Vi har følgende tommelfingerregler:

- Koeffisienten for et tomt skip er større enn for et lastet skip.
- Koeffisienten for et skip med mye bunkers og ballast inne (plasseres vanligvis i dobbeltbunnen),vil være større enn for et skip med tomme bunntanker.

Forsøk viser at metoden er usikker når *GM* nærmer seg 0,20 m og lavere. Skipet har da lang rulleperiode, og det indikerer dårlig stabilitet.

Når vi skal måle rulleperioden, bør vi starte i det skipet er i ferd med å rette seg opp fra ytterstillingen, for eksempel fra babord. Skipet svinger over til styrbord og tilbake til babord. Vi stopper tiden når skipet er i ferd med å rette seg opp. Vi bør måle tiden for minst fem slike rullebevegelser ved hjelp av en stoppeklokke.

For å sette skipet i svingebevegelser kan vi bruke forskjellige metoder:
1 Ved å løfte og sette ned en vekt så langt ut mot en av sidene som mulig, med krane fra land eller eget gir. Når skipet er satt i svingninger, må vekten tas i land eller plasseres i senterlinjen.
2 Ved å la folk løpe frem og tilbake tverrskips på mindre fartøyer.
3 Trekke masten over med tau eller lignende.

Når vi starter tidtakingen, må skipet flyte fritt, og den kraften som har satt skipet i bevegelse, må opphøre å virke. Vi må sikre gjenstander som kan svinge eller bevege seg, og redusere fri væskeoverflate til et minimum.

Dersom vi måler rulleperioden i åpent farvann, for eksempel ved å sette skipet i rullebevegelse ved hjelp av roret, må vi reduserer den beregnede *GM*.

Har vi målt rulleperioden i bølger, må vi betrakte resultatet som svært tilnærmet. I slike tilfeller bør vi velge intervall når sjøens bevegelser er minst mulig.

Eksempel 7.6

a) Et skip med bredde B = 14 m måler rulleperioden til 15 s. Vi antar at $f = 0{,}8$. Beregn *GM*.

Løsning:

$$GM = \left(\frac{f \cdot B}{T}\right)^2 = \left(\frac{0{,}8 \cdot 14}{15}\right)^2 = 0{,}56 \text{ m}$$

b) Skipet losser en del last, og vi måler nå rulleperioden til 13 s. Beregn ny *GM*.

Løsning:

$$GM_2 = \frac{T_1^2 \cdot GM_1}{T_2^2} = \frac{15^2 \cdot 0{,}56}{13^2} = 0{,}74 \text{ m eller}$$

$$GM_2 = \left(\frac{f \cdot B}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{0{,}8 \cdot 14}{13}\right)^2 = 0{,}74 \text{ m}$$

Isdannelse

For skip som seiler i farvann der det er fare for isdannelse, må vi ta hensyn til den reduserende effekten isen har på stabiliteten om bord. Ved stabilitetsberegning anbefales følgende:

Anta 30 kg is per m^2 på utsatt værdekk og gangveier.

Anta 7,5 kg is per m^2 projisert sideareal på hver side av fartøyet som ligger over vannflaten.

Projisert sideareal av avbrutte flater, bommer, rigg og mindre gjenstander skal tas med i beregningen ved å øke det totale projiserte sideareal med 5 %. Det statiske momentet av dette areal skal økes med 10 %.

Skip som trafikkerer isfarvann, skal være bygd slik at isdannelsen blir minst mulig, og de skal være utstyrt med midler for å fjerne is. Slike midler kan være elektriske eller luftdrevne. Skipet bør også ha spesialredskap som økser treklubber o.l. for å fjerne is fra skott, rekke og støtter.

Arbeidsoppgaver

1 Et skip har Δ = 9000 tonn og *KM* = 6,30 m. Vi vil foreta en krengeprøve for å kontrollere stabiliteten. To vekter, hver på 10 tonn, blir plassert en på hver side av skipet. Skipet ligger da rett. Vi flytter den ene vekten over til motsatt side en avstand på 15 m. En 8 m lang loddsnor opphengt i skipets diametralplan, får et utslag på 20 cm. Beregn skipets *KG* etter at vekten er tatt i land. Vektens *vcg* = 10 m.

2 M/S Linda ligger lastet til middeldypgående 8,85 m. For å kontrollere stabiliteten blir en vekt på 20 tonn plassert med krane på styrbord side 8 m fra senterlinjen. Skipet krenger da 1,2°. Beregn skipets *KG*. Vektens *vcg* = 13,5 m.

3 M/S Linda har middeldypgående 8,6 m. En vekt på 10 tonn plasseres midtskips. Den blir flyttet 9 m til styrbord. En 12 m lang loddsnor får et utslag på 0,15 m. Vekten flyttes deretter til babord samme avstand fra senterlinjen. Utslaget måles nå til 0,18 m. Beregn skipets *KG*. Vektens *vcg* = 13,5 m.

4 M/S Linda ligger ferdiglastet med middeldypgående 7,82 m og *KG* = 7,82 m. Vi får spørsmål om å ta om bord et tungløft på 240 tonn som skal plasseres på dekk. Før vi tar tungløftet om bord, vil vi kontrollere stabiliteten ved å foreta en krengeprøve. Ved hjelp av kran fra land, blir en vekt på 25 tonn satt på babord side av dekk 7 m fra senterlinjen (*vcg* = 12,5 m). Skipet ligger rett før vekten tas om bord. En loddsnor 10 m lang får et utslag på 0,12 m.
   a) Beregn skipets *GM* etter at vekten er tatt i land.
   b) Tungløftet blir satt på styrbord side av dekket 7,0 m fra senterlinjen og med *vcg* = 14,0 m. Beregn hvor mye skipet vil krenge etter at løftet er satt på dekk.
   c) For å rette skipet fyller vi ballast i bunntank nr. 4 babord. Tyngdepunktets avstand fra senterlinjen er 5,0 m. Beregn krengning og *KG* etter fylling.

5 Et skip med bredde 13 m har i lastet tilstand bestemt konstanten *f* til 0,80. Rulleperioden blir målt til 12,5 s.
   a) Bestem skipets *GM*.
   b) Etter lossing blir rulleperioden målt til 11 s. Bestem ny *GM*.

6 (Eksamen vår 94)
M/S Mercadian Importer er underveis, og er lettlastet med dypgående 3,5 m *even*. Den har en del vanntette småcontainere som dekkslast, og rulleperioden blir målt til 14,7 s. Skipets rullefaktor er 0,8, og skipet har ikke last på lukene.

a) Hva er skipets GM_0 og KG?
Skipet kommer ut for kraftig sidesjø slik at noen containere forskyves og blokkerer avløpet. Dette fører til at overvannet ikke får avløp og blir stående 0,60 m over dekk. Dekkets midlere lengde er 50 m, bredden er 12 m og lukenes areal er totalt 300 m^2 slik at det resterende dekksarealet er 300 m^2. På grunn av de store lukene blir dekksarealets tverrskips treghetsmoment (I) redusert til 3600 m^4, og vi regner med at bare 30% av dekksarealet er fylt med sjøvann (permeabilitet 0,30).

b) Hva er skipets korrigerte KG og GM_0 med dette vannet på dekk?

c) Beregn og tegn GZ-kurven. Vurder hvordan skipet vil ligge i sjøen, og hvordan det vil oppføre seg i sjøgang.

7 (Eksamen høst 1993)
M/S Mercadian Importer er i august måned på reise fra Kristiansand til Bergen. Skipet har fulle lasterom med stykkgods, og et parti dekkslast. Det har mye dødvekttonn til rådighet. Rundt Lindesnes har det vært vestlig kuling med mye sjøsprøyt og overvann på dekk, og vi antar at dekkslasten har trukket vann. Etter gjentatte målinger av rulleperioden, finner vi denne til å være 16,5 s. Skipets rullefaktor settes til 0,8.

a) Hvilken metasenterhøyde har skipet nå?

Ved avgang Kristiansand ble GZ-kurven beregnet med GM_0 = 0,45 m. GZ-verdiene ble:
GZ v/10° = 0,07 m
GZ v/20° = 0,19 m
GZ v/30° = 0,34 m
GZ v/45° = 0,38 m
GZ v/60° = 0,16 m
GZ v/75° = – 0,23 m

b) Har skipets tyngdepunkt (*vcg*) endret seg og eventuelt hvor mye?

c) Beregn og tegn stabilitetskurven for den aktuelle situasjonen. Etter å ha rundet Lista forventer vi tunge dønninger fra vest, og vi vil forbedre stabiliteten.

d) Forklar hvordan du vil gjøre dette, og hvilke faremomenter du må være oppmerksom på.

8 Trim

Trim er forskjellen i dypgående forut og akter. Dypgående refereres vanligvis til perpendikulærene, se figur 8.1.

Dypgående forut ved forre perpendikulær har betegnelsen T_F.

Dypgående akter ved aktre perpendikulær har betegnelsen T_A.

$$\text{Middelgående} = \frac{T_F + T_A}{2}$$

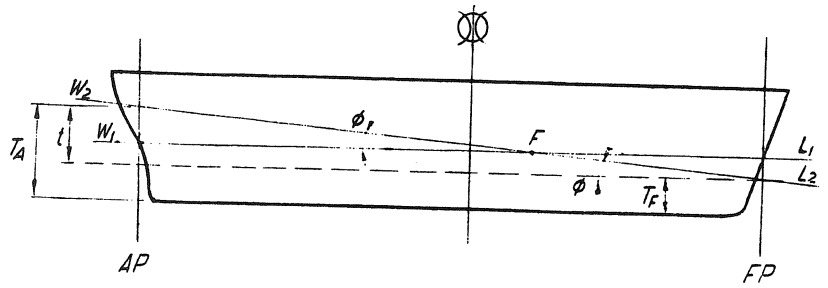
Dersom vi leser av dypgående i en avstand fra perpendikulærene, må vi korrigere avlesningen.

trim = t
$t = T_F - T_A$

Vi regner trimmen med fortegn. Når $T_F > T_A$, er t positiv, og det angir forlig trim.

Når $T_A > T_F$, er t negativ, og det angir akterlig trim.

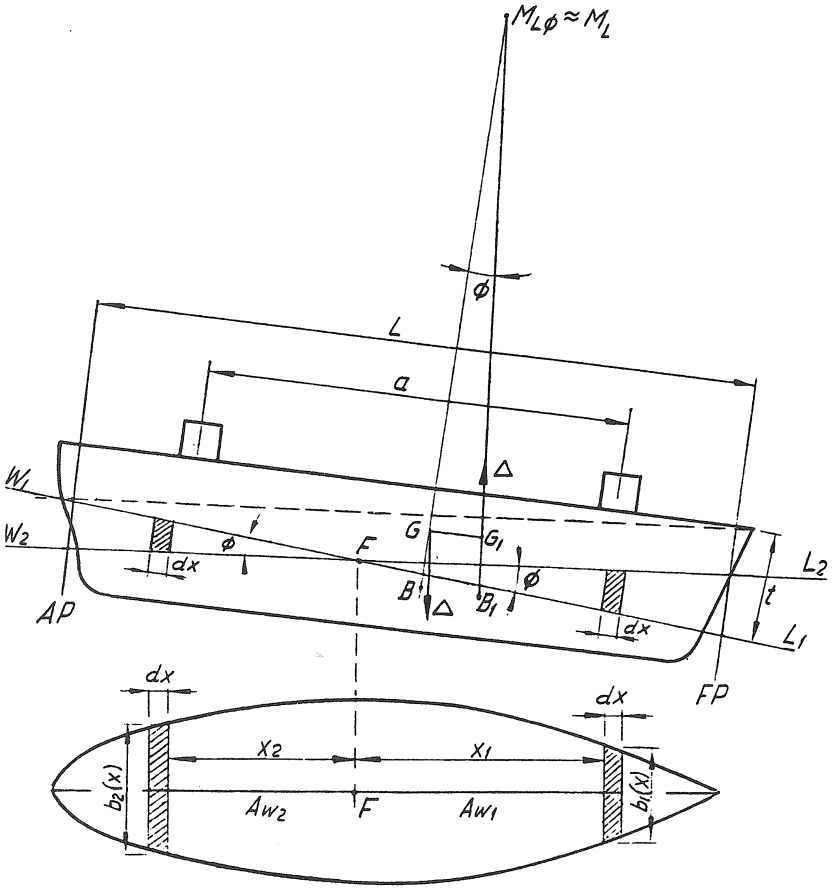
$$\text{Trimvinkelen} = \frac{T_F - T_A}{L} \quad \left(\text{eller } \varnothing = \frac{T_A - T_F}{L}\right)$$



Figur 8.1

W_1L_1 = vannlinje før trim
W_2L_2 = vannlinje etter trim

La oss anta at skipet på figur 8.2 flyter til vannlinjen W_1L_1. Oppdriftssenteret, B, og skipets tyngdepunkt, G, ligger da på en rett linje. La oss videre anta at vi flytter en vekt, v, fra akterskipet til forskipet en avstand a.



Figur 8.2

Skipet vil gå ned forut og opp akter. Deplasementet er det samme siden det ikke har tatt ombord vekter. Det betyr at skipet trimmer med konstant deplasement. Volumet av de to kilene må være like store.

$$dA = b(x) \cdot dx$$

$$dV = b(x) \cdot x \cdot \varnothing \cdot dx$$

$$\int_{AW2} b_2(x) \cdot x_2 \cdot \varnothing \cdot dx = \int_{AW1} b_1(x) \cdot x_1 \cdot \varnothing \cdot dx$$

$$\varnothing \int_{AW2} b_2(x) \cdot x_2 \cdot dx = \varnothing \int_{AW1} b_1(x) \cdot x_1 \cdot dx$$

$$\int_{AW2} b_2(x) \cdot x_2 \cdot dx = \int_{AW1} b_1(x) \cdot x_1 \cdot dx$$

$$\int x_2 \cdot dA_{W2} = \int x_1 \cdot dA_{W1}$$

Tyngdepunktsatsen for arealet (på integralform) gir samme verdi forenfor og aktenfor *F*. Det betyr at skipet trimmer om vannlinjeplanets tyngdepunkt, *F*, og at gammel og ny vannlinje skjærer hverandre i *F*.

Oppdriftskraftens angrepslinje før og etter trimming, skjærer hverandre i $M_{L\varnothing}$. Grenseverdien når $\varnothing \rightarrow 0$, blir kalt langskipsmetasenteret, M_L.

$$M_L = \lim_{\varnothing \rightarrow 0} M_{L\varnothing}$$

For vanlige trimvinkler vil $M_L \approx M_{L\varnothing} \approx$ konstant.

Oppdriftssenteret ligger i B_1 etter trimendringen.Tyngdepunktsatsen gir (forutsatt liten $\varnothing$):

$$\nabla \cdot BB_1 = \int_{A_W} dV \cdot x = \int_{A_W} b(x) \cdot x \cdot \varnothing \cdot dx \cdot x$$

$$\nabla \cdot BB_1 = \int_{A_W} x^2 \cdot b(x) \cdot dx \cdot \varnothing$$

$$\nabla \cdot BB_1 = \varnothing \int_{A_W} x^2 \cdot b(x) \cdot dx$$

Integralet $\int_{A_W} x^2 \cdot b(x) \cdot dx$ er arealtreghetsmomentet I_L om F.

Vi kan sette (se avsnitt om tverrskipsmetasenter):

$$\nabla \cdot BB_1 = \varnothing \cdot I_L$$

$$BB_1 = \frac{\varnothing \cdot I_L}{\nabla}$$

Ettersom $\varnothing$ er liten, kan vi sette:

$$\frac{BB_1}{BM_L} = \varnothing$$

$$BB_1 = BM_L \cdot \varnothing$$

$$BM_L \cdot \varnothing = \frac{\varnothing \cdot I_L}{\nabla}$$

$$BM_L = \frac{I_L}{\nabla}$$

For et rektangulært vannlinjeplan er

$$I_L = \frac{B \cdot L^3}{12}$$

og

$$BM_L = \frac{B \cdot L^3}{12 \cdot \nabla}$$

Enhetstrimmomentet

For et skip vil avstanden fra oppdriftssenteret til langskipsmetasenteret være svært stor i forhold til avstanden fra oppdriftssenteret til skipets tyngdepunkt. Vi kan derfor sette:

$$GM_L \approx BM_L = \frac{I_L}{\nabla}$$

Ved flytting av vekten v fra akterskipet til forskipet, vil tyngdepunktet flytte seg til G_1.

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta}$$

Av figur 8.2 ser vi at $GG_1 = GM_L \cdot \tan\varnothing$.

$$GM_L \cdot \tan\varnothing = \frac{v \cdot a}{\Delta}$$

$$\tan\varnothing = \frac{v \cdot a}{\Delta \cdot GM_L}$$

Vi har

$$\tan\varnothing = \frac{t}{L}$$

$$\frac{t}{L} = \frac{v \cdot a}{\Delta \cdot GM_L}$$

$$t = \frac{v \cdot a \cdot L}{\Delta \cdot GM_L}$$

$v \cdot a$ er trimmomentet, *TM*.

$$t = \frac{TM \cdot L}{\Delta \cdot GM_L}$$

Dersom vi nå antar at trimmen forandrer seg 1 cm = 1/100 m, kaller vi trimmomentet for «momentet for å forandre trimmen 1 cm», og vi bruker betegnelsen *MTC*.

$$t = \frac{MTC \cdot L}{\Delta \cdot GM_L}$$

$$\frac{1}{100} = \frac{MTC \cdot L}{\Delta \cdot GM_L}$$

$$MTC = \frac{\Delta \cdot GM_L}{100 \cdot L}$$

Enheten for *MTC* er tonnmeter/cm.

Innfører vi $GM_L = \frac{I_L}{\nabla}$ får vi:

$$MTC = \frac{\Delta \cdot I_L}{100 \cdot \nabla \cdot L} = \frac{\nabla \cdot \rho \cdot I_L}{100 \cdot \nabla \cdot L}$$

$$MTC = \frac{\rho \cdot I_L}{100 \cdot L} = \frac{0{,}01 \cdot \rho \cdot I_L}{L}$$

Dersom trimmomentet er gitt, finner vi trimmen ved:

$$t = \frac{TM}{MTC}$$

Trimfordeling

Avstanden fra nullkryss til F betegner vi med LCF (longitudional centre of flotation).

Fra figur 8.2 kan vi sette opp følgende proporsjon:

$$\frac{t}{L} = \frac{t_F}{L/2 + LCF} = \frac{t_A}{L/2 - LCF}$$

$$t_F = \frac{t(L/2 + LCF)}{L} \quad (t_F = \text{forlig trim})$$

$$t_A = \frac{t(L/2 - LCF)}{L} \quad (t_A = \text{akterlig trim})$$

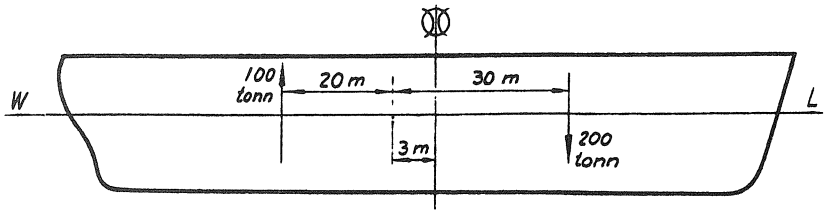
I dette tilfellet ligger F aktenfor nullkrysset og trimforandring forut vil være størst, men når F ligger foran nullkrysset vil forholdet være omvendt. Vi kan sette

$$\text{trim til fordeling} = \frac{t(L/2 \pm LCF)}{L}$$

Vi får to verdier. Den minste verdien blir brukt på den siden av nullkrysset der F ligger.

Eksempel 8.1
Et 100 m langt skip (L_{pp}) har dypgående forut 3,30 m og dypgående akter 3,80 m. Flotasjonssenteret er 3 m aktenfor nullkrysset. MTC = 200 tonnm/cm og TPC = 12 tonn/cm. Deplasementet er 4000 tonn. Skipet laster 200 tonn 30 m forut for F og losser 100 tonn 20 m aktenfor F. Finn ny dypgående. Vi antar at flotasjonssenterets posisjon er uforandret etter lasting.

Løsning:
Vi tegner en skisse, se figur 8.3.



Figur 8.3

$$\text{Skipet synker ned} = \frac{\text{vekt}}{TPC}$$

Laster	200 tonn
Losser	100 tonn
Netto vekt	100 tonn

Skipet synker rett ned

$$s = \frac{\text{vekt}}{TPC} = \frac{100}{12} = 8{,}3 \text{ cm} = 0{,}083 \text{ m}$$

Alle avstander regnes fra F.

Momentberegning:
Avstander forut for F er positive, og avstander aktenfor F er negative. Forlig trimmoment har positivt fortegn (+), og akterlig trimmoment har negativt fortegnet (–).

Vekt	avstand fra F	Moment
200	30	6000
– 100	– 20	2000
	Trimmoment	8000

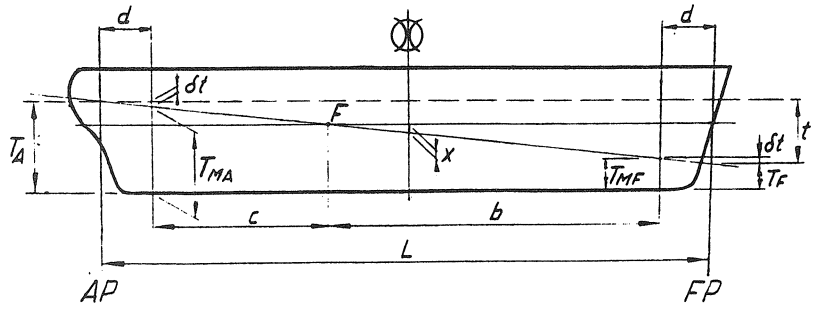
$$\text{Forlig trim} = \frac{\text{Trimmoment}}{MTC} = \frac{8000}{200} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Trim til fordeling} = \frac{t(L/2 \pm LCF)}{L} = \frac{40(50 \pm 3)}{100} = \begin{matrix} 21{,}3 \text{ cm} \\ 18{,}8 \text{ cm} \end{matrix}$$

T_F = 3,300 m	T_A = 3,80 m
s = 0,083 m	s = 0,083 m
T_F = 3,383 m	T_A = 3,883 m
t_F = 0,212 m	t_A = – 0,188 m
T_F = 3,595 m	T_A = 3,695 m

Korreksjoner på grunn av trim

Skipet trimmer om flotasjonssenteret, og dypgående her vil ikke forandre seg med trimmen. Alle andre steder langs skipet vil dypgående forandre seg med trimmen inkludert middeldypgående ved nullkrysset. Skipets deplasement er beregnet uten trim, og hydrostatiske data for skipet er oppført uten trim. Dypgående som referer til lasteskalaen, kaller vi referansedypgående eller skaladypgående, T_R. Når skipet har trim, må vi beregne hvilket dypgående det vil ha uten trim for å ta ut korrekt deplasement, se figur 8.4.



Figur 8.4

Ved formlike trekanter finner vi:

$$\frac{x}{LCF} = \frac{t}{L}$$

$$x = \frac{\pm\, t \cdot LCF}{L}$$

der x = trimkorreksjonen

Vi må her regne både trim og *LCF* med fortegn ettersom korreksjonen kan være både positiv og negativ.

Fortegnet på trimmen beregnes som før:

$t_F = +$
$t_A = -$

Fortegnet for *LCF* er positivt (+) når *F* ligger forut for nullkrysset.
Fortegnet for *LCF* er negativt (-) når *LCF* ligger aktenfor nullkrysset.

Dersom vi tar ut deplasementet for middeldypgående, kan vi korrigere deplasementet ved å multiplisere x med *TPC*.

$$\delta\Delta = \frac{\pm t \cdot LCF \cdot TPC}{L}$$

$\delta\Delta$ = deplasementkorreksjonen

Fortegnsregler som ovenfor.

Korreksjoner når fotmerkene ikke er ved perpendikulærene

Metoden med formlike triangler kan brukes til å beregne dypgående og forandring i dypgående ved fotmerker som svært sjelden er satt av ved perpendikulærene.

Fra figur 8.4 får vi:

$$\text{Forandring i dypgående ved fotmerkene forut} = \frac{b \cdot t}{L}$$

$$\text{Forandring i dypgående ved fotmerkene akter} = \frac{c \cdot t}{L}$$

Dypgående ved fotmerkene forut = T_{MF}
Dypgående ved fotmerkene akter = T_{MA}

Avstanden fra perpendikulærene til fotmerkene har betegnelsen d og blir bestemt ut fra skipets linjetegning. Vanligvis er fotmerkene forut plassert aktenfor forre perpendikulær og fotmerkene akter plassert forenfor aktre perpendikulær. Formlike trekanter gir oss:

$$T_{MF} = T_F - \frac{t \cdot d}{L}$$

$$T_{MA} = T_A + \frac{t \cdot d}{L}$$

t regnes med fortegn.

Leser vi av dypgående ved fotmerkene og vil finne dypgående ved perpendikulærene, får vi, idet tilsynelatende trim = t_S:

$$T_F = T_{MF} + \frac{t_s \cdot d}{(b + c)}$$

$$T_A = T_{MA} - \frac{t_s \cdot d}{(b + c)}$$

t_s regnes med fortegn.

Vi har i disse formlene antatt at $\tan\varnothing = \frac{t}{L}$

Når trimmen ikke refererer til perpendikulærene, men til fotmerkene får vi, se figur 8.4:

$$\tan\varnothing = \frac{T_{MF} - T_{MA}}{b + c} = \frac{t_s}{b + c}$$

og $t_s = \frac{t(b + c)}{L}$

Tilsvarende for trim referert til perpendikulærene når tilsynelatende trim er kjent:

$$t = \frac{t_s \cdot L}{(b + c)}$$

Det er vanlig å sette opp korreksjoner for å finne dypgående ved perpendikulærene i tabeller eller i diagrammer. I beregninger skal vi alltid bruke dypgående og trim referert til perpendikulærene. For normale skip er korreksjonene små og av mindre betydning.

Eksempel 8.2
For et skip er det gitt følgende tabell med korreksjoner. Korreksjonene skal brukes på avlest dypgående forut og akter for å finne korrekt dypgående ved perpendikulærene:

Korreksjoner i millimeter

Tilsynelatende akterlig trim	0,0 m	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	3,0 m
Korreksjon F	0,0	– 3	– 5	– 8	– 11	– 16
Korreksjon A	0,0	35	70	105	140	210

Ved forlig trim motsatt fortegn.

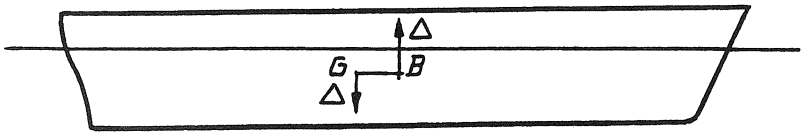
Avlest dypgående ved fotmerkene:
forut = 7,85 m
akter = 9,65 m

Beregn korrekt trim og dypgående ved perpendikulærene.

Løsning:
$t_S = 7{,}85 - 9{,}65 = -1{,}80$ m
$T_F = 7{,}85 - 0{,}01 = 7{,}84$ m
$T_A = 9{,}65 + 0{,}13 = 9{,}78$ m
$t = T_F - T_A = 7{,}84 - 9{,}78 = -1{,}93$ m

Trimberegning ved BG-metoden

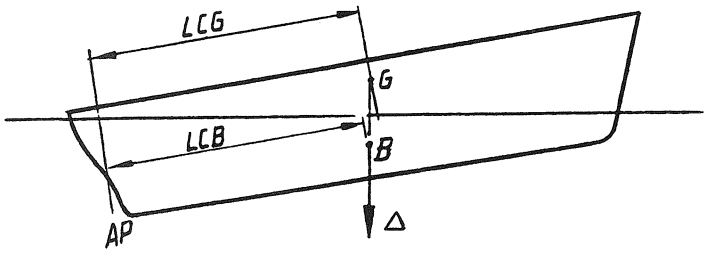
BG-metoden går i korthet ut på at vi bestemmer skipets tyngdepunkt i langskipsretning etter lasting/lossing. Med det nye deplasementet tar vi ut *B*s posisjon for *even keel*. Dersom *B* og *G* ikke ligger på en rett linje, vil det oppstå et trimmoment, se figur 8.5 a.



Figur 8.5 a

$$TM = \Delta \cdot BG$$

Skipet vil trimme inntil *B* og *G* ligger på samme loddlinje, men vi må her være oppmerksom på at når trimmen er stor vil *LCB* og *LCG* ikke være like store ettersom disse avstandene blir regnet fra *AP* som står loddrett på basis linjen, se figurene 8.5 b. Ved akterlig trim er *LCG* > *LCB*, og ved forlig trim er *LCG* < *LCB*. BG-metoden slik vi bruker den, tar ikke hensyn til disse forholdene. Ved store trimforskjeller kan feilen bli betydelig.



Figur 8.5 b

Trimmen beregnes av:

$$t = \frac{TM}{MTC}$$

Vi tar ut MTC for ny vannlinje *even keel*.
Fra før har vi

$$BG = \frac{TM}{\Delta}$$

$$TM = t \cdot MTC = BG \cdot \Delta = \Delta \cdot (LCG - LCB)$$

$$BG = \frac{t \cdot MTC}{\Delta}$$

$$t = \frac{BG \cdot \Delta}{MTC}$$

Eksempel 8.3
M/S Linda har dypgående $T_F = 7{,}80$ m og $T_A = 8{,}20$ m. Beregn trimmomentet.

Løsning:
T_F = 7,20 m
T_A = 8,20 m $T_M = 8{,}00$m

t = – 0,40 m = – 40 cm Fra skala, MTC = 260 tm/cm

$TM = t \cdot \text{MTC} = -40 \cdot 260 = -10\,400$ tm (akterlig)

Framgangsmåte ved beregning av trim med BG-metoden

Vi vil her beregne avstander og momenter om aktre perpendikulær, men vi kunne like gjerne ha regnet om nullkrysset eller andre punkter.

1 Vi bestemmer skaladypgående og trimmen som skipet har før lasting/lossing.
2 Vi tar ut Δ, *MTC* og *LCB for even keel.*
3 Vi bestemmer tyngdepunktet for *G* ved:

$$BG = \frac{t \cdot MTC}{\Delta} \text{ (regner med fortegn)}$$

$LCG = LCB - BG$

Dersom *B* er unøyaktig, vil også *G* bli unøyaktig. Ved momentberegning blir unøyaktigheten multiplisert med deplasementet.
4 Vi beregner nytt Δ og tar ut *MTC*, *LCB* og *LCF* for *even keel.*
5 Vi beregner oppdriftsmomentet = $-\Delta \cdot LCB$.
6 Vi beregner trimmomentet:
TM = sum vektmomenter – oppdriftsmoment
7 Vi beregner trimmen:

$$t = \frac{TM}{MTC}$$

Ettersom *MTC* er tatt ut for *even keel*, vil beregningen bli unøyaktig ved stor trim.
8 Vi beregner dypgående ut fra avlest skaladypgående og trim til fordeling.

Skjema for beregning av trim ved BG-metoden (uten korreksjoner):

T_F =	m			
T_A =	m	T_M =		m
t =	m	Δ_1 =		tonn
=	cm	MTC_1 =		tm/cm
		LBC_1 =		m
$BG = \frac{t \cdot MTC_1}{\Delta_1}$ =				m
LCG =				m

Momentberegning:

Sted	Vekt(t)	Lcg(m)	ML(tm)
Δ	Δ_1	LCG	Moment
$Last_1$	v_1	Lcg_1	$Moment_1$
$Last_2$	v_2	Lcg_2	$Moment_2$
osv.			
Δ_2			$\Sigma ML =$
	– Oppdriftsmoment = $-\Delta_2 \cdot LCB_2$		=
			TM =
			$t = \frac{TM}{MTC_2}$

T_M = m
MTC_2 = m
LCB_2 = m
LCF = m

trim til fordeling = $\frac{t \cdot (L/2 \pm LCF)}{L}$

T_M =	m	T_M =	m
t_F =	m	t_A =	m
T_F =	m	T_A =	m

Eksempel 8.4
M/S Linda har dypgående T_F = 5,10 m og T_A = 6,15 m. Følgende laster blir tatt ombord:

Rom 1 : 1000 tonn
Rom 2 : 1300 tonn
Rom 3 : 800 tonn
Rom 4 : 1000 tonn
Rom 5 : 1500 tonn
Rom 5 : 1500 tonn

Lasten er plassert i de respektive rommenes tyngdepunkt. Beregn dypgående etter lasting. Vi ser bort fra trimkorreksjon i dette eksemplet.

Løsning:

T_F = 5,10 m

T_A = 6,15 m $\quad T_M$ = 5,63 m

t = – 1,05 m $\quad \Delta$ = 12 700 tonn

= – 105 cm $\quad MTC$ = 204,5 tm/cm

LBC_1 = 76,71 m

$$BG = \frac{t \cdot MTC_1}{\Delta_1} = \frac{-105 \cdot 204{,}5}{12\,700} = 1{,}69 \text{ m}$$

LCG = 75,02 m

Sted	Vekt(t)	Lcg(m)	ML(tm)
Δ	12 700	75,02	952 754
Rom 1	1 000	128,32	128 320
Rom 2	1 300	111,43	144 859
Rom 3	800	93,88	75 104
Rom 4	1 000	76,29	76 290
Rom 5	1 500	58,73	88 095
Rom 6	1 500	41,09	61 635
Δ_2	19 800	ΣML =	1527 057
– Oppdriftsmoment = $-\Delta_2 \cdot LCB$ = – 19 800 · 76,01 =			– 1504 998
			TM = 22 059

$$t = \frac{TM}{MTC_2} = \frac{22\,059}{268} = 82{,}3 \text{ cm}$$

T_M = 8,38 m
MTC = 268 tm/cm
LCB = 76,01 m
LCF = – 2,10 m

Trim til fordeling

$$= \frac{t \cdot (L/2 \pm LCF)}{L} = \frac{82{,}3 \cdot (74{,}68 \pm 2{,}10)}{149{,}35} = \begin{matrix} 42{,}3 \text{ cm} \\ 40{,}0 \text{ cm} \end{matrix}$$

T_M =	8,38 m	T_M =	8,38 m
t_F =	+ 0,42 m	t_A =	– 0,40 m
T_F =	8,80 m	T_A =	7,98 m

Brakkvannskorreksjoner

Når tettheten av vannet endres vil skipets deplasementvolum, ∇, bli endret. Vektdeplasementet, Δ, vil være konstant.

De hydrostatiske størrelsene Δ, *TPC* og *MTC* er beregnet ut fra tettheten for sjøvann = 1,025 t/m^3. Forutsetter vi konstant dypgående og tar ut disse størrelsene ved en annen tetthet, må de korrigeres til sjøvannets tetthet. La oss betrakte dette forholdet nærmere.

$$\Delta = \rho \int_{t=0}^{T} A_W(t) \cdot dt = 1{,}025 \int_{t=0}^{T} A_W(t) \cdot dt$$

$$MTC = \frac{0{,}01 \cdot I_L \cdot \rho}{L} = \frac{0{,}01 \cdot I_L \cdot 1{,}025}{L}$$

$$TPC = 0{,}01 \cdot A_W \cdot \rho = 0{,}01 \cdot A_W \cdot 1{,}025$$

Ved konstant dypgående er det proporsjonalitet mellom de størrelsene vi tar ut fra lasteskala og vannets tetthet. Vi ser uten videre at ved å dividere med 1,025 og multiplisere med tettheten av vannet skipet flyter i, finner vi de korrekte verdiene.

Dersom skipet ligger i brakkvann, og vi leser av størrelsene på lasteskala for saltvann, kan vi finne tilsvarende verdier i brakkvann av:

$$\Delta = \frac{\Delta_{Avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$$

$$TPC = \frac{TPC_{Avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$$

$$MTC = \frac{MTC_{Avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$$

Indeksen *avlest* angir at størrelsen er tatt ut ved det dypgående skipet har ved den aktuelle tettheten. Formlene for Δ og *TPC* er eksakte, mens formelen for *MTC* er tilnærmet. Bevis for formlene er gitt i appendikset bak i boka.

Korreksjon for dypgående ved endring av tetthet

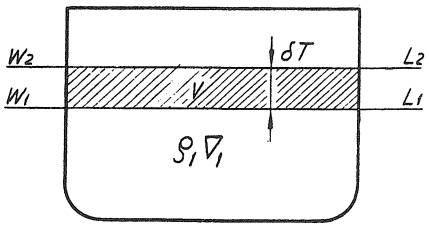
Vi skal finne et uttrykk for hvordan skipets dypgående endres når vannets tetthet endres, se figur 8.6.

Skipet flyter i saltvann til vannlinje W_1L_1.

$\Delta_1 = \rho_1 \cdot \nabla_1$

Når tettheten avtar til ρ_2, vil skipet flyte til vannlinje W_2L_2. Dypgående øker med δT og volumet øker med v.

$\nabla_2 = \nabla_1 + v$



Figur 8.6

Vektballanse gir:

$$(\nabla_1 + v) \cdot \rho_2 = \nabla_1 \cdot \rho_1$$

$$\nabla_1 \cdot \rho_2 + v \cdot \rho_2 = \nabla_1 \cdot \rho_1$$

$$v \cdot \rho_2 = \nabla_1(\rho_1 - \rho_2)$$

Her er $v \cdot \rho_2$ = vekt av vannlaget mellom de to vannlinjene. Ettersom tykkelsen er liten, kan vi med god tilnærming sette

$$v \cdot \rho_2 = \delta T \cdot TPC_2$$

der δT er avstanden mellom vannlinjene og TPC_2 er angitt for tetthet ρ_2.

Når tettheten er ρ_1, er

$$TPC_1 = \frac{A_{W1} \cdot \rho_1}{100}$$

TPC endres når tettheten endres. Avstanden mellom vannlinjeplanene er liten, og vi kan med god tilnærming anta at

$$A_{W2} \approx A_{W1}$$

$$TPC_2 \approx \frac{A_{W1} \cdot \rho_2}{100}$$

$$\frac{TPC_2}{TPC_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

$$TPC_2 = \frac{TPC_1 \cdot \rho_2}{\rho_1}$$

Vi får videre:

$$\delta T = \frac{TPC_1 \cdot \rho_2}{\rho_1} = \nabla_1(\rho_1 - \rho_2)$$

$$\delta T = \frac{\nabla_1 \cdot \rho_1(\rho_1 - \rho_2)}{TPC_1 \cdot \rho_2} = \frac{\Delta_1(\rho_1 - \rho_2)}{TPC_1 \cdot \rho_2}$$

Vi kan med god tilnærming sette $TPC_1 \cdot \rho_2 = TPC_1$. Ved at vi sløyfer indeksene og setter $\Delta_1 = \Delta$, $TPC_1 = TPC$, $\rho_1 = 1{,}025$ og $\rho_2 = \rho$, får vi

$$\delta T = \frac{\Delta(1{,}025 - \rho)}{TPC}$$

Dersom skipet flyter til lastemerket og h er avstanden mellom salt- og ferskvannsmerket, kan vi sette:

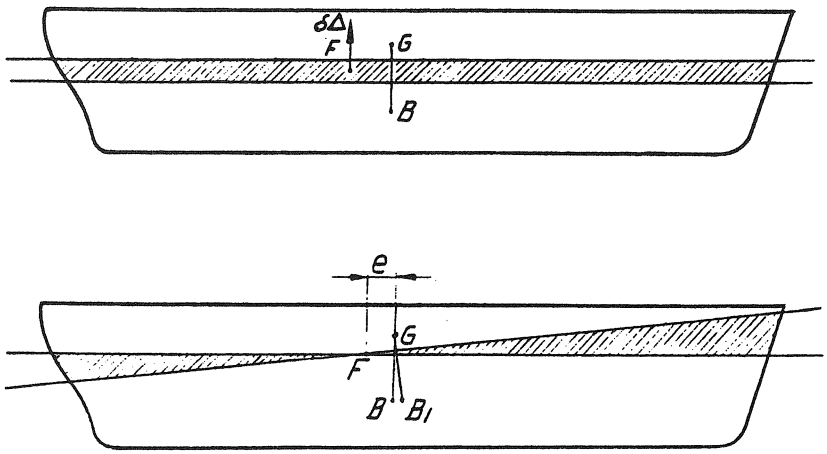
$$\frac{\delta T}{h} = \frac{\Delta(1{,}025 - \rho)}{TPC} / \frac{\Delta(1{,}025 - 1)}{TPC}$$

$$\delta T = \frac{h(1{,}025 - \rho)}{0{,}025}$$

Virkningen på trim ved overgang saltvann/brakkvann

For en bestemt lastetilstand ligger skipets tyngdepunkt, *G*, på samme sted uavhengig av trimforandring. Posisjonen til oppdriftssenteret, *B*, varierer med dypgående og trim. Vi har tidligere studert endringen av skipets dypgående ved endringer i vannets tetthet. Vi har da antatt at skipet går rett opp eller ned. Dette vil sjelden være tilfelle. Vi vil her anta at skipet går fra et sted med stor tetthet til et sted med mindre tetthet. Skipet vil da synke ned slik at undervannsvolumet øker og kompenserer for den tapte oppdriften som følge av mindre tetthet. Den tapte oppdriften angriper i skipets flotasjonssenter, F. Før nedsynkingen, angrep oppdriftskraften i oppdriftssenteret, *B*, som ligger på linje med skipets tyngdepunkt, *G*.

Det vil oppstå et moment som vil trimme skipet om F inntil det nye oppdriftssentertet, B_1, ligger på linje med *G* vinkelrett på ny vannlinje, se figur 8.7. De to volumkilene vil da være like store. Aktre kile representerer tapt oppdrift, og kilen forut representerer vunnet oppdrift. Oppdriftskraften som er den samme som før nedsynkning, angriper nå i B_1.



Figur 8.7

Vekten av tapt oppdrift er

$$\delta\Delta = \nabla_1(\rho_1 - \rho_2)$$

eller

$$\delta\Delta = \delta T \cdot TPC$$

Indeks 1 angir saltvann.
Indeks 2 angir brakkvann.

Trimmomentet er gitt:

$$TM = \nabla_1(\rho_1 - \rho_2) \cdot e$$

eller

$$TM = \delta T \cdot TPC \cdot e$$

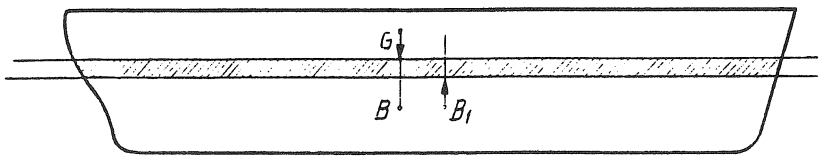
der e = avstanden mellom F og B.

Vi finner da trimmen:

$$t = \frac{TM}{MTC}$$

Dersom *F* ligger aktenfor *B* ved overgangen fra saltvann til brakkvann, vil skipet trimme forover og akterover ved overgangen fra brakkvann til saltvann.

Bruker vi BG-metoden ved trimberegning, kan det være en fordel å betrakte trimendringen ved endring i *Bs* posisjon før og etter trimming, se figur 8.8.



Figur 8.8

Trimendringen er beregnet av:

$$t = \frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC}$$

Eksempel 8.5
M/S Linda har dypgående T_F = 8,55 m og T_A = 8,45 m i saltvann. Det skal inn til en havn hvor tettheten er 1,010 t/m^3. Beregn nytt dypgående.

Løsning:

T_F	=	8,55 m		
T_A	=	8,45 m	T_M =	8,50 m
t	=	0,10 m	Δ =	20 150 t
	=	10 cm	LCB_1 =	75,99 m
			TPC_1 =	27,3 t/cm

$$\delta T = \frac{\Delta(1{,}025 - \rho)}{TPC} = \frac{20\,150 \cdot (1{,}025 - 1{,}010)}{27{,}3} = 11 \text{ cm} = 0{,}11 \text{ m}$$

T_M = 8,50

T_{M2} = 8,61 m

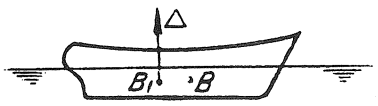
LCB_2 = 75,96 m
MTC_2 = 273 tm/cm
LCF_2 = – 2,30 m

BG-metoden:

$$BB_1 = LCB_1 - LCB_2 = 75{,}99 - 75{,}96 \text{ m} = 0{,}03 \text{ m}$$

$$t = \frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC_2} = \frac{0{,}03 \cdot 20\,150}{273} = 2{,}2 \text{ cm}$$

Figur 8.9 viser at dette gir forlig trim.

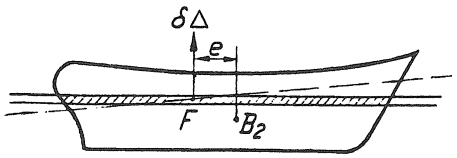


Figur 8.9

Vi fordeler trimmen likt forut og akter.

T_F =	8,55 m	T_A =	8,45 m
δT	0,11 m	T	0,11 m
t_F =	0,01 m	t_A =	– 0,01 m
T_F =	8,67 m	T_A =	8,55 m

Flotasjonsmetoden, se figur 8.10:



Figur 8.10

$e = LCB_2 - (L/2 + LCF_2) = 75{,}96 - (74{,}68 - 2{,}30) = 3{,}58$ m

$\delta\Delta = \delta T \cdot TPC = 11 \cdot 27{,}3 = 300{,}3$ t

$$t = \frac{TM}{MTC_2} = \frac{\delta\Delta \cdot e}{MTC_2} = \frac{300{,}3 \cdot 3{,}58}{273} = 3{,}94 \text{ cm}$$

Vi fordeler trimmen likt forut og akter.

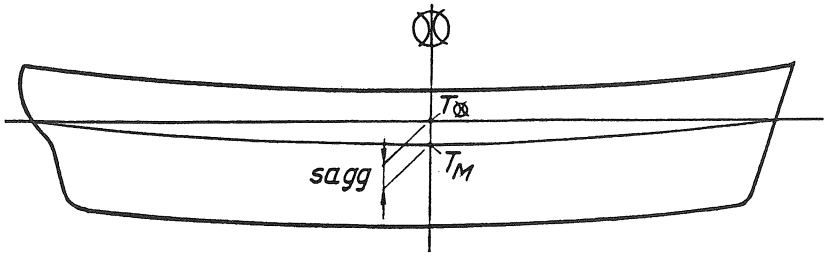
T_F =	8,55 m	T_A =	8,45 m
δT	0,11 m	T	0,11 m
t_F =	0,02 m	t_A =	– 0,02 m
T_F =	8,68 m	T_A =	8,54 m

Trimmen ble her noe forskjellig. Vi kan anta at dette skyldes unøyaktigheter. Spesielt kan vi merke oss at ved BG-metoden blir en eventuell feil multiplisert med deplasementet. Ved flotasjonsmetoden beregner vi trimmen ved tapt oppdrift, slik at unøyaktighetene ikke gir så store utslag.

Skrogbøyning

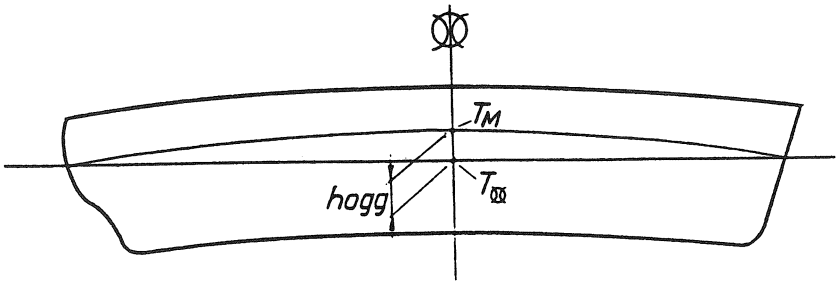
Fordeling av last i skipet fører til at det oppstår skjærkrefter og bøyemomenter på skroget.

Lite last i endene og mye last på midten fører til at skipet får *sagg*, se figur 8.11.



Figur 8.11

Mye last i endene og lite last på midten fører til at skipet får *hogg*, se figur 8.12.



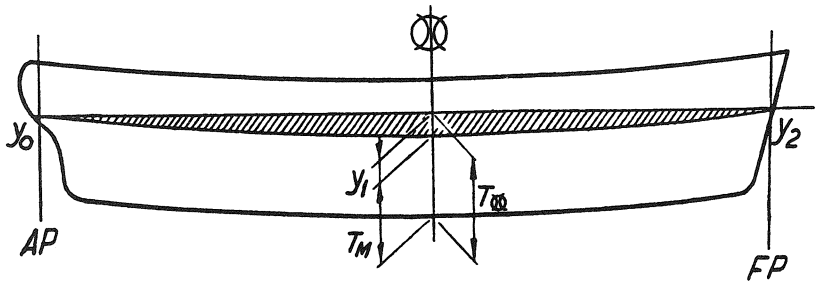
Figur 8.12

For å bestemme hogg-/saggtilstanden beregner vi middeldypgående av avlest dypgående forut og akter og sammenlikner med avlest dypgående midtskips T_{midt} .

Vi har sagg når $T_{\text{midt}} > T_M$ og hogg når $T_{\text{midt}} < T_M$.

For å ta ut riktig deplasement må vi anvende en korreksjon som tar hensyn til skrogbøyningen.

Vi antar nå at skrogbøyningen følger en parabelkurve. For et kasseformet skip kan vi beregne volumet som skrogbøyningen utgjør ved hjelp av Simpsons formel, se figur 8.13.



Figur 8.13

Vi velger tre ordinater og $a = L/2$.

$$\text{Areal} = \frac{a}{3}(y_0 + 4y_1 + y_2)$$

$$\text{Areal} = \frac{L/2}{3}(0 + 4y_1 + 0) = \frac{L \cdot 4y_1}{2 \cdot 3} = \frac{2}{3}L \cdot y_1$$

For sagg får vi $y_1 = T_{\text{midt}} - T_M$

$$\text{Areal} = \frac{2}{3}L(T_{\text{midt}} - T_M)$$

$$\text{Tilleggsvolum på grunn av sagg} = \frac{2}{3}L \cdot B(T_{\text{midt}} - T_M)$$

$$\text{der } T_{\text{midt}} = \frac{T_{\text{midt stb}} + T_{\text{midt bb}}}{2}$$

Vi får tilsvarende formel for hogg.

Vi ser at vi kan finne korrekt volum ved å ta ut deplasementet for:

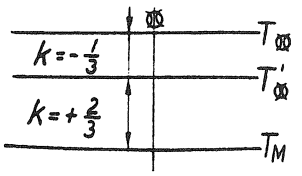
$T'_{\text{Ø}} = T_M + k(T_{\text{Ø}} - T_M)$

$T'_{\text{Ø}}$ = korrigert dypgående på grunn av skrogbøyning, vi regner med fortegn for størrelsene i parentesen, se figur 8.14.

k = en konstant
For et kasseformet skip er k = 2/3.

Dersom vi bruker korreksjonen på $T_{\text{Ø}}$, blir k = 1/3, se figur 8.14.

$$T'_{\text{Ø}} = T_{\text{Ø}} - \frac{1}{3}(T_{\text{Ø}} - T_M)$$



Figur 8.14

Forskjellige verdier blir brukt for k. Anvendt på $T_{\text{Ø}}$, har k = 1/3 vært mest benyttet. Det er sjelden at et skip blir bøyd etter en parabelkurve. Bøyningen er ofte ujevnt fordelt over skipets lengde, og k = 1/4 kan være en mer korrekt verdi. I de videre eksemplene vil vi bruke k = 1/4.

$$T'_{\text{Ø}} = T_{\text{Ø}} - \frac{1}{4}(T_{\text{Ø}} - T_M)$$

Dersom vi ønsker å finne tillegg eller fradrag i deplasementet i stedet for å gå inn med korrigert dypgående, får vi:

$$\delta\Delta = \frac{-(T_{\text{Ø}} - T_M) \cdot TPC}{4}$$

Om vi ønsker det, kan vi finne $T'_{\text{Ø}}$ direkte fra avlest dypgående forut, akter og midtskips.

$$T'_{\text{Ø}} = T_{\text{Ø}} - \frac{1}{4}\left(T_{\text{Ø}} - \frac{T_F + T_A}{2}\right)$$

$$T'_{\text{Ø}} = T_{\text{Ø}} - \frac{2T_{\text{Ø}} - T_F - T_A}{8}$$

$$T'_{\text{Ø}} = \frac{8T_{\text{Ø}} - 2T_{\text{Ø}} + T_F + T_A}{8}$$

$$T'_{\text{Ø}} = \frac{T_F + 6T_{\text{Ø}} + T_A}{8}$$

Ved k = 1/3 finner vi tilsvarende:

$$T'_{\text{Ø}} = \frac{T_F + 4T_{\text{Ø}} + T_A}{6}$$

Eksempel 8.6
M/S Linda har dypgående T_F = 7,00 m og T_A = 9,00 m. Dypgående midtskips: $T_{\text{⌀ stb}}$ = 8,10 m og $T_{\text{⌀ bb}}$ = 8,20 m. Beregn korrekt deplasement.

Løsning:

$$T_M = \frac{T_F + T_A}{2} = \frac{7{,}0 + 9{,}0}{2} = \underline{8{,}0 \text{ m}}$$

$$T'_{⌀} = \frac{T_{\text{⌀ stb}} + T_{\text{⌀ bb}}}{2} = \frac{8{,}10 + 8{,}20}{2} = 8{,}15 \text{ m}$$

$$\text{Sagg} = -\frac{T_{⌀} - T_M}{4} = -\frac{8{,}10 - 8{,}20}{4} = \underline{-0{,}04 \text{ m}}$$

$$T_{⌀} = \underline{8{,}11 \text{ m}}$$

eller

$$T'_{⌀} = \frac{T_F + 6T_{⌀} + T_A}{8} = \frac{7{,}0 + 6 \cdot 8{,}15 + 9{,}0}{8} = 8{,}11 \text{ m}$$

Korrekt deplasement = 19 090 tonn

Sammensatte beregninger

Vi har i sett at vi må bruke flere rettelser på dypgående for å finne referansedypgående (skaladypgående). Det kan være en fordel å bruke et beregningsskjema som tar hensyn til alle aktuelle korreksjoner.

Beregningsskjema for å beregne korrekt deplasement

T_F = m
T_A = m
t = m
= cm

$T_M = \frac{T_F + T_A}{2}$ = m

$T_{⌀} = \frac{T_{\text{⌀ stb}} + T_{\text{⌀ bb}}}{2}$ = m

− +
Sagg/hogg = m

$T_{⌀}$ = m

− +
Sagg/hogg = m
4

$T'_{⌀}$ = m LCF = m

trimkorr. $= \frac{t \cdot LCF}{L}$ = m (regner med fortegn)

T_R = m

eller

$$T'_{\text{M}} = \frac{T_F + 6T_{\text{M}} + T_A}{8} = \quad \text{m}$$

$$\text{trimkorr.} = \frac{t \cdot LCF}{L} = \quad \text{m} \quad \text{(regner med fortegn)}$$

$$T_R = \quad \text{m}$$

Δ_{avlest} = tonn

Vi tar ut *TPC*, *LCB* og *MTC* for dette dypgående.

Dersom dypgående er avlest i brakkvann med tetthet ρ, finner vi korrekt deplasement:

$$\Delta = \frac{\Delta_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$$

Vi kan også finne korrekt deplasement ved å anvende korreksjonen for brakkvann:

$$\delta T = \frac{(1{,}025 - \rho) \cdot \Delta}{TPC}$$

Eksempel 8.7
M/S Linda ligger i en havn med tetthet 1,005 t/m^3. Avlest dypgående er: T_F = 7,00 m, T_A = 9,00 m, $T_{\text{M stb}}$ = 8,10 m og $T_{\text{M bb}}$ = 8,20 m

Beregn korrekt deplasement.

Løsning:

T_F = 7,00 m
T_A = 9,00 m
t = – 2,00 m = – 200 cm

T_M = 8,00 m

$T_{\text{M}} = \frac{8{,}10 + 8{,}20}{2}$ = – 8,15 m

Sagg = – 0,15 m

T_{M} = 8,15 m

Sagg/4 = $\frac{-0{,}15}{4}$ = – 0,04 m

T'_{M} = 8,11 m LCF = – 1,80 m

t. korr = $\frac{t \cdot LCF}{L} = \frac{-2{,}0 \cdot (-1{,}80)}{149{,}35}$ = 0,02 m

T_R = 8,13 m

Δ_{avlest} = 19 150 tonn i brakkvann

$$\Delta = \frac{\Delta_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025} = \frac{19\,150 \cdot 1{,}005}{1{,}025} = 18\,776 \text{ tonn}$$

Å beregne dypgående ut fra kjent deplasement

Når deplasementet er kjent er også T_R kjent. Dersom skipet ligger i en havn der vannets tetthet er ρ, kan vi beregne brakkvannskorreksjon, trimkorreksjon og skrogbøyning som vist tidligere.

Beregningsskjema for å beregne dypgående ut fra kjent deplasement.

a) Fra sjøvann til brakkvann – beregn trim i sjøvann.

Δ =	tonn									
T_R	=		m, LCB =		m, LCF =		m,		MTC =	tm/cm
$\frac{t \cdot LCF}{L}$	=		m	(motsatt fortegn)						
$T'_{\text{⌀}}$	=		m		$T'_{\text{⌀}}$ =		m		$T'_{\text{⌀}}$ =	m
trim/2	=	±	m		trim/2 =	±	m			
T'_F	=		m		T'_A =		m		$T'_{\text{⌀}}$ =	m
$\frac{- \quad +}{\text{Sagg/Hogg} \cdot 3}{4}$			m		$\frac{- \quad +}{\text{Sagg/Hogg} \cdot 3}{4}$		m		$\frac{+ \quad -}{\text{Sagg/Hogg}}{4}$	m
T_F	=		m		T_A =		m		$T_{\text{⌀}}$ =	m
$\frac{+(1{,}025 - \rho)\Delta}{TPC}$			m		$\frac{+(1{,}025 - \rho)\Delta}{TPC}$		m		$\frac{+(1{,}025 - \rho)\Delta}{TPC}$	m
$T'_{F\rho}$	=		m		$T'_{A\rho}$ =		m		$T_{\text{⌀}\rho}$ =	m
$\frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC \cdot 2}$	±		m	$\frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC \cdot 2}$		±	m			
$T_{F\rho}$	=		m		$T_{A\rho}$ =		m		$T_{\text{⌀}\rho}$ =	m

$BB_1 = LCB$ for $T_R - LCB$ for $T_{R\rho}$

Indeksen ρ angir at størrelsene refererer til brakkvann av tetthet ρ.

b) Fra brakkvann til sjøvann – beregn trim i brakkvann.

$\Delta =$ tonn

$T_R =$ m, $LCB =$ m

$$\Delta_{avlest} = \frac{\Delta \cdot 1{,}025}{\rho}$$

$T_{R\rho}$ = m, LCB_ρ = m, LCF_ρ = m, MTC_ρ = tm/cm

$\frac{t \cdot LCF}{L}$ = m (motsatt vei)

$T'_{\text{⌀}}$ = m	$T'_{\text{⌀}\rho}$ = m	$T'_{\text{⌀}\rho}$ = m
t/2 = ± m	t/2 = ± m	
$T'_{F\rho}$ = m	$T'_{A\rho}$ = m	$T'_{\text{⌀}\rho}$ = m
$\frac{-\ +}{\text{Sagg/Hogg} \cdot 3}{4}$ m	$\frac{-\ +}{\text{Sagg/Hogg} \cdot 3}{4}$ m	$\frac{+\ -}{\text{Sagg/Hogg}}{4}$ m
$T_{F\rho}$ = m	$T_{A\rho}$ = m	$T_{\text{⌀}}$ = m
$\frac{(1{,}025 - \rho) \cdot \Delta}{TPC}$ m	$\frac{(1{,}025 - \rho) \cdot \Delta}{TPC}$ m	$\frac{(1{,}025 - \rho) \cdot \Delta}{TPC}$ m
T'_F = m	T'_A = m	$T_{\text{⌀}}$ = m
$\frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC \cdot 2}$ = m	$\frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC \cdot 2}$ = m	
T_F = m	T_A = m	$T_{\text{⌀}}$ = m

$BB_1 = LCB$ for T_R $- LCB$ for $T_{R\rho}$

Eksempel 8.8
M/S Linda skal ankomme en havn der tettheten er 1,000. Skipet har akterlig trim = 2 m, og vi antar at det har en hogg på 0,10 m. Deplasementet er 20 000 tonn. Beregn dypgående ved ankomst.

Løsning:
$T_R = 8{,}45$ m, $LCB = 76{,}00$ m, $LCF = -2{,}15$ m, $MTC = 270$ tm/cm

$$\text{t.korr.} = \frac{-2{,}0 \cdot (-2{,}15)}{149{,}35} = 0{,}03 \text{ m}$$

T_R = 8,45 m

t.korr. = – 0,03 m (motsatt fortegn)

$T'_{\text{⌀}}$ = 8,42 m	$T'_{\text{⌀}}$ = 8,42 m	$T'_{\text{⌀}}$ = 8,42 m
t/2 = – 1,00 m	t/2 = 1,00 m	
T'_F = 7,42 m	T'_A = 9,42 m	$T'_{\text{⌀}}$ = 8,42 m
$\frac{3 \cdot \text{Hogg}}{4} = \frac{3 \cdot 0{,}10}{4}$ = 0,08 m	$\frac{3 \cdot 0{,}10}{4}$ = 0,08 m	$\frac{0{,}10}{4}$ = – 0,03 m
T_F = 7,50 m	T_A = 9,50 m	$T_{\text{⌀}}$ = 8,39 m

Brakkvannskorr.	=	0,18 m		=	0,18 m		0,18 m
$T'_{F\rho}$	=	7,68 m	$T'_{A\rho}$	=	9,68 m	$T_{\text{M}\rho}$	= 8,57 m
$\frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC \cdot 2}$	=	0,02 m		=	– 0,02 m		
$T_{F\rho}$	=	7,70 m	$T_{A\rho}$	=	9,66 m	$T_{\text{M}\rho}$	= 8,57 m

$$\text{Brakkvannskorr.} = \frac{(1{,}025 - \rho) \cdot \Delta}{TPC}$$

$$\text{Brakkvannskorr.} = \frac{(1{,}025 - 1{,}0) \cdot 20\,000}{27{,}25} = 18 \text{ cm} = 0{,}18 \text{ m}$$

$T_R = 8{,}45 \text{ m} + 0{,}18 \text{ m} = 8{,}63 \text{ m}$ $LCB = 75{,}95$ m, $\text{MTC} = \frac{273{,}1 \cdot 1{,}00}{1{,}025} = 266{,}4$ tm/cm

$BB_1 = 76{,}00 - 75{,}95 \text{ m} = 0{,}05 \text{ m}$

$$\frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC \cdot 2} = \frac{0{,}05 \cdot 20\,000}{266{,}4 \cdot 2} = 1{,}88 \text{ cm} \approx 0{,}02 \text{ m}$$

Eksempel 8.9
M/S Linda ligger i en havn der tettheten er 1,005 t/m^3. Skipet har 1,4 m akterlig trim og en sagg på 0,15 m. Deplasementet er 21 100 tonn. Beregn dypgående i brakkvann og i sjøvann.

Løsning:
$\Delta = 21\,100$ tonn

$T_R = 8{,}85$ m, LCB = 75,89 m, TPC = 27,6 t/m, MTC = 277,5 tm/cm

$$\Delta_{\text{avlest}} = \frac{\Delta \cdot 1{,}025}{\rho} = \frac{21\,000 \cdot 1{,}025}{1{,}005} = 21\,520 \text{ t}$$

$T_{R\rho}$ = 9,00 m LCB_ρ = 75,86 m, LCF_ρ = – 2,65 m

MTC = 280,2 · 1,005/1,025 = 274,2 tm/cm

t. korr.	=	– 0,02 m (motsatt fortegn)					
$T'_{\text{M}\rho}$	=	8,98 m			t. korr. $= \frac{(-1{,}4) \cdot (-2{,}65)}{149{,}35}$	=	0,02 m
t/2	=	± 0,70 m					
$T'_{F\rho}$	=	8,28 m	$T'_{A\rho}$	=	9,68 m	$T'_{\text{M}\rho}$	= 8,98 m
$\frac{3 \cdot \text{Sagg}}{4}$	=	– 0,11 m			– 0,11 m	$\frac{\text{Sagg}}{4}$	= 0,04 m
$T_{F\rho}$	=	8,17 m	$T_{A\rho}$	=	9,57 m	$T_{\text{M}\rho}$	= 9,02 m
Brakkvannskorr.	=	– 0,15 m		=	– 0,15 m	=	– 0,15 m
T_F	=	8,02 m	T_A	=	9,42 m	T_{M}	= 8,87 m
$\frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC \cdot 2}$	=	– 0,01 m		=	0,01 m		
T_F	=	8,01 m	T_A	=	9,43 m	T_{M}	= 8,87 m

$$\frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC \cdot 2} = \frac{0{,}02 \cdot 21\,000}{277{,}5 \cdot 2 \cdot 100} = 0{,}01 \text{ m}$$

Brakkvannskorr. = $T_{R\rho} - T_R = 9{,}00 - 8{,}85 = 0{,}15$ m

Beregningsskjema for trim og stabilitet

De hydrostatiske data for et skip er gitt for saltvann. Når skipet ligger i brakkvann må vi, som tidligere vist, korrigere for den saltgehalt vannet har. Når det gjelder trimberegning har vi ofte regnet som om skipet flyter i saltvann, selv om det ligger i brakkvann. Her vil vi imidlertid beregne trimmen ut fra den saltgehalten vannet har, ettersom skipet trimmer i det vannet det flyter og ikke i saltvann. Det kan være nyttig å sette opp et beregningsskjema som viser metodikken.

Vi beregner først korrekt deplasement ut fra det dypgående skipet har.

T_F =	m		
T_A =	m	$T_M = \frac{T_F + T_A}{2}$ =	m
t =	m		
=	cm		
		$T_{\text{⌀}} = \frac{T_{\text{⌀ stb}} + T_{\text{⌀ bb}}}{2}$ = −	m
		− + Sagg/hogg =	m
$T_{\text{⌀}}$	= m		
− + Sagg/hogg / 4	= m	LCF =	m
$T'_{\text{⌀}}$	= m		
t. korr. = $\frac{t \cdot LCF}{L}$	= m		
T_R	= m	$\Delta = \frac{\Delta_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$	
LCB	= m		
$BG = \frac{t \cdot MTC}{\Delta}$	m	$MTC = \frac{MTC_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$	
LCG	= m		

eller

$T'_{\text{⌀}} = \frac{T_F + 6T_{\text{⌀}} + T_A}{8}$	=	m
t.korr. = $\frac{t \cdot LCF}{L}$	=	m
T_R	=	m

Momentberegning

Vekter som vi antar at forblir uforandret, setter vi først i skjemaet. Vekter som vi bruker til å endre trim/stabilitet, fører vi opp særskilt slik at kontrollregningen blir lettere. Vi tar utgangspunkt i at skipet ligger i brakkvann. Ligger skipet i sjøvann, vil brakkvannskorreksjonen falle bort.

Sted	Vekt (t)	Vcg (m)	MT (tm)	Lcg (m)	ML (tm)
Δ før last/loss		KG	+	LCG	
Lasting	+		+		+
Lossing	–		–		–
Tanker/osv.	+/–				
Δ_1		ΣMT_1		ΣML_1	
Varierende vekter	+/–				
Δ etter lasting		ΣMT		ΣML	
Oppdriftsmoment = $-\Delta \cdot LCB_\rho$				= –	
				TM	

$$\Delta_{avlest} = \frac{\Delta \cdot 1{,}025}{\rho}$$

$T_{R\rho}$ = m

LCB = m

LCF = m

$$MTC = \frac{MTC_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$$

$$KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \text{m} \qquad t = \frac{TM}{MTC} = \text{m}$$

$$GG_2 = \frac{\Sigma I \cdot \rho}{\Delta} = \text{m}$$

$KG_{korrigert}$ = m

$T_{R\rho}$ = m

t.korr. = m (anvendes med motsatt fortegn)

$T'_{\rho\rho}$ = m $\quad t.korr. = \frac{t \cdot LCF}{L}$

$t/2$ = +/– m

$T'_{F\rho}$		$T'_{A\rho}$		$T'_{\rho\rho}$	
	m	=	m	=	m
– +		– +		+ –	
Sagg/Hogg 3/4		Sagg/Hogg 3/4		Sagg/Hogg 1/4	
$T_{F\rho}$ =	m	$T_{A\rho}$ =	m	$T_{\rho\rho}$ =	m

Dersom vi vil beregne dypgang i sjøvann, bruker vi brakkvannskorreksjon og korreksjon for BB_1.

Kurver og tabeller for trimberegning

For å lette trimberegning ved lasting/lossing av mindre kvanta kan vi utarbeide kurver eller tabeller. Prinsippet for konstruksjon av slike kurver/tabeller er at vi plasserer en vekt i flotasjonssenteret (vanligvis 100 tonn). Skipet går da rett ned:

$$s = \frac{v}{TPC} \quad \text{(cm)}$$

Så flytter vi vekten en avstand a. Skipet endrer dermed trim:

$$t = \frac{v \cdot a}{MTC}$$

Kurven/tabellen er bare riktig for det dypgående den er konstruert for.

Eksempel 8.10
Konstruer kurve for trimberegning for M/S Linda når middeldypgående er 6,05 m.

Løsning:
Fra plansjen tar vi ut $\Delta = 13\,500$ tonn, $MTC = 210$ tm/cm, $TPC = 25$ t/cm og $\text{Ø}F = +1{,}25$ m.

Vi tegner opp lengden av skipet (149 m) i en bestemt målestokk, her 1 m = 1 mm. Vi regner alle avstander fra A_{pp}.

Trimskalaen settes av ved F_{pp} og ved A_{pp}, se figur 8.15.

Vi merker av F i avstanden 74,5 + 1,25 = 75,75 m fra A_{pp}. Vi velger vekten = 100 tonn.

Skipet går rett ned:

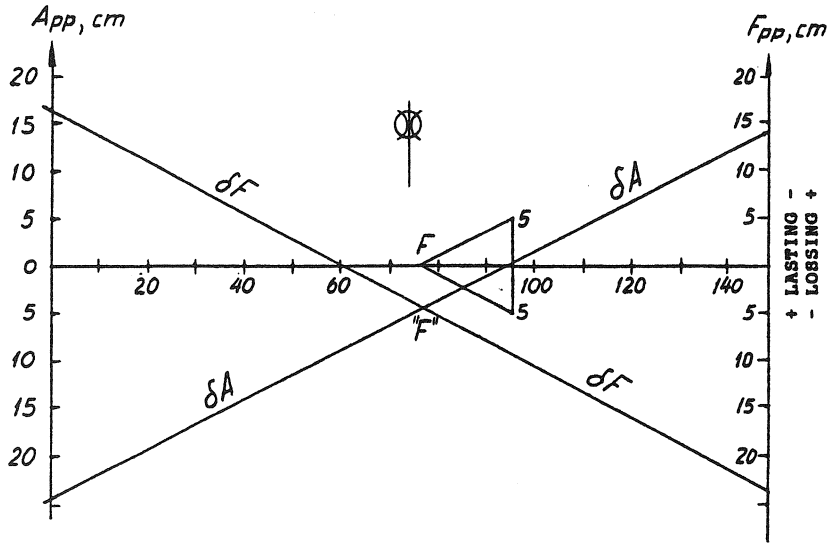
$$s = \frac{100}{25} = 4 \text{ cm}$$

Vi merker av punktet «F» som er det punktet skipet trimmer om ved dette dypgående.

$$\text{Trimendring} = \frac{v \cdot a}{MTC} = \frac{100 \cdot 21}{210} = 10 \text{ cm}$$

Vi har her valgt $a = 21$ m fra F, slik at trimendringen blir 10 cm (avstand fra $A_{pp} = 74{,}50 + 1{,}25 + 21 = 96{,}75$ m).

I avstanden 96,75 cm fra A_{pp} retter vi opp normaler og setter av halve trimendringen (5 cm) oppover og nedover. Vi trekker hjelpelinjer fra F til skjæring med normalene. Disse hjelpelinjene forskyves til «F» og forlenges til de skjærer F_{pp} og A_{pp}. Vi setter av trimskala.



Figur 8.15

δF = endring av dypgående forut ved lasting av 100 tonn
δA = endring av dypgående akter ved lasting av 100 tonn

Vi setter av fortegn for lasting og lossing for de to linjene.

Eksempel 8.11
M/S Linda har middeldypgående 6,0 m. Beregn endring i dypgang ved lasting av 250 tonn i avstand 120 m fra A_{pp}

Løsning:
Fra kurven finner vi endring per 100 tonn. For å finne endringene for 250 tonn multipliserer vi de verdiene vi tar ut med 2,5.

$\delta A = -6{,}5 \cdot 2{,}5 = -16{,}25$ cm
$\delta F = +16 \cdot 2{,}5 = 40{,}00$ cm

Eksempel 8.12
M/S Linda har dypgående forut 5,80 m og akter 6,20 m.

Skipet laster:
Rom nr. 2: 500 tonn
Rom nr. 5: 500 tonn

Det losser:
Rom nr. 1: 200 tonn
Rom nr. 3: 200 tonn

Beregn dypgående etter lasting/lossing.

Løsning:
TM = 6,00 m, og vi kan bruke figur 8.15. Vi setter av *Lcg* for rommene og tar ut δF og δA. Oppsetting i tabell vil lette arbeidet:

Sted	Vekt	*Lcg*	δA(cm)	δF(cm)
Rom 1	− 200	128,32	8,5 · 2 = 17	− 18,0 · 2 = − 36
Rom 2	500	111,43	− 4,5 · 5 = − 22,5	13,5 · 5 = 67,5
Rom 3	− 200	93,88	0 · 2 = 0	− 8,5 · 2 = − 17
Rom 5	500	58,73	9,0 · 5 = 45	− 0,5 · 5 = − 2,5
			$\Sigma\delta A$ = 39,5	$\Sigma\delta F$ = 12,0
			= 0,40 m	= 0,12 m

T_F	= 5,80 m	T_A =	6,20 m
$\Sigma\delta F$	= 0,12 m	$\Sigma\delta A$ =	0,40 m
T_F	= 5,92 m	T_A =	6,60 m

Tabeller

Kurvene kan settes opp i tabeller for forskjellige dypgående. En slik tabell er utarbeidet for M/S Linda for dypgående 3,0 m, 6,0 m og 9 m, se figur 8.16. For mellomliggende dypgående kan vi interpolere.

Eksempel 8.13
Løs oppgaven i eksempel 8.12 ved hjelp av tabellen på figur 8.16.

Løsning:

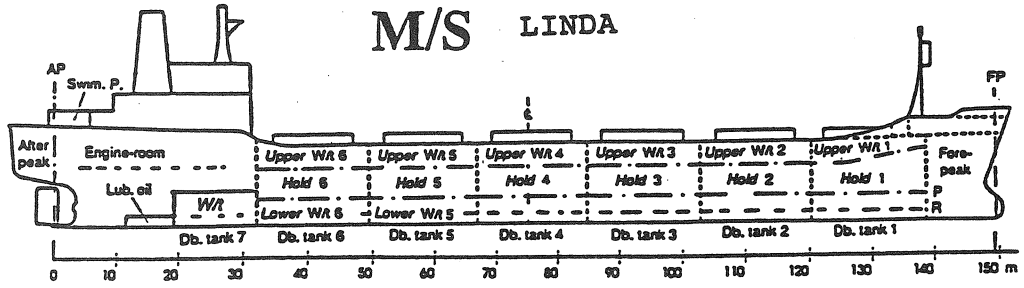
Sted	Vekt	δA(cm)	δF(cm)
Rom 1	− 200	9 · 2 = 18	− 16 · 2 = − 32
Rom 2	500	− 4 · 5 = − 20	12 · 5 = 60
Rom 3	− 200	0 · 2 = 0	− 8 · 2 = − 16
Rom 5	500	8 · 5 = 40	− 0 · 5 = 0
		$\Sigma\delta A$ = 38	$\Sigma\delta F$ = 12,0
		= 0,38 m	= 0,12 m

T_F	= 5,80 m	T_A =	6,20 m
$\Sigma\delta F$	= 0,12 m	$\Sigma\delta A$ =	0,40 m
T_F	= 5,92 m	T_A =	6,60 m

Sammenligning:
Vi får omtrent samme resultat som ved kurven på figur 8.15. Ved konstruksjon av kurver og oppsetting i tabeller, bør vi bruke millimeterpapir og så stor skala som mulig. Tabeller er lettere å bruke enn kurver. Ved lasting og lossing av mindre partier vil slike tabeller lette beregningsarbeidet. For å oppnå stor nøyaktighet bør lasteoffiseren utarbeide slike tabeller for intervaller på 1 m endring i middeldypgående.

Trim Table

Tables of changes in centimeters of draught forward and aft for each 100 tonnes loaded



3.0m Draught

F	-16	-13	-10	-6	-1	+4	+9	+14	+18	+23	F
A	+26	+22	+19	+15	+10	+5	0	-6	-11	-15	A

6.0m Draught

F	-15	-10	-8	-4	0	+4	+8	+12	+16	+20	F
A	+23	+19	+17	+13	+8	+4	0	-4	-9	-12	A

9.0m Draught

F	-9	-7	-5	-2	+1	+4	+7	+11	+14	+17	F
A	+15	+13	+12	+9	+6	+3	0	-3	-6	-9	A

Notes 1. Interpolation can be used for intermediate draughts.

2. Reverse the signs of the corrections for discharged weights.

Figur 8.16

Dypgående ved krengning

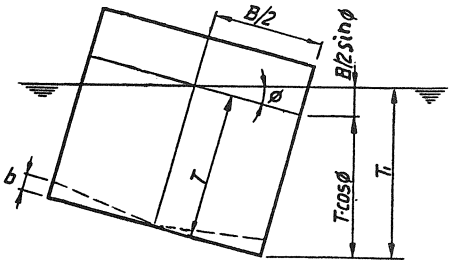
T = dypgående rett kjøl
T_1 = dypgående ved krengning

Vi finner fra figur 8.17:

$$T_1 = T\cos\varnothing + B/2\sin\varnothing$$

For skip med bunnreis (b) finner vi:

$$T_1 = (T - b)\cos\varnothing + B/2\sin\varnothing$$



Figur 8.17

Arbeidsoppgaver

Brakkvannskorreksjoner:

1 M/S Linda har dypgående $T_F = 6{,}50$ m og $T_A = 7{,}00$ m. Det skal inn i en havn der saltgehalten er 1,010. Hva blir dypgående i brakkvann (se bort fra trimforandring på grunn av Bs forflytning).

2 M/S Linda skal laste til sommermerket i en havn der saltgehalten er målt til 1,008. Hva blir dypgående?

3 M/S Linda laster i ferskvann. Dypgående $T_F = 7{,}35$ m og $T_A = 9{,}45$ m. Beregn dypgående når skipet kommer i saltvann (ta hensyn til at B flytter seg).

4 M/S Linda ligger uten trim med dypgående 8,30 m. Det skal inn i Panamakanalen der det er ferskvann. Hva blir dypgående forut og akter?

5 M/S Linda skal laste til sommermerket. Det ligger i en havn der saltgehalten er 1,015. Hva blir dypgående ved avgang når det i saltvann skal ha en akterlig trim på 0,50 m?

Trimkorreksjoner:

6 M/S Linda har dypgående $T_F = 3{,}50$ m og $T_A = 5{,}00$ m. Beregn korrekt deplasement.

7 M/S Linda har dypgående $T_F = 7{,}00$ m og $T_A = 6{,}75$ m. Beregn korrekt deplasement.

8 M/S Linda ligger på sommermerket med 1,5 m akterlig trim. Beregn dypgående forut og akter.

9 M/S Linda har et deplasement på 18 500 tonn. Akterlig trim er 0,80 m. Beregn dypgående forut og akter.

Sammensatte beregninger:

10 M/S Linda ligger i en havn med saltgehalt 1,005. Avlest dypgående $T_F = 7{,}35$ m og $T_A = 9{,}00$ m. Beregn korrekt deplasement og dypgående i saltvann.

11 M/S Linda laster i ferskvann. Deplasementet er 19 000 tonn, og det har en akterlig trim på 1,85 m. Beregn dypgående i saltvann og i ferskvann.

Skrogbøyning:

12 M/S Linda skal avgå lastehavn. Dypgående $T_F = 7{,}50$ m og $T_A = 9{,}50$ m. Avlest dypgående midtskips er styrbord 8,65 m, babord 8,55 m. Beregn korrekt deplasement.

13 M/S Linda skal ankomme lastehavn. Deplasementet er 19 700 tonn. Skipet har 0,60 m akterlig trim og, det har en sagg på 0,10 m. Beregn dypgående ved ankomst.

Sammensatte beregninger:

14 M/S Linda ligger i en havn med tetthet 1,005 t/m^3. Avlest dypgående er $T_F = 7{,}00$ m og $T_A = 9{,}00$ m. Avlest midtskips: styrbord 8,10 m, babord 8,20 m. Beregn korrekt deplasement. Beregn dypgående i sjøvann.

15 M/S Linda laster i ferskvann. Deplasementet er 20 000 tonn. Skipet har en akterlig trim på 2,00 m, og skrogbøyningen er 0,10 m hogg. Beregn dypgående.

16 M/S Linda ligger i en havn der tettheten er 1,005 t/m^3. Etter at alle rom er lastet ble *KG* beregnet til 7,80 meter. Dypgående forut var 7,80 m og dypgående akter 8,70 m. Avlest dypgående midtskips var styrbord 8,10 m, babord 8,20 m.

a) Beregn korrekt deplasement og hvor mye dødvekt skipet har til rådighet når vi laster til sommermerket. Beregn dypgående skipet vil få når det kommer i sjøvann (uten mer last).

b) Vi kan ta den ledige dødvekten som dekkslast og eventuelt som bunkers i dobbellbunntank nr. 3, 4 og 7. Tankene må fylles helt ($p = 0{,}95$). Hvilken KG må skipet laste til for å få en effektiv GZ-arm på 0,40 m ved 30°?

c) Hvor mye dekkslast kan skipet ta maksimalt, og hvilke bunntanker må fylles når GZ-armen skal tilfredsstilles ved avgang? Midlere høyde av dekkslasten blir regnet til 14,50 m over kjølen, og avstanden fra aktre perpendikulær til tyngdepunktet av dekkslasten er 76 m.

d) Beregn og tegn GZ-kurven. Beregn dynamisk stabilitet. Beregn dypgående skipet får ved avgang og når det kommer i sjøvann. Gå ut fra fortsatt 0,10 m hogg.

Bruk av kurver og tabeller ved beregning:

17 M/S Linda har dypgående $T_F = 6{,}00$ m og $T_A = 6{,}10$ m. Det laster/losser følgende laster:
Rom 1: losser 200 tonn
Rom 2: laster 500 tonn
Rom 3: losser 200 tonn
Rom 5: laster 500 tonn
Lasten er plassert/plasseres i de respektive rommenes tyngdepunkt.

a) Bruk kurve og beregn trim og dypgående etter lasting/lossing.

b) Beregn trim og dypgående på vanlig måte, og kommenter eventuelle forskjeller.

18 a) Konstruer kurver for beregning av trim for middeldypgående 6,0 m, 7,0 m og 8,0 m for M/S Linda.

b) Sett opp resultatet i tabell.

c) Beregn endring i dypgående ved lasting av 350 tonn i rom nr. 6 for middeldypgående 6 m.

d) M/S Linda har dypgående $T_F = 5{,}0$ m og T_A 6,0 m.

Det laster i:	Det losser fra:
Rom nr. 1: 200 tonn	Rom 2: 120 tonn
Rom nr. 2: 325 tonn	Rom 3: 215 tonn
Rom nr. 5: 450 tonn	Rom 6: 175 tonn

Beregn dypgående etter lasting/lossing.

9 Stabilitet og trim-utrekningar

For å vise teorien i kapittel 8 skal vi gå gjennom ein del samansette oppgåver.

Døme på trim- og stabilitets-utrekningar

Obs! Merknad: For MS Linda er det sett opp tabellar over djuptgåande og deplasement og over djuptgåande og KY-kurver. Formålet er å få einsarta svar (svara er ikkje meir nøyaktige). I desse døma er opplysningane frå plan-sjen og dei tidlegare tabellverdiane brukte.

Døme 9.1
MS Linda lastar i ei hamn der tettleiken er 1,005. Etter lasting vart KG utrekna til 7,82 m, og djuptgåande vart avlesen til:

T_F = 8,45 m, T_A = 9,00 m, T_{m} = 8,83 m styrbord og 8,85 m babord

a) Rekn ut det korrekte deplasementet for skipet, og kor mykje ledig dødvekt skipet har når vi skal laste til sommarmerket.
b) Skipet skal ta den ledige dødvekta som dekkslast og eventuelt bunkers i DB nr. 5. Dersom tanken blir brukt, skal han fyllast heilt. Kva for KG må skipet laste til for å få ein GZ-arm ved 30° på 0,40 m når vi tek omsyn til effekt av fri væskeoverflate i DB nr. 5 og DB nr. 6 (ρ = 0,95)?
c) Kor mykje dekkslast kan skipet maksimalt ta for å tilfredsstille krava til GZ-arm ved avgang når tyngdepunktet for dekkslasta blir rekna til 14,5 m over kjølen?
d) Gå ut frå at Linda har Δ = 20 953,5 tonn og KG = 7,697 m. Vi skal laste 194 tonn dekkslast slik at KG ikkje blir større enn 7,76 m. Kva for høgd over kjølen må tyngdepunktet for dekkslasta ha?

Løysing:

a) T_F = 8,45 m

T_A = 9,00 m

t = – 0,55 m

T_M = 8,725 m

$T_{\text{Ø}} = \frac{8,83 + 8,85}{2}$ = – 8,840 m

Sagg = – 0,115 m

$T_{\text{Ø}}$ = 8,84 m

Sagg/4 = – 0,03 m

$T'_{\text{Ø}}$ = 8,81 m

t.korr. = 0,01 m

T_R = 8,82 m

Sagg/4 = 0,115/4 = 0,03 m

$$\text{t.korr.} = \frac{t \cdot LCF}{L}$$

$$\text{t.korr.} = \frac{(-0,55) \cdot (-2,40)}{149,35} = 0,01 \text{ m}$$

Δ_{avlesen} = 21 000 tonn

$$\Delta = \frac{\Delta_{\text{avlesen}} \cdot \rho}{1,025} = \frac{21\,000 \cdot 1,005}{1,025} = 20\,590 \text{ tonn}$$

Δ_{sommar} = 21 441 tonn

Δ = 20 590 tonn

Ledig dødvekt = 851 tonn

b) $GZ_{30°} = KY_{30°} - KG\sin 30°$

$$KG = \frac{KY_{30°} - GZ_{30°}}{\sin 30°} = \frac{4,32 - 0,40}{0,5} = 7,84 \text{ m}$$

$$GG_2 = \frac{\Sigma I \cdot \rho}{\Delta} = \frac{(1094 + 785)0,95}{21\,441} = 0,08 \text{ m}$$

Nødvendig $KG_{\text{Korrigert}}$ = 7,76 m

Overslag for å rekne ut dekkslasta

Her er *KG* før dekkslast utrekna til 7,82 m. Derfor er det innlysande at DB nr. 5 må brukast til bunkers, det vil seie at han må fyllast heilt opp.

Det er fleire metodar som kan brukast for å løyse spørsmål c. Her skal vi vise to.

c)

Alternativ 1

Stad	Vekt	vcg	MT
Δ	20 590	7,82	161 013,8
DB 5	363,5	0,76	276,26
Dekkslast	*x*	14,5	14,5 *x*
Δ	20 953,5 + *x*	Σ*MT*	161 290,06 + 14,5 *x*

$$KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta}$$

$$7{,}76 = \frac{161\,290{,}60 + 14{,}5x}{20\,953{,}5 + x}$$

$$7{,}76 \cdot 20\,953{,}5 + 7{,}76x = 161\,290{,}06 + 14{,}5x$$

$$6{,}74x = 1309{,}1$$

$$x = 194{,}2 \text{ tonn}$$

Dekkslasta er 194,2 tonn

Alternativ 2

Vi prøvelastar med full dekkslast = 851 – 363,5 = 487,5 tonn

Stad	Vekt	vcg	MT
Δ	20 590	7,82	161 013,8
DB 5	363,5	0,76	276,26
Dekkslast	487,5	14,50	7 068,75
Δ	21 441	ΣMT	168 358,81

$$KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \frac{168\,358{,}81}{21\,441} = 7{,}852 \text{ m}$$

Skal ha KG $= 7{,}760$ m

Må senke G $= 0{,}092$ m

$$v = \frac{GG_1 \cdot \Delta}{a + GG_1} = \frac{0{,}092 \cdot 21\,441}{(14{,}5 - 7{,}852) + 0{,}092} = 292{,}7 \text{ tonn}$$

Dekkslast = 487,5 – 292,7 = 194,8 tonn

Resultatet blir omtrent det same ved dei to alternativa.

d) Her er det fleire metodar som kan brukast. Vi skal vise tre.

Alternativ 1

Stad	Vekt	vcg	MT
Δ	20 953,5	7,697	161 279,09
Dekkslast	194	x	$194 \cdot x$
Δ	21 147,5	ΣMT	161 279,09 + 194x

$$7{,}76 = \frac{161\,279{,}09 + 194 \cdot x}{21\,147{,}5}$$

$$7{,}76 \cdot 21\,147{,}5 = 161\,279{,}09 + 194 \cdot x$$

$$194 \cdot x = 2825{,}5$$

$$x = 14{,}56 \text{ m}$$

Tyngdepunktet av dekkslasta = 14,56 m over kjølen.

Alternativ 2
Direkte metode:

Vi finn a av $GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta + v}$

$$a = \frac{GG_1(\Delta + v)}{v}$$

$$GG_1 = 7{,}76 - 7{,}697 = 0{,}063 \text{ m}$$

$$a = \frac{0{,}063 \cdot (20\,953{,}5 + 194)}{194} = 6{,}867 \text{ m}$$

$$Vcg_{\text{dekkslast}} = 7{,}697 + 6{,}867 \text{ m} = 14{,}56 \text{ m}$$

Alternativ 3
Prøvelast med ei vald høgd, til dømes 14 m.

Stad	Vekt	vcg	MT
Δ	20 953,5	7,697	161 279,09
Dekkslast	194	14,000	2 716
Δ	21 147,5	ΣMT	163 995,09

$$KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \frac{163\,995{,}09}{21\,147{,}5} = 7{,}755 \text{ m}$$

Skal ha KG $= 7{,}760$ m

Må øke G $= 0{,}005$ m

Flytter lasta ein avstand a.

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta}$$

$$a = \frac{GG_1 \cdot \Delta}{v} = \frac{0{,}005 \cdot 21\,147{,}5}{194} = 0{,}55 \text{ m}$$

Høgda av dekkslast = 14 + 0,55 = 14,55 m

Flytting av last for å få ein fast trim

Vi har vist tidlegare at $t = \frac{TM}{MTC} = \frac{v \cdot a}{MTC}$

Når ei vekt blir flytt om bord, endrar trimmomentet seg og dermed også trimmen. Vekta, v, som vi må flytte ein avstand, a, for å få ei fast trimendring δ_{trim}, finn vi av:

$$v = \frac{\delta_{\text{trim}} \cdot MTC}{a}$$

Dersom vi flytter like store vekter frå ein stad til fleire stader i avstand a_1, a_2, a_3 osv, kan vi setje:

$$v = \frac{\delta_{trim} \cdot MTC}{a_1 + a_2 + a_3 + ... + a_n}$$

Døme 9.2
MS Linda har inne last og bunkers og skal no laste ei restlast. Skipet ligg i sommarsone. Det er brakkvatn i lastehamna med tettleik 1,005 t/m^3. Djuptgåande før lasting var:

T_F = 6,50 m T_A = 7,50 m $T_{\text{Ø}}$ styrbord = 7,08 m $T_{\text{Ø}}$ babord = 7,10 m

a) Rekn ut nøyaktig kor mykje last skipet kan ta om bord.
b) Skipet lastar i alt 3000 tonn, som blir fordelt i rom 1 og 4 slik at trimmen ved avgang blir 0,20 m akterleg. (Eit av romma kan om nødvendig ta heile lasta på 3000 tonn.) Rekn ut kor mange tonn som er lasta i rom 1 og i rom 4. Rekn ut djuptgåande i brakkvatn og i sjøvatn ved avgang. Etter lastinga reknar vi ikkje med skrogbøying.
c) Avstanden til lossehamna er 3800 nautiske mil. Forbruket per døgn er:

   bunkers = 25 tonn, vatn = 5 tonn, stores = 2 tonn
   Skipet gjer ein fart på 14 knop.

   Rekn ut djuptgåande framme og akter når skipet kjem til lossehamna og ein tek bunkers frå DB tank nr. 5 og ferskvatn frå ferskvasstanken (gå ut frå at det er sjøvatn i lossehamna). Vi reknar med at stores er plassert i tyngdepunktet på lettskipet.
d) Det er ønskjeleg at skipet kjem til lossehamna *even keel*. Vi kan lense ut ferskvatn frå frampeaken for å oppnå dette. Kor mange tonn vatn må lensast (like før ein kjem fram) når det er sjøvatn i lossehamna? Kor mange tonn må lensast dersom det er ferskvatn i lossehamna?

Løysing:
a)

T_F	=	6,50 m
T_A	=	7,50 m
t	=	– 1,00 m
	=	– 100 cm

T_M = 7,00 m

$$T_{\text{Ø}} = \frac{7,08 + 7,10}{2} = -7,09 \text{ m}$$

Sagg = – 0,09 m

$$\text{Sagg/4} = \frac{0,09}{4} = 0,02 \text{ m}$$

$T_{\text{Ø}}$	=	7,09 m
Sagg/4	=	– 0,02 m
$T'_{\text{Ø}}$	=	7,07 m
t.korr.	=	0,00 m
T_R	=	7,07 m

$$\text{t.korr.} = \frac{(-1,0) \cdot (-0,25)}{149,35} = 0,00 \text{ m}$$

$\Delta_{avlesen}$ = 16 375 tonn

$\Delta = \frac{\Delta_{avlesen} \cdot \rho}{1{,}025} = \frac{16\,375 \cdot 1{,}005}{1{,}025}$ = 16 055 tonn

Δ_{sommar} = 21 441 tonn

Skipet kan ta ombord = 5 386 tonn

$MTC = \frac{MTC_{avlesen} \cdot \rho}{1{,}025} = \frac{234 \cdot 1{,}00}{1{,}025}$ = 229,4 tm/cm

LCB = 76,39 m

$BG = \frac{t \cdot MTC}{\Delta} = \frac{-100 \cdot 229{,}4}{16\,055}$ = – 1,43 m

LCG = 74,96 m

b)
Prøvelasting: Vi vel å ta 1500 tonn i kvart av romma 1 og 4.

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)		ML(tm)
Δ	16 055	74,96		1 203 482,8
Rom 1	1 500	128,32		192 480,0
Rom 4	1 500	76,29		114 435,0
Δ	19 055		ΣML	1 510 397,8
– Oppdriftsmoment = $-\Delta \cdot LCB_\rho$ = – 19 055 · 76,06 =				– 1 449 323,3
			TM	61 074,5

$\Delta_{avlesen} = \frac{\Delta \cdot 1{,}025}{\rho} = \frac{19\,055 \cdot 1{,}025}{1{,}005}$ = 19 434 tonn

$T_{R\rho}$ = 8,24 m

LCB_ρ = 76,06 m

$MTC = \frac{MTC_{avlesen} \cdot \rho}{1{,}025} = \frac{265 \cdot 1{,}005}{1{,}025}$ = 259,8 tm/cm

LCF_ρ = – 1,95 cm

$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{61\,074{,}5}{259{,}8}$ = 235,08 cm

Den trimmen vi ønskjer = – 20,00 cm

Nødvendig aktertrimendring = 255,08 cm

Flytter vekt frå rom 1 til rom 4 ein avstand

= (128,32 – 76,29)m = 52,03 m

$v = \frac{\delta_{trim} \cdot MTC}{a} = \frac{255{,}08 \cdot 259{,}8}{52{,}03}$ = 1273,8 tonn

Last i rom 1 : 1500 – 1273,7 = 226,3 tonn
Last i rom 4 : 1500 + 1273,7 = 2773,7 tonn

Kontrollrekning:

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)		ML(tm)
Δ	16 055	74,96		1 203 482,8
Rom 1	226,3	128,32		29 038,816
Rom 4	2 773,7	76,29		211 605,57
Δ	19 055		ΣML	1 444 127,2
– Oppdriftsmoment = $-\Delta \cdot LCB_\rho = -19\,055 \cdot 76{,}06 =$				– 1 449 323,3
			TM	– 5 196,111

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{-5196{,}111}{259{,}8} = -20{,}00 \text{ cm}$$

$$\text{t.korr.} = \frac{t \cdot LCF}{L} = \frac{(-0{,}20) \cdot (-1{,}92)}{149{,}35} = 0{,}00 \text{ m}$$

$T_{R\rho}$	=	8,24 m				
t. korr.	=	0,00 m				
$T_{\text{Ø}\,\rho}$	=	8,24 m				
t/2	=	± 0,10 m				
$T_{F\rho}$	=	8,14 m	$T_{A\rho}$ =	8,34 m	$T_{\text{Ø}\,\rho}$ =	8,24 m
Bv.korr.	=	– 0,14 m	=	– 0,14 m		– 0,14 m
T'_F	=	8,00 m	T'_A =	8,20 m	$T_{\text{Ø}}$ =	8,10 m
$\frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC \cdot 2}$	=	– 0,01 m		+ 0,01 m		
T_F	=	7,99 m	T_A =	8,21 m	$T_{\text{Ø}}$ =	8,10 m

$T_{R\rho}$ = 8,24 m, LCB = 76,06 m

T_R = 8,10 m, LCB_1 = 76,09 m

BB_1 = 0,03 m

$$\frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC \cdot 2} = \frac{0{,}03 \cdot 19\,055}{259{,}8 \cdot 2 \cdot 100} = 0{,}01 \text{ m}$$

c)

Forbruk av bunkers frå DB nr. 5: $\frac{3800 \cdot 25}{14 \cdot 24}$ = 282,7 tonn

Forbruk av vatn frå ferskv.tank: $\frac{3800 \cdot 5}{14 \cdot 24}$ = 56,5 tonn

Forbruk av stores (lettskips tp): $\frac{3800 \cdot 2}{14 \cdot 24}$ = 22,6 tonn

Totalt forbruk: = 361,8 tonn

Vi skal vise to metodar som kan brukast for å rekne ut trimmen ved framkomst.

Metode 1: Flotasjonsmetoden

1 Vi tek utgangspunkt i utrekna djuptgåande i sjøvatn
2 Vi reknar ut kor mykje skipet hevar seg (*s*).
3 Vi reknar ut trimendringa om flotasjonssenteret for ny vasslinje.

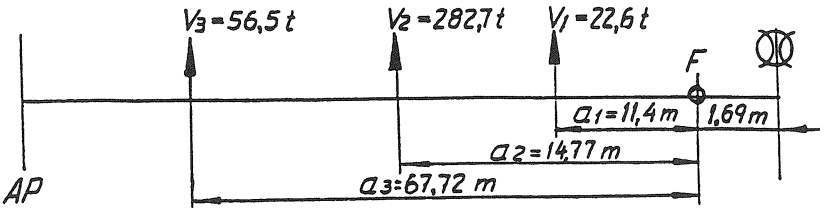
T_R = 8,10 m TPC 26,9 t/cm

$s = \frac{\text{vekt}}{TPC} = \frac{361,8}{26,9 \cdot 100}$ = 0,134 m

$T_{R\ framkomst}$ = 7,966 m MTC = 259 tm/cm

LCF = – 1,69 m akter ⊗

Det er nyttig med ei skisse som viser avstandar og vekter.



Figur 9.1

Alle avstandar blir rekna om *F*.
Avstandar framom *F* blir rekna som positive.
Avstandar akterom *F* blir rekna som negative.
Lasting av vekter er positivt.
Lossing (lensing) av vekter er negativt.

$$\delta_{trim} = \frac{v_1 \cdot a_1 + v_2 \cdot a_2 + v_3 \cdot a_3}{MTC}$$

$$\delta_{trim} = \frac{(-22,6)(-11,4) + (-282,7)(-14,77) + (-56,5)(-67,72)}{259}$$

δ_{trim} = 31,9 cm = 0,32 m

$\delta_{trim}/2$ = 0,16 m

T_F	= 7,99 m	T_A	= 8,21 m	$T_{⊗}$ =	8,10 m
s	= – 0,13 m		= – 0,13 m	=	– 0,13 m
T_F	= 7,86 m	T_A	= 8,07 m	$T_{⊗}$ =	7,97 m
$\delta_{trim}/2$	= 0,16 m		= – 0,16 m		
$T_{F\ ank}$	= 8,02 m	$T_{A\ ank}$	= 7,91 m	$T_{⊗\ ank}$ =	7,97 m

Metode 2

Vi tek utgangspunkt i deplasement og ΣML ved avgang og reknar ut endring til lossehamna.

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)	ML(tm)
Δ	19 055		1 444 127,2
DB nr. 5	– 282,7	58,22	– 16 458,794
FW tank	– 56,5	5,27	– 297,755
Stores	– 22,6	61,587	– 1 391,866
$\Delta_{framkomst}$	18 693,2	ΣML	1 425 978,8
– Oppdriftsmoment= – Δ · LCB= – 18 693,2 · 76,13 = – 1 423 113,3			
		TM =	2 865,485

T_R = 7,96 m $\quad MTC = 259$ tm/cm

t. korr. = 0,00 m $\quad LCB = 76{,}13$ m, $LCF = -1{,}67$ m

$T_{\text{⌀}}$ = 7,96 m $\quad t = \dfrac{TM}{MTC} = \dfrac{2865{,}485}{259 \cdot 100} = 0{,}11$ m

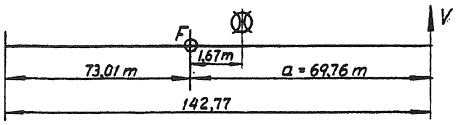
$$\text{t.korr.} = \frac{t \cdot LCF}{L} = \frac{0{,}11(-1{,}67)}{149{,}35} = 0{,}00 \text{ m}$$

$T_{\text{⌀}}$	= 7,96 m	$T_{\text{⌀}}$	= 7,96 m	$T_{\text{⌀}}$	= 7,96 m
t/2	= 0,055 m		= – 0,055 m		
$T_{F\,ank}$	= 8,015 m	$T_{A\,ank}$	= 7,905 m	$T_{\text{⌀}\,ank}$	= 7,96 m

Dei to metodane gir omtrent same resultat og er like nøyaktige. Kanskje bør vi helst bruke metode 1 når vi gjer utrekningar der saltinnhaldet varierer.

d)
Skipet kjem til lossehamna med ein framtrim på 11 cm dersom det er sjøvatn i lossehamna.

Vi reknar no trimendringa om flotasjonssenteret, *F*, som ligg 1,67 m akterom ⌀, sjå figur 9.2.



Figur 9.2

$$\delta_{trim} = \frac{v \cdot a}{MTC}$$

$$v = \frac{\delta_{trim} \cdot MTC}{a} = \frac{11 \cdot 259}{69{,}76} = 40{,}8 \text{ tonn}$$

Vi lenser ca. 40,8 tonn frå frampeaken.

Dersom det er ferskvatn i lossehamna, får skipet ei trimendring fordi *B* flyttar seg til B_1.

T_R = 7,96 m $\quad LCB = 76{,}13$ m, $TPC = 26{,}82$ t/cm

δT = 0,17 m

$T_{R\rho}$ = 8,13 m $\quad LCB_1 = 76{,}08$ m, $\quad LCF = -1{,}83$ m

BB_1 = 0,05 m $\quad MTC = 262{,}8$ tm/cm

$$MTC = \frac{MTC_{avlesen} \cdot \rho}{1{,}025} = \frac{262{,}8 \cdot 1{,}00}{1{,}025} = 256{,}4 \text{ tm/cm}$$

$$\delta T = \frac{(1{,}025 - 1{,}0) \cdot 18\,693{,}2}{26{,}82} = 17{,}4 \text{ cm}$$

Vi har denne relasjonen:

$$\delta_{trim} = \frac{BB_1 \cdot \Delta}{MTC} = \frac{0{,}05 \cdot 18\,693{,}2}{256{,}4} = 3{,}6 \text{ cm}$$

$$\delta_{trim} = 11 + 3{,}6 = 14{,}6 \text{ cm}$$

Når skipet kjem fram til lossehamna (ferskvatn) har vi ein framtrim på 14,6 cm.

$$a = 142{,}77 - (74{,}68 - 1{,}83) = 69{,}92 \text{ m}$$

$$v = \frac{\delta_{trim} \cdot MTC}{a} = \frac{14{,}6 \cdot 256{,}4}{69{,}92} = 53{,}5 \text{ tonn}$$

Dersom det er ferskvatn i lossehamn, må vi lense ca. 54 tonn frå frampeaken.

Det er mange usikre moment ved slike utrekningar. Her har vi prøvd å rekne ut så nøyaktig vi kan for akkurat dette skipet. På grunn av dei avrundingane vi bruker med to desimalar, blir svaret tilnærma, og med kontrollrekning finn vi små trimskilnader.

Sonelasting

Verdshava og innelukka havområde er inndelte i desse lastelinjesonene:

1 tropisk sone
2 sommarsone
3 vintersone
4 vinter North Atlantic (for skip < 100 m)

Somme av sonene er periodiske, det vil seie at det er årstida som avgjer kva for sone som gjeld. I tillegg til sonene har somme farvatn periodiske område som er tidsavgrensa.

Når eit skip kjem til ei sone, skal ein ikkje overskride gjeldande lastelinje.

Eit skip som kryssar fleire soner på reisa, må kontrollere at djuptgåande ikkje er større enn det som gjeld for den enkelte sona. Når vi skal planleggje lasta, må vi bruke kart over soner og periodiske område. I eit overseglingskart (ofte Pilotchart) må vi setje ut posisjonar for sonene og ta ut distansar som skipet må segle til dei enkelte sonene.

I ei lastehamn kan vi laste til den sona vi skal passere i tillegg til forbruket til sona:

deplasement ved framkomst sone
+ forbruk til sone
= tillate deplasement ved avgang

Døme 9.3
MS Linda er tom. Det skal laste ei bulklast som stuvar 0,95 m^3/t (rasvinkel > 35°). Det er saltvatn i lastehamna. Skipet ligg i tropesone. Det er 5000 nautiske mil til lossehamna. Undervegs segler skipet over sommarsone og vintersone. Distansen frå lastehamna til sommarsona er 2000 nautiske mil. Distansen frå lastehamna til vintersona er 3000 nautiske mil. Skipet har 50 tonn tungolje på tungoljedagtank, 3 tonn dieselolje på dieseldagtank, 5 tonn smørjeolje på smørjeoljetank (40 m^3) og 20 tonn ferskvatn på ferskvasstank om bord. Skipet skal ta om bord 100 tonn stores som blir plasserte i tyngdepunktet lettskips. Det skal bunkre tungolje, dieselolje, smørjeolje og ferskvatn slik at ein har om bord nok

til heile reisa i tillegg til 25 % ekstra. Dieseloljen, smørjeoljen og ferskvatnet blir fylte på dei tankane som er nemnde ovanfor. DB nr. 5 skal først fyllast opp med tungolje, og eventuelt resterande kvanta skal fyllast på tungoljedagtank. Forbruk av stores er 0,5 tonn per døgn. Skipet gjer ein fart på 14 knop.

a) Rekn ut kor mykje tungolje, dieselolje, smørjeolje og ferskvatn skipet må ta inn når forbruket per døgn er:
   tungolje: 20 tonn
   dieselolje: 0,5 tonn
   smørjeolje: 0,5 tonn
   ferskvatn: 5 tonn
b) Rekn ut kor mykje last skipet maksimalt kan laste.
c) Lasta blir plassert jamt i alle rom, men lasta i rom 1 og 5 skal brukast til å trimme skipet slik at det ligg med ein aktertrim på 0,5 m ved avgang. Rekn ut lastfordelinga i romma og djuptgåande ved avgang.
d) Når skipet kjem fram til lossehamna, er det ønskjeleg at det ligg *even keel*. Det er brakkvatn i lossehamna med saltinnhald 1,005. Ein kan fylle sjøvatn på frampeaken (like før framkomst) slik at ein får den trimmen ein ønskjer. Kor mange tonn må fyllast? Gå ut frå at all tungoljen blir forbrukt frå DB nr. 5.

Løysing:

a)

$$\text{Tid å segle til lossehamn} = \frac{5000}{14 \cdot 24} = 14{,}88 \text{ døgn}$$

Forbruk i tillegg til 25 %:
Vi har bruk for døgnforbruket i spørsmål d, så det lønner seg å rekne ut i to omgangar.

Tungolje:	$20 \cdot 14{,}88$	$= 297{,}6$ t + 25%	$= 297{,}6 \cdot 1{,}25$	$= 372$ tonn
Dieselolje:	$0{,}5 \cdot 14{,}88$	$= 7{,}44$ t + 25%	$= 7{,}44 \cdot 1{,}25$	$= 9{,}3$ tonn
Smørjeolje:	$0{,}5 \cdot 14{,}88$	$= 7{,}44$ t + 25%	$= 7{,}44 \cdot 1{,}25$	$= 9{,}3$ tonn
Ferskvatn:	$5 \cdot 14{,}88$	$= 74{,}4$ t + 25%	$= 74{,}4 \cdot 1{,}25$	$= 93$ tonn
I alt				483,6 tonn

Skipet må bunkre:

Tungolje:	372 – 50	= 322 tonn på DB nr. 5
Dieselolje:	9,3 – 3	= 6,3 tonn på dieseldagtank
Smørjeolje:	9,3 – 5	= 4,3 tonn på smørjeoljetank
Ferskvatn:	93 – 20	= 73 tonn på ferskv.tank
I alt		405,6 tonn

b)
Dagleg forbruk:

Tungolje:	20	tonn
Dieselolje:	0,5	"
Smørjeolje:	0,5	"
Ferskvatn:	5	"
Stores:	0,5	"
I alt	26,5	tonn

$$\text{Tid å segle til sommarsone} = \frac{2000}{14 \cdot 24} = 5{,}95 \text{ døgn}$$

$$\text{Tid å segle til vintersone} = \frac{3000}{14 \cdot 24} = 8{,}93 \text{ døgn}$$

Vi reknar med heile tonn.

Forbruk til sommarsone = 26,5 · 5,95 = 158 tonn

Forbruk til vintersone = 26,5 · 8,93 = 237 tonn

Dødvekt sommarsone	=	16 546	tonn
Forbruk til sommarsone	=	158	tonn
Dødvekt ved avgang	=	16 704	tonn

Dødvekt vintersone	=	16 029	tonn
Forbruk til vintersone	=	237	tonn
Dødvekt ved avgang	=	16 266	tonn

Vi ser utan vidare at maksimal dødvekt ved avgang blir 16 266 tonn.

Vi legg merke til at differansen i forbruk mellom vinter- og sommarsona er 237 – 158 = 79 tonn, og at differansen i dødvekt mellom sommar- og vintersona er 16 546 – 16029 = 517 tonn. Vi kan derfor konstatere at dersom differansen i dødvekt er større enn differansen i forbruk, set vintersona grensa for maksimal dødvekt. Utrekninga til sommarsona var derfor unødvendig.

Utrekning av maksimal last ved avgang:

Dødvekt vintersone	=	16 029	tonn	
Forbruk til vintersone	=	237	tonn	
Dødvekt tilgjengeleg ved avgang	=	16 266	tonn	(Δ = 21 161 tonn)

Stores 100 tonn				
Bunkers osv. 483,6 tonn	–	583,6	tonn	
Skipet kan laste	=	15 682,4	tonn	
	=	15 682	tonn	(på heilt tonn)

c)
Utrekning av lastekapasitet:
Grain volum/SF = 20 852 / 0,95 = 21 949 tonn
Skipet kan laste = 15 682 tonn

Prøvelastar med same vekt i alle rom: 15 682 / 6 = 2 613,6 tonn

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)	ML(tm)
Δ	4 895	ΣML	301 468,37
Stores	100	61,587	6 158,7
Rom 2	2 613,6	111,43	291 233,45
Rom 3	2 613,6	93,88	245 364,77
Rom 4	2 613,6	76,29	199 391,54
Rom 6	2 613,6	41,09	107 392,82
Tungoljedagtank	50	11,22	561
DB nr. 5	322	58,22	18 746,84
Dieseldagtank	9,3	15	139,5
Smørjeoljetank	9,3	29,81	277,233
Ferskv.tank	93	5,27	490,11
Δ_1	15 933	ΣML_1	1 171 224,3
Rom 1	2 613,6	128,32	335 377,15
Rom 5	2 613,6	58,73	153 496,73
Δ	21 160,2	ΣML	1 660 098,2
Oppdriftsmoment = $-\Delta \cdot LCB = -21\,160{,}2 \cdot 75{,}88 =$			– 1 605 636
		TM	54 462,236

T_R = 8,88 m, LCB = 75,88 m, TPC = 27,6 t/ cm
LCF = – 2,52 m
MTC = 278 tm/cm

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{54\,462{,}236}{278} = 195{,}9 \text{ cm}$$

Den trimmen vi ønskjer = – 50 cm
Nødvendig trimendring = 245,9 cm

Flytter last frå rom 1 til rom 5: a = 128,32 – 58,73 = 69,59 m

$$v = \frac{\delta_{trim} \cdot MTC}{a} = \frac{245{,}9 \cdot 278}{69{,}59} = 982{,}3 \text{ t}$$

Lastar i rom 1 : 2613,6 – 982,3 = 1631,3 tonn
Lastar i rom 5 : 2613,6 + 982,3 = 3595,9 "
(Rom 5 tek i alt 3792,6 tonn)

Kontrollrekning:

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)	ML(tm)
Δ_1	15 933	ΣML_1	1 171 224,3
Rom 1	1 631,3	128,32	209 328,42
Rom 5	3 595,9	58,73	211 187,21
Δ	21160,2	ΣML	1 591 739,9
Oppdriftsmoment			–1 605 636
		TM	– 13 896,074

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{-13\,896{,}074}{278} = -49{,}98 \text{ cm}$$

$$\text{t.korr.} = \frac{t \cdot LCF}{L} = \frac{(-0{,}5)(-2{,}52)}{149{,}35} = 0{,}01 \text{ m}$$

T_R	=	8,88 m			
t. korr.	=	− 0,01 m			
$T_{\text{Ø}}$	=	8,87 m			
t/2	=	± 0,25 m			
T_F	=	8,62 m	T_A =	9,12 m	$T_{\text{Ø}}$ = 8,87 m

d)
Vi har brukt:

Tungolje frå DB nr. 5:	297,6	tonn
Dieselolje frå dieseldagt. :	7,44	"
Smørjeolje frå smørjeoljedagt. :	7,44	"
Ferskvatn frå ferskv.tank:	74,4	"
Stores: 0,5·14,88:	7,44	tonn
I alt	394,32	tonn

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)	ML(tm)
Δ	21 160,2	Σ*ML*	1 591 739,9
DB nr. 5	− 297,6	58,22	− 17 326,272
Dieseldagt.	− 7,44	15	− 111,6
Smørjeoljedagt.	− 7,44	29,81	− 221,786
Ferskv.tank	− 74,4	5,27	− 392,088
Stores	− 7,44	61,587	− 458,207
Δ	20 765,88	Σ*ML*	1 573 229,9
Oppd.moment = $-\Delta \cdot LCB_\rho$ = − 20 765,88 ·75,89 =			− 1 575 922,6
		TM	− 2 692,7

$$\Delta_{\text{avlesen}} = \frac{\Delta \cdot 1{,}025}{\rho} = \frac{20\,765{,}88 \cdot 1{,}025}{1{,}005} = 21\,179{,}13 \text{ tonn}$$

$T_{R\rho} = 8{,}87$

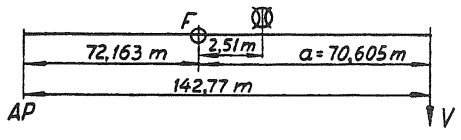
$LCB_\rho = 75{,}89$ m

$LCF_\rho = -2{,}51$ m

$MTC_{\text{avlesen}} = 277{,}8$ tm/cm

$$MTC = \frac{MTC_{\text{avlesen}} \cdot \rho}{1{,}025} = \frac{277{,}8 \cdot 1{,}005}{1{,}025} = 272{,}4 \text{ tm/cm}$$

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{-2692{,}7}{272{,}4} = -9{,}9 \text{ cm}$$



Figur 9.3

$$v = \frac{\delta_{\text{trim}} \cdot MTC}{a} = \frac{9{,}9 \cdot 272{,}4}{70{,}605} = 38{,}2 \text{ tonn}$$

Vi må fylle ca. 38 tonn sjøvatn på frampeak.

Døme 9.4
Eksamensoppgåve 1998
MS Mercandian Importer lastar sukker i sekker i Cienfuegos, Cuba (N 22°09', V 80°27'), som skal lossast i St. Petersburg (tidlegare Leningrad), Russland (N 59°56', Ø 30°18'). Stuasjefaktoren for lasta er 1,17 m^3 per tonn, og ein skal laste maksimalt ut frå årstid og soner som skipet passerer på reisa. Ein reknar avgang frå Cienfuegos 23.10. klokka 1200 UTC.

Reisa går gjennom Windward Passage, der grensa for sommarsona blir passert på N 20°, V 74°. Grensa for den vinterperiodiske sone II reknar ein å passere på N 36°, V 45°

Ein reknar ikkje med å komme nord for N 45° før ein har passert V 15°.

Distansar:
Frå Cienfuegos til sommarsona: 413 nautiske mil
Frå Cienfuegos til den periodiske vintersona: 2212 nautiske mil
Frå Cienfuegos til St. Petersburg: 5540 nautiske mil

Utrekna forbruk er 10,0 tonn brennolje og 3,0 tonn ferskvatn per døgn med ein gjennomsnittsfart av 14,0 knop. Ved avgang har skipet om bord 200 tonn brennolje, 60 tonn vatn, 3 tonn smørjeoljar og 15 tonn stores osv.
Den trimmen vi ønskjer ved avgang er 30 cm akterleg. Det er sjøvatn med tettleik 1,025 i lastehamna.

a) Kva blir deplasementet ved avgang Cienfuegos, og kor mange tonn sukker kan lastast?
b) Etter at ein har teke bunkers, vatn, stores osv. om bord og underromma er ferdig lasta er deplasementet 2462,0 tonn, langskipsmomentet 81 458,0 tonnmeter, vertikalmomentet 8044,0 tonnmeter og FS-momentet (frie væskeoverflatemoment) 217,4 tonnmeter. Jamvel om nokre av mellomdekka og/eller lukene ikkje blir fulle, skal du bruke *lcg* og *vcg* som oppgitt i plansjen for dei.
c) Korleis blir fordelinga av den resterande lasta for at vi skal få den trimmen vi ønskjer og djupgang ved avgang frå Cienfuegos?
d) Etter lastinga er avlesen djupgang midtskips 40 cm større på styrbord side enn på babord side. For å rette opp skipet kan ein flytte last frå styrbord til babord side, avstanden er 7,0 m.
Kor mange tonn last må ein da skifte over frå styrbord til babord for at skipet skal liggje utan slagside?
e) Rekn ut korrigert GM ved avgang.
f) Kva blir djupgangen framme, midtskips og akter ved avgang?

Løysing:
a)
Her må vi hugse på at skipet er < 100 m, og at WNA-sona gjeld frå 1. november kl 0000 UTC til 31. mars kl 2400 UTC når skipet er innanfor grensene for den vinterperiodiske sona i samsvar med sonekart.

Avgang Cienfuegos	UTC	=	1200 23/10
Tid å segle til den W-periodiske sona	$= \frac{2212}{14 \cdot 24}$	=	14 t + 6 dg
Framkomst posisjon N 36°, V 45°	UTC	=	0200 30/10

WNA-sone tek til	UTC	= 0000 1/11
Tid til WNA-sone		= 1 dg 22 t

Tid å segle til WNA-sone : 6 dg 14 t + 1 dg 22 t = 8 dg 12 t = 8,5 dg

Δ_{WNA}	= 3970 tonn
Forbruk til WNA – sone: 8,5 · 13	= 110,5 tonn
Tillaten Δ_{avgang}	= 4080,5 tonn

Lager:

T.O.	=	200 tonn	
FW	=	60 tonn	
S.O.	=	3 tonn	
Stores	=	15 tonn	
L/S	=	1060 tonn	= 1338,0 tonn
DW til last			= 2742,5 tonn

b)

Δ_{avgang}	= 4080,5 tonn
$\Delta_{(med\ UR\ lasta)}$	= 2462,0 tonn
DW til rådvelde	= 1618,5 tonn
MD1 : 830 : 1,17	= – 709,4 tonn
MD 2 :862 : 1,17	= – 736,8 tonn
Til fordeling i luker	= 172,3 tonn

Prøvelastar med alt i luke 2

Stad	Vekt(t)	Vcg(m)	MT(tm)	Lcg(m)	ML(tm)
Δ	2 462		8044		81 458,0
MD 1	709,4	5,53	3922,9	51,69	36 668,9
MD 2	736,8	5,50	4052,4	26,27	19 355,7
Luke 2	172,3	7,70	1326,7	26,23	4 519,4
Δ	4 080,5	ΣMT	17 346	ΣML	142 002,0
Oppdr.mom = – Δ · LCB = – 4 080,5 · 35,50 =					– 144 857,8
				TM =	– 2 855,8

T_R	=	5,70 m
LCB	=	35,50 m
MTC	=	43,10 tm/cm
LCF	=	– 1,16 m

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{-2855,8}{43,10} = -66,3 \text{ cm}$$

$t_{ønskt}$ = = – 30 cm

δt = = 36,3 cm

$$v = \frac{\delta t \cdot MTC}{a} = \frac{36,3 \cdot 43,10}{(51,55 - 26,23)} = 61,7 \text{ tonn}$$

c)

Lastfordeling: Luke 1 = 61,7 tonn
Luke 2 = 172,3 – 61,7 = 110,6 tonn
MD 1 og 2 som utrekna.

d)

$$\tan\varnothing = \frac{0{,}4}{13} \Rightarrow \varnothing = 1{,}76°$$

$$\tan\varnothing = \frac{v \cdot a}{\Delta \cdot GM} \Rightarrow v = \frac{\Delta \cdot GM \cdot \tan\varnothing}{a}$$

$$v = \frac{4080{,}5 \cdot 1{,}23 \cdot \tan 1{,}76°}{7} = 22 \text{ tonn}$$

e)

$$KG = \frac{\Sigma MT}{\Delta} = \frac{17\,346}{4080{,}5} = 4{,}25 \text{ m}$$

$$GG_2 = \frac{\Sigma I \cdot \rho}{\Delta} = \frac{217{,}4}{4080{,}5} = 0{,}05 \text{ m}$$

KG_{korr} = 4,30 m
KM = 5,53 m
GM = 1,23 m

f)

T_R = 5,70 m
t.korr. = – 0,01 m
$T_{\text{Ø}}$ = 5,69 m
t/2 = ± 0,15 m
T_F = 5,54 m T_A = 5,84 m

$$\text{t.korr.} = \frac{t \cdot LCF}{L} = \frac{-0{,}3 \cdot (-1{,}62)}{70{,}80} = 0{,}01 \text{ m}$$

Å laste til ein fast trim i lossehamn

Døme 9.5
MS Linda skal laste bulklast i ei lastehamn der saltinnhaldet er 1,010. Lasta stuvar 1,2 m³/tonn. Skipet er tomt.

Distansen til lossehamna er 4000 nautiske mil, og distansen til vintersona er 1500 nautiske mil. Vi reknar med 15 knops fart. Skipet skal bunkre for heile reisa + 25%. Vi reknar med dette forbruket:

Tungolje: 20 tonn per døgn
Dieselolje: 0,5 tonn per døgn
Smørjeolje: 0,2 tonn per døgn
Ferskvatn blir produsert av evaporator.

Tungoljen blir bunkra på DB tank nr. 5, dieseloljen på dieseldagtank og smørjeoljen på smørjeoljetank (40 m³).

a) Rekn ut kor mykje last skipet kan ta om bord.
b) Vi ønskjer å komme fram til lossehamna der saltinnhaldet er 1,005, men ein aktertrim av 0,20 m. Kva for trim må skipet ha ved avgang?
c) Vi bruker rom 1 og 6 til å trimme skipet. Rekn ut vekta i kvart rom for å få den trimmen vi ønskjer i lossehamna. Rekn ut djuptgåande i lastehamna.

Løysing:
a)

$$\text{Tid å segle til lossehamna} = \frac{4000}{15 \cdot 24} = 11{,}11 \text{ døgn}$$

Utrekning av bunkers:

Tungolje:	$20 \cdot 11{,}11 \cdot 1{,}25 =$	278 tonn
Dieselolje:	$0{,}5 \cdot 11{,}11 \cdot 1{,}25 =$	7 tonn
Smørjeolje:	$0{,}2 \cdot 11{,}11 \cdot 1{,}25 =$	3 tonn
I alt		288 tonn

Forbruk per døgn 20,7 tonn

$$\text{Tid å segle til vintersona: } \frac{1500}{15 \cdot 24} = 4{,}17 \text{ døgn}$$

Forbruk til vintersona: $20{,}7 \cdot 4{,}17 = 86$ tonn

Dødvekt til vintersona:	16 029 tonn
Forbruk til vintersona:	86 tonn
Dødvekt ved avgang:	16 115 tonn
– Bunkers	288 tonn
Dødvekt til last:	15 827 tonn

b)
Her kan vi bruke fleire metodar for å rekne ut trim i avgangshamna ut frå at ein skal komme til lossehamna med ein fast trim.

Metode 1:
Vi reknar ut Δ framkomst lossehamn og reknar ut trimmomentet ut frå den trimmen vi kjenner. Vi legg til trimmomentet av bunkers osv. frå lastehamna til lossehamna og finn direkte trimmomentet og av det trimmen vi må ha i lastehamna.

Metode 2:
Vi reknar ut trimmomentet for skip og last i lastehamna og subtraherer trimmomentet av bunkers osv. frå lastehamna til lossehamna. Vi finn trimmomentet i lossehamna og endrar lastfordelinga i samsvar med den trimmen vi ønskjer.

Dersom vi skal rekne ut lastfordelinga i lastehamna, er metodane likeverdige. Dersom vi berre skal rekne ut trimmen og djuptgåande i lastehamna, må vi bruke metode 1. Vi skal her bruke metode 1.

Metode 1:

Forbruk til lossehamn: Tungolje $20 \cdot 11{,}11 = 222$ tonn
: Dieselolje $0{,}5 \cdot 11{,}11 = 6$ tonn
: Smørjeolje $0{,}2 \cdot 11{,}11 = 2$ tonn
I alt $= 230$ tonn

$\Delta_{avgang} = DW_{avgang} + LS = 16\,115 + 4895 = 21\,010$ tonn
$\Delta_{framkomst} = \Delta_{avgang} - \text{Forbruk} = 21\,010 - 230 = 20\,780$ tonn

Vi skal ha ein trim på – 20 cm i brakkvatn.

$$\Delta_{avlesen} = \frac{\Delta \cdot 1{,}025}{\rho} = \frac{20\,780 \cdot 1{,}025}{1{,}005} = 21\,194 \text{ tonn}$$

$T_{R\rho} = 8{,}87$ m
$LCB_\rho = 75{,}89$ m
$MTC_{avlesen} = 277{,}5$ tm/cm

$$MTC = \frac{MTC_{avlesen} \cdot \rho}{1{,}025} = \frac{277{,}5 \cdot 1{,}005}{1{,}025} = 272 \text{ tm/cm}$$

$LCB_\rho = 75{,}89$ m

$$BG = \frac{t \cdot MTC}{\Delta} = \frac{-20 \cdot 272}{20780} = -0{,}26 \text{ m}$$

Lcg = 75,63 m

Stad	Vekt	Lcg	ML
$\Delta_{framkomst}$	20 780	75,63	1 571 591
DB5	222	58,22	12 925
D.D.T.	6	15,00	90
S.O.T.	2	29,81	60
Δ_{avgang}	21 010	ΣML	1 584 666
– Oppdr.moment = – 21 010 · 75,87 =			– 1 594 029
		TM	– 9 363

$$\Delta_{avlesen} = \frac{\Delta \cdot 1{,}025}{\rho} = \frac{21\,010 \cdot 1{,}025}{1{,}010} = 21\,322 \text{ tonn}$$

$T_{R\rho} = 8{,}93$ m
$LCB_\rho = 75{,}87$ m
$MTC_{avlesen} = 279$ tm/cm

$$MTC = \frac{279 \cdot 1{,}010}{1{,}025} = 274{,}9 \text{ tm/cm}$$

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{-9363}{274{,}9} = -34 \text{ cm}$$

Vi må ha ein aktertrim i lastehamna på 34 cm

c)
Utrekning av kapasitet:

Rom 2: 3577 : 1,2 = 2 980 tonn
Rom 3: 3607 : 1,2 = 3 005 tonn
Rom 4: 3607 : 1,2 = 3 005 tonn
Rom 5: 3603 : 1,2 = 3 002 tonn
Rom 2, 3, 4 og 5: 11 992 tonn

DW til rådvelde: 15 827 tonn
Til fordeling 1 og 6: 3 835 tonn

Vi prøvelastar med rom 2, 3, 4 og 5 fulle og 1917 tonn i rom 1 og 1918 tonn i rom 6.

Prøvelasting:

Stad	Vekt	Lcg		ML
L/S	4895	61,587		301 468
Rom 2	2980	111,43		332 061
Rom 3	3005	93,88		282 109
Rom 4	3005	76,29		229 251
Rom 5	3002	58,73		176 307
DB5	278	58,22		16 185
D.D.T.	7	15,00		105
S.O.T.	3	29,81		89
Δ_1	17 175		ΣML_1	1 337 575
Rom 1	1 917	128,32		245 989
Rom 6	1 918	41,09		78 811
Δ	21 010		ΣML	1 662 375
– Oppdr.moment = – 21 010 · 75,87=				– 1 594 029
			TM	68 346

Frå før har vi:
$T_{R\rho} = 8{,}93$ m
$LCB_\rho = 75{,}87$ m
$MTC = 274{,}9$ tm/cm

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{68\,346}{274{,}9} = 248{,}6 \text{ cm}$$

Skal ha = – 34,0 cm
Må ha akterleg trimendring = 282,6 cm

$$v = \frac{\delta_{trim} \cdot MTC}{a} = \frac{282{,}6 \cdot 274{,}9}{128{,}32 - 41{,}09} = 891 \text{ tonn}$$

Rom 1: 1917 – 891 = 1026 tonn
Rom 6: 1918 + 891 = 2809 "

Kontroll:

Stad	Vekt	Lcg	ML
Δ_1	17 175	ΣML	1 337 575
Rom 1	1 026	128,32	131 656
Rom 6	2 809	41,09	115 422
Δ	21 010	ΣML	1 584 653
– Oppdriftsmoment			– 1 594 029
		TM	– 9 376

$$t = \frac{-9376}{274{,}9} = -34{,}1 \text{ cm}$$

Kontrollen stemmer.

Utrekning av djuptgåande :

$T_{R\rho}$	=	8,93 m
t. korr.	=	– 0,01 m
$T_{\text{Ø}\rho}$	=	8,92 m
± t/2	=	0,17 m
$T_{F\rho}$	=	8,75 m

$$\text{t.korr.} = \frac{(-0{,}34)(-2{,}56)}{149{,}35} = 0{,}0058\text{m}$$

$T_{A\rho}$ = 9,09 m $T_{\text{Ø}\rho}$ = 8,92 m

Døme 9.6:
MS Mercadian Importer ligg i Hamburg i juli månad og skal laste for Bergen og Trondheim. I underromma skal ein laste bulklast som stuvar 0,85 m³/tonn (med rasvinkel > 35°). I mellomdekka og lukene skal det laste stykkgods som stuvar 1,7 m³/tonn. Skipet har inne dette av bunkers og ferskvatn:

Brenselolje:
CT 2 SB & BB: 30 tonn
7 SB & BB: Full
Settlingstank: Full
Ferskvatn:
6 SB & BB: Full

Vi ønskjer å komme fram til Bergen med 20 cm aktertrim. I Hamburg er det brakkvatn med tettleik 1,010. Reisa til Bergen tek to døgn. Vi går ut frå at forbruket av brenselolje er 10 tonn per døgn med forbruk frå CT 2 SB & BB, og at forbruker av ferskvatn er 2 tonn per døgn frå 6 SB & BB.

a) Kor mykje last kan skipet laste?
b) Vi reknar med å trimme ved last i lukene. Korleis blir fordelinga av lasta når vi går frå Hamburg, og kva blir djuptgåande ved avgang? Vi bruker tyngdepunkt som oppgitt i plansjen.
c) I Bergen lossar vi ut lukene, mellomdekka, 400 tonn frå underrom 1 og 600 tonn frå underrom 2. Vi lastar 1000 tonn sekkegods i mellomdekka (tyngdepunkt som oppgitt på plansjen). På dekk skal vi laste 80 tonn stålkonstruksjonar med vcg = 8,00 m og Lcg = 40 m. Før avgang må vi gjere ei krengjeprøve. Det siste hivet med stålkon-

struksjonar med vekt 5 tonn blir svinga ut med bommen og ligg mot skutesida i ein avstand frå senterlinja på 7 m (tyngdepunktet). Høgda av bomnokken over kjølen er 14 m. Ei 6 m lang loddsnor som er opphengd i framkanten av brua, får eit utslag på 10 cm. Rekn ut GM og KG for skipet. No har vi ferskvasstanken og CT 2 slakke.

d) Fordel lasta slik at skipet får ein trim på 50 cm akterleg når vi går frå Bergen.
e) Rekn ut og teikn GZ-kurva når vi går frå Bergen.
f) Rekn ut dynamisk stabilitet.

Løysing:

Δ_{Sommar} = 4110 tonn

L/S	1060 tonn		
CT 2	30 tonn		
T 7	46 tonn		
Setl.t.	17,4 tonn		
FW 6	61,9 tonn	=	1215,3 tonn
DW til last		=	2894,7 tonn

UR 1 : 680 : 0,85 = 800,0 tonn		
UR 2 : 833 : 0,85 = 980,0 tonn		
MD 1 : 830 : 1,70 = 488,2 tonn		
MD 2 : 862 : 1,70 = 507,1 tonn	=	2775,3 tonn
Til fordeling i luke 1 og 2	=	119,4 tonn

a) Skipet kan laste 2894,7 tonn
b) Her bruker vi metode 2. Vi segler fram til Bergen og sluttlastar der til den trimmen som er oppgitt.

Forbruk til Bergen: Brenselolje: $10 \cdot 2 = 20$ tonn
Ferskvatn: $2 \cdot 2 = 4$ tonn

Vi prøvelastar med 119,4 tonn i luke 1.

Stad	Vekt(t)	Lcg (m)	ML (tm)
L/S	1 060	30,52	32 351,2
CT 2	30	43,62	1 308,6
T7	46	10,45	480,7
Settl.t	17,4	11,83	205,8
FW 6	61,9	18,61	1 151,9
UR 1	800,0	50,28	40 224,0
UR 2	980,0	26,51	25 979,8
MD 1	488,2	51,69	25 235,1
MD 2	507,1	26,27	13 321,5
Δ_1	3 990,6	ΣMT_1	140 258,6
CT 2	– 20,0	43,62	– 872,4
FW 6	– 4,0	18,61	– 74,4
Luke 1	119,4	51,55	6 155,1
$\Delta_{framkomst\ Bergen}$	4 086,0	ΣMT	145 466,8

Oppdr.mom= – Δ · LCB = 4086 · 35,49 =		– 145 012,1
	TM	= 454,7

T_R = 5,71 m
LCB = 35,49 m
MTC = 43,17 tm/cm

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{454,7}{43,17} = 10,5 \text{ cm}$$

$t_{ønskt}$ = = – 20,0 cm
δt = = 30,5 cm

$$v = \frac{\delta t \cdot MTC}{a} = \frac{30,5 \cdot 43,17}{51,55 - 26,23} = 52 \text{ tonn}$$

Luke 1: 119,4 – 52 = 67,4 tonn
Luke 2: = 52,0 tonn

Utrekning av djuptgåande når vi går frå Hamburg:

Stad	Vekt (t)	Lcg(m)	ML (tm)
Δ_1	3990,6	ΣMT_1	140 258,6
Luke 1	67,4	51,55	3 474,5
Luke 2	52,0	26,23	1 364,0
$\Delta_{avg\ Hamburg}$	4110,0	ΣMT	145 097,1
Oppdr.mom= – 4110 · 35,46 =			– 145 740,6
		TM =	– 643,5

$$\Delta_{avlesen} = \frac{\Delta \cdot 1,025}{\rho}$$

$$\Delta_{avlesen} = \frac{4110 \cdot 1,025}{1,010} = 4171 \text{ t}$$

$T_{R\rho}$ = 5,81 m
LCB_ρ = 35,46 m , LCF_ρ = – 1,62 m
$MTC_{avlesen}$ = 43,88 tm/cm

$$MTC = \frac{MTC_{avlesen} \cdot \rho}{1,025} = \frac{43,88 \cdot 1,010}{1,025} = 43,24 \text{ tm/cm}$$

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{-643,5}{43,24} = -14,9 \text{ cm}$$

$T_{R\rho}$ = 5,81 m
t.korr. = 0,00 m
$T_{\text{Ø}}$ = 5,81 m
t/2 = ± 0,08 m
T_F = 5,73 m T_A = 5,89 m

$$\text{t.korr.} = \frac{t \cdot LCF}{L} = \frac{(-0,15) \cdot (-1,62)}{70,8} = 0,00 \text{ m}$$

c)
Utrekning av $\Delta_{avg\ Bergen}$

$\Delta_{framk\ Bergen}$		= 4086 tonn
UR 1:	– 400,0 tonn	
UR 2:	– 600,0 tonn	
MD 1:	– 488,2 tonn	
MD 2:	– 507,1 tonn	
MD 1+2:	1000,0 tonn	
Luker:	– 119,4 tonn	
Dekk:	+ 80,0 tonn	= 1034,7 tonn
$\Delta_{avg\ Bergen}$		= 3051,3 tonn

$$GM_{korr} = \frac{v \cdot a \cdot LS}{\Delta \cdot ST} = \frac{5 \cdot 7 \cdot 6}{3051{,}3 \cdot 0{,}10} = 0{,}69 \text{ m}$$

$$GG_2 = \frac{\Sigma I \cdot \rho}{\Delta} = \frac{70 + 13{,}2}{3051{,}3} = 0{,}03 \text{ m}$$

GM'	= 0,72 m
KM	= 5,31 m
KG'	= 4,59 m

$$GG_1 = \frac{v \cdot a}{\Delta} = \frac{5(14-8)}{3051{,}3} = 0{,}01 \text{ m}$$

KG	= 4,58 m
KM	= 5,31 m
GM	= 0,73 m

d)
Utrekning av lastefordeling for å få den trimmen vi ønskjer.

Vi prøvelastar med all last i MD 1.

Stad	vekt(t)	Lcg(m)	MT (tm)
L/S	1060	30,52	32351,2
Ct 2	10	43,62	436,2
T 7	46	10,45	480,7
Settl.t	17,4	11,83	205,8
FW 6	57,9	18,61	1077,5
UR 1	400,0	50,28	20 112,0
UR 2	380,0	26,51	10 073,8
Dekk	80	40,00	3 200,0
MD 1	1000,0	51,69	51 690,0
Δ	3051,3	ΣML	119 627,3
Oppdr.mom = – Δ · LCB = – 3051,3· 35,98 =			– 109 785,9
		TM	9 841,5

T_R = 4,43 m
LCB = 35,98 m
MTC = 32,86 tm/cm

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{9841,5}{32,98} = 299,5 \text{ cm}$$

$t_{ønskt}$ = = – 50,0 cm

δt = = 349,5 cm

$$v = \frac{\delta t \cdot MTC}{a} = \frac{349,5 \cdot 32,86}{51,69 - 26,27} = 451,8 \text{ tonn}$$

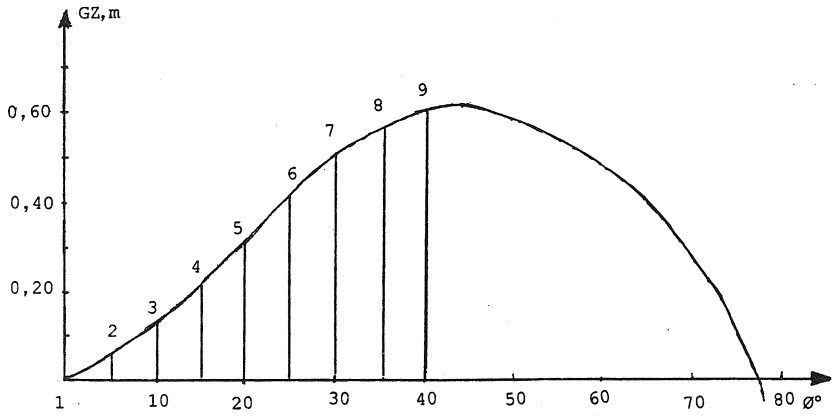
MD 1: 1000 – 451,8 = 548,2 tonn
MD 2: = 451,8 tonn

e)

KG	= 4,58 m
GG_2	= 0,03 m
KG_2	= 4,61 m
KM	= 5,31 m
GM_{korr}	= 0,70 m

GZ = MS + GM · sin Ø

$GZ_{10°}$ = 0,01 + 0,70 · sin 10× = 0,13 m
$GZ_{20°}$ = 0,07 + 0,70 · sin 20× = 0,31 m
$GZ_{30°}$ = 0,16 + 0,70 · sin 30× = 0,51 m
$GZ_{45°}$ = 0,13 + 0,70 · sin 45× = 0,62 m
$GZ_{60°}$ = – 0,115 + 0,70 · sin 60× = 0,49 m
$GZ_{75°}$ = – 0,58 + 0,70 · sin 75× = 0,10 m
$GZ_{90°}$ = – 1,01 + 0,70 · sin 90× = – 0,31 m



Figur 9.4

Ord nr	Ord.lgd	SF	Produkt
1	0	1	0
2	0,06	4	0,24
3	0,13	2	0,26
4	0,21	4	0,84
5	0,31	2	0,62
6	0,41	4	1,64
7	0,51	1	0,51
		$\Sigma Prod_1$	4,11

7	0,51	1	0,51
8	0,56	4	2,24
9	0,60	1	0,60
		$\Sigma Prod_2$	3,35

$$\text{Areal } 0\text{–}30° = \frac{\Sigma Prod_1 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = \frac{4{,}11 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = 0{,}12 \text{ m rad}$$

$$\text{Areal } 30\text{–}40° = \frac{\Sigma Prod_2 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = \frac{3{,}35 \cdot 5 \cdot \pi}{3 \cdot 180} = 0{,}10 \text{ m rad}$$

$$\text{Areal } 0\text{–}40° = 0{,}22 \text{ m rad}$$

Arbeidsoppgåver

1 MS Linda er i tom tilstand (L/S = 4895 tonn). Vi tek om bord 300 tonn tungolje i B/T nr. 5 og 120 tonn dieselolje i B/T nr. 7, 100 tonn ferskvatn i ferskvasstanken og 100 tonn stores. Vi reknar at stores har ei høgd over kjøl = 10 m. Desse lastene blir tekne om bord:
Rom 1: 2500 tonn
Rom 2: 2000 tonn
Rom 3: 3000 tonn
Rom 4: 3200 tonn
Rom 5: 2000 tonn
Rom 6: 3000 tonn
Vi går ut frå at tyngdepunkta for lasta er som for fulle rom.
a) Rekn ut KG etter lasting.
b) Rekn ut *lcg* etter lasting.
c) Finn djuptgåande etter lasting, og finn kor mykje meir last vi kan ta når skipet ligg i sommarsone.
d) Ta ut KY-verdiar etter lasting og rekn ut GZ-kurva for denne lastetilstanden.
e) Teikn GZ-kurva og finn maksimum stabilitet og utstrekninga av stabiliteten.
f) Rekn ut den dynamiske stabiliteten og kontroller om skipet fyller krava.

2 MS Linda har djuptgåande F = 7,50 m og A = 7,70 m. Vi skal laste til sommarmerket, og lasta kan plasserast i rom nr. 2, 4 og 6 (maksimalt 1500 tonn i kvart rom). Etter at skipet er lasta, ønskjer vi at det skal ha ein aktertrim på 0,50 m.
a) Fordel lasta slik at vi får den trimmen vi ønskjer. KG før lasting var 8,20 m. Gå ut frå at lasta blir plassert i tyngdepunkta i kvart av romma.
b) Kva blir KG etter lasting?

c) Tilfredsstiller vi krava til GZ = 0,20 m ved 30° krenging?

3 MS Linda har djuptgåande F = 5,10 m, A = 6,15 m og KG er 8,35 m. Det tek om bord desse lastene:
Rom 1: 1000 tonn *vcg* = 8,00 m
Rom 2: 1300 tonn *vcg* = 8,50 m
Rom 3: 800 tonn *vcg* = 8,30 m
Rom 4: 1000 tonn *vcg* = 8,30 m
Rom 5: 1500 tonn *vcg* = 8,50 m
Rom 6: 1500 tonn *vcg* = 8,60 m
Tyngdepunkta i langskipsretninga er som oppgitt på lasteplansjen.
a) Rekn ut KG etter lasting.
b) Rekn ut trim og djuptgåande etter lasting.
c) Rekn ut og teikn GZ-kurva.
d) Rekn ut den dynamiske stabiliteten.
e) Det viser seg at stabiliteten er dårleg og trimmen er lite tilfredsstillande. DB tank nr. 6 kan brukast til bunkers (ρ = 0,95). Dersom vi ønskjer ein GZ-arm ved 30° på 0,20 m, er det nok å fylle tank nr. 6? Vis med utrekning. Korleis blir no trimmen?

4 MS Linda er i tom tilstand. Det skal laste bulklast som stuvar 1,30 m^3/tonn. Skipet har inne 300 tonn tungolje (ρ = 0,95) på DB tank nr. 5 og 200 tonn på DB nr. 6. På DB tank nr. 7 har det 100 tonn diesel (ρ = 0,90). Ferskvasstanken er fylt med 100 tonn ferskvann. Crew & stores veg 300 tonn (tyngdepunktet for lett skip). Skipet skal laste til sommarmerket.
a) Rekn ut kor mykje last skipet kan ta om bord.
b) Rekn ut djuptgåande etter lasting. Dersom skipet ikkje kan ta alle rom fulle, skal rom 3 vere *slakt*. Tyngdepunktet over kjøl i eit slakt rom skal reknast ut frå tabell over volum og vcg (tabell for kornlasting).
c) Rekn ut KG idet du tek omsyn til effekten av fri væskeoverflate.
d) Rekn ut og teikn GZ-kurva.
e) Rekn ut den dynamiske stabiliteten.
f) Vi ønskjer at skipet skal ha ein framtrim på 0,50 m ved avgang. Vi kan eventuelt trimme skipet ved å fylle ferskvatn på frampeaken eller akterpeaken og ta tilsvarande mindre bunkers i DB tank nr. 5. Rekn ut kor mykje ferskvatn du må fylle på desse tankane.

5 MS Linda har djuptgåande F = 5,60 m, djuptgåande A = 5,80 m og KG = 8,25 m. Det lastar og lossar desse lastene:
Rom 1: lastar 500 tonn *vcg* = 8,50 m
Rom 2: lossar 400 tonn *vcg* = 8,30 m
Rom 3: lastar 800 tonn *vcg* = 8,00 m
Rom 4: lossar 350 tonn *vcg* = 9,00 m
Rom 5: lastar 800 tonn *vcg* = 9,50 m
Rom 6: lastar 400 tonn *vcg* = 8,40 m
I langskipsretninga blir lasta plassert i tyngdepunkta som oppgitt i lasteskala frå App. Dekkslast: 100 tonn *vcg* = 12,50 m, App = 73,00 m. Det blir teke inn 250 tonn bunkersolje i DB tank nr. 3 og 300 tonn i DB tank nr. 4 (tankane er no fulle). Vi fyller også 80 tonn ferskvatn på ferskvasstanken. Tyngdepunkta er rekna som for fulle tankar.
a) Rekn ut ny KG.
b) Rekn ut nytt djuptgåande.
c) Rekn ut GZ-verdiar og teikn GZ-kurva.
d) Rekn ut den dynamiske stabiliteten.
e) Skipet har ledig kapasitet og får tilbod om å laste 40 containerar à 20 tonn på dekk. Tyngdepunktet for containerane er rekna å liggje 15 m over kjølen. Ettersom vi er redde for at stabiliteten kan bli dårleg, kan vi fylle bunkers i DB nr. 5 om det blir nødvendig. Vi skal da rekne med fri væskeoverflateeffekt.
Vi kan plassere opptil 10 containerar ved luke 6, App = 50 m,

opptil 10 containerar ved luke 5, App = 70 m, opptil 10 containerar ved luke 4, App = 90 m, opptil 10 containerar ved luke 3, App = 110 m og opptil 10 containerar ved luke 2, App = 130 m. Plasser containerane slik at skipet ligg utan trim ved avgang (even keel).

6 MS Linda har djuptgåande F = 6,80 m og djuptgåande A = 7,50 m, KG = 8,40 m. Det lastar og lossar desse lastene:
Rom 1: lastar 300 tonn *vcg* = 8,50 m
Rom 2: lastar 700 tonn *vcg* = 7,80 m
Rom 3: lossar 1000 tonn *vcg* = 8,30 m
Rom 4: lastar 1500 tonn *vcg* = 8,20 m
Rom 5: lastar 800 tonn *vcg* = 8,40 m
Rom 6: lastar 1000 tonn *vcg* = 8,15 m
I langskipsretninga reknar vi at lasta er plassert i tyngdepunktet til romma.
Vi fyller 300 tonn bunkers på DB tank nr. 3, som no er heilt full, og fyller 75 tonn ferskvatn på ferskvasstanken. På dekk lastar vi 100 tonn *vcg* = 12,00 m og App = 55,00 m.
a) Rekn ut trim og stabilitet for skipet.
b) Vi finn ut at skipet har dårleg stabilitet, og at den akterlege trimmen er altfor stor. Det er mogeleg å laste 500 tonn i rom nr. 3, *vcg* = 8,20 m og tilsvarande mindre i dei andre romma (vi går ut frå at tyngdepunkta i romma er uendra). For å betre stabiliteten kan vi fylle bunkers i DB tank nr. 4 (tyngdepunkt ca. nullkryss), men vi skal da gå ut frå at vi får fri væskeoverflateeffekt.
Last skipet slik at det får ein aktertrim ved avgang på 0,50 m og GZ 30° ≥ 0,20 m.
c) Korleis endrar stabiliteten seg på reisa når vi brenn bunkers frå DB tank nr. 4?

7 MS Linda skal laste til sommarmerket. Det er brakkvatn, og tettleiken på vatnet er 1,005 t/m^3. Djuptgåande F = 4,50 m, djuptgåande A = 5,50 m. Djuptgåande midtskips: styrbord 4,90 m og babord 4,85 m. KG = 7,80 m.
a) Rekn ut nøyaktig kor mykje last skipet kan ta.
b) Skipet skal laste i alt 9000 tonn i romma, og opptil 300 tonn skal vere dekkslast ved luke 3 og luke 4 dersom stabiliteten er god nok. I DB tank nr. 5 blir det fylt 300 tonn bunkers (tanken er da full), og vi fyller 80 tonn ferskvatn i ferskvasstanken. Fordel lasta slik at skipet ligg omtrentleg *even keel* ved avgang, og med 0,35 m ≤ GZ-arm ved 30° ≤ 0,40 m (vi ser bort frå effekten av fri væskeoverflate). I langskipsretninga skal vi bruke tyngdepunkta i romma. I vertikalretninga går vi ut frå at tyngdepunkta for lasta ligg 8,20 m over kjølen. Vi kan ikkje ta meir enn 2300 tonn i noko rom. Noko av den resterande dødvekta kan vi bruke til bunkers i DB tank nr. 6 dersom krava til stabilitet ikkje er oppfylte. Dekkslasta har ei høgd over kjølen = 14 m, og avstanden frå App = 80 m. For tankane bruker vi tyngdepunkt som oppgitt i plansjen.
Tips: Prøvelast ved å fordele lasta i romma etter skjønn. Ein metode er å plassere lik vekt i alle rom, eller å plassere lik vekt i alle rom så nær som i to rom som ligg langt frå kvarandre. Rekn ut KG og trim og samanlikn så med dei krava som er sette. Det lønner seg deretter å ta for seg eitt krav om gongen, og ofte er det ein fordel å ta for seg krava til KG først. Deretter tek vi for oss krava til trim. Når vi har gjort alle utrekningane, må vi alltid ta ei enkel kontrollrekning på KG og trim for å eliminere feil.
c) Rekn ut djuptgåande for skipet i sjøvatn når vi reknar med ein sagg på 0,10 m.

d) Rekn ut og teikn GZ-kurva dersom vi gå ut frå at DB tank nr. 6 er slakk. Rekn ut den dynamiske stabiliteten, og kontroller om krava til stabilitet er oppfylte.

8 MS Linda lastar i ei hamn der tettleiken er 1,005. Etter lastinga vart KG utrekna til 7,82 m, og djuptgåande vart avlesen til: F = 8,45 m, A = 9,00 m. Midskips: styrbord = 8,83 m, babord = 8,85 m.
a) Kva var det korrekte deplasementet for skipet, og kor mykje ledig dødvekt har det når vi kan laste til sommarmerket?
b) Skipet kan ta den ledige dødvekta som dekkslast og eventuelt som bunkers i DB tank nr. 5 (ρ = 0,95). Dersom tanken blir brukt, skal han fyllast heilt. Kva for KG må skipet laste til for å få ein GZ-arm på 0,40 m ved 30°?
c) Kor mykje dekkslast kan skipet ta maksimalt for å tilfredsstille krava til GZ-arm ved avgang ut frå at tyngdepunktet for dekkslasta er rekna til 14,5 m over kjølen?

9 MS Linda ligg i ei hamn der tettleiken er 1,025. Skipet skal laste til sommarmerket. Djuptgåande før lasting: F = 1,10 m, A = 4,00 m. Skipet har inga skrogbøying. Det skal laste ei bulklast som stuvar 0,90 m^3/tonn.
a) Kor mykje last kan skipet laste?
b) Kva for trim får skipet etter lasting når lasta blir fordelt likt i alle rom?
c) Kor mykje last må skiftast frå rom nr. 1 til rom nr. 4, 5 og 6 (lik last i desse romma) dersom skipet skal få ein aktertrim ved avgang på 0,20 m?

10 MS Linda skal laste laus last som stuvar 1,5 m^3/tonn.
a) Kor mange tonn kan skipet laste i kvart rom?
b) Middeldjuptgåande før lasting var 2,60 m, og KG var 7,75 m. Rekn ut nytt djuptgåande og KG etter lasting.
c) Kan skipet ta meir last, og kor mykje kan det i tilfelle ta før det kjem på lastemerket i sommarsona?
d) Rekn ut GZ for oppførte KY-verdiar og teikn GZ-kurva.
e) Rekn ut den dynamiske stabiliteten.

11 MS Linda ligg i sommarsone. Det er brakkvatn, og tettleiken er 1,005 t/m^3. Djuptgåande F = 6,50 m, djuptgåande A = 7,50 m. Djuptgåande midtskips er styrbord 7,08 m, babord 7,10 m.
a) Rekn ut nøyaktig kor mykje last skipet kan ta når distansen til vintersona er 800 nautiske mil. Farten er 15 knop, og forbruket per døgn er 25 tonn bunkers og 5 tonn ferskvatn.
b) Skipet lastar i alt 3000 tonn, som blir fordelt i rom nr. 1 og rom nr. 4 slik at trimmen ved avgang i brakkvatn blir –0,20 m. Rekn ut talet på tonn i rom nr. 1 og rom nr. 4 (bruk tyngdepunkta i romma).
c) Rekn ut kva for djuptgåande skipet får i sjøvatn etter at det er lasta når vi gå ut frå at skipet no har hogg = 0,08 m.
d) Skipet bruker bunkers frå DB tank nr. 5 og ferskvatn frå akterpeaken. Distansen til framkomsthamna er 4000 nautiske mil. Kva for trim måtte skipet hatt ved avgang dersom det skulle lege *even* ved framkomst? Det er brakkvatn med tettleik 1,015 t/m^3 i framkomsthamna.

12 Eksamensoppgåve hausten 1991
MS Linda ligg i januar månad i ei søramerikansk hamn og lastar for Noreg. Hamna ligg i tropesone, og det er brakkvatn ved lastekaia med tettleik 1,004.
Rom nr. 1, 3 og 5 skal lastast fulle med sekkelast som stuvar 1,50 m^3/tonn. I rom nr. 2, 4 og 6 skal det lastast bulklast som stuvar 1,06 m^3/tonn. Denne lasta har ein naturleg rasvinkel over 35°.
På dekk skal ein laste 64 containerar med standarddimensjonar. Kvar av containerane veg 15 tonn. To av containerane inneheld pakka farleg gods.

Vi reknar med at dekkslasta blir plassert slik at gjennomsnittstyngdepunktet for lasta blir 15 m over kjøl og 58 m frå App.
Distansar langs ruta som skal følgjast:
Frå lastehamna til N 20° (sommarsona): 1510 nautiske mil
Frå lastehamna til N 43° (vintersona): 2850 nautiske mil
Frå lastehamna til lossehamna: 4850 nautiske mil
Ved avgang skal vi forutan lasta ha inne stores osv. 250 tonn med felles tyngdepunkt i G for tomt skip, tungolje, diesel, smørjeolje og vatn for reisa + 25 % ekstra.
Utrekna fart er 15,5 knop, og forbruket er rekna til:

Tungolje:	23 tonn per døgn
Diesel:	2 tonn per døgn
Smørjeolje:	1 tonn per døgn
Ferskvatn:	5 tonn per døgn
Stores osv.:	3 tonn per døgn

Plassering av bunkers osv. ved avgang:
Tungolje: Tungoljedagtank full og resten på DB tank nr. 6
Diesel: På dieseldagtank
Smørjeolje: På smørjeoljetank som tek 40 m^3
Ferskvatn: På ferskvasstank
Vi skal laste slik at skipet får ein aktertrim på 0,50 m ved avgang frå kai. (BB_1 blir sett til 0,05 m.) Trimmen blir justert med bulklasta slik at rom nr. 4 blir lasta fullt, og resten blir fordelt på rom nr. 2 og 6.
Sjå bort frå eventuell skrogbøying.

a) Kor mykje bunkers, diesel, smørjeolje og vatn skal vi ha om bord ved avgang?
b) Kor mykje last kan skipet ta inn?
c) Kva for djupgangar skal skipet ha F, A og midtskips ved kaia når det er ferdiglasta?
d) Dekkslasta er ein nokså stor del av dødvekta til skipet. På bakgrunn av reglane til skipskontrollen skal du gjere greie for dei opplysningane skipet skal ha om bord, og for korleis dekkslasta skal sikrast før skipet går til sjøs.
e) Kva for spesielle krav må vi hugse på når vi tek mot og plasserer dei to containerane med pakka farleg gods?

13 Eksamensoppgåve frå Haugesund maritime vidaregåande skole
MS Linda ligg i New Orleans og lastar for Rotterdam. Tettleiken på lasteplass er 1,00. Lasteromma som blir brukte, blir lasta fulle av homogen last, med unntak av rom nr. 1 og rom nr. 4, som skal brukast til å trimme skipet til even keel. For å finne *vcg* i rom nr. 1 og rom nr. 4 skal vi rekne med ein stuvingsfaktor = 1,36 m^3/tonn.

I rom nr. 1 og rom nr. 4 fordeler vi 2150 tonn

Rom nr. 2:	2630 tonn
Rom nr. 3:	2650 tonn
Rom nr. 5:	2640 tonn
Rom nr. 6:	2350 tonn
Stores:	300 tonn plassert i L/S tyngdepunkt
Symjebasseng:	30 tonn (ferskvatn)
Diesel:	47 tonn
Tungolje:	67 tonn
Smørjeolje:	36 tonn (*lcg* = 29,81 m, ρ = 0,90)
Botntank nr. 5:	300 tonn (ρ = 0,95)
Botntank nr. 7:	70 tonn (ρ = 0,90)
Smørjeoljetank:	37 tonn (*lcg* = 20,60 m, ρ = 0,90)
Ferskvatn på AP	158 tonn

a) Rekn ut djuptgåande og GM ved avgang kai.

Etter at skipet er lasta, får vi spørsmål om å ta om bord eit tunglyft på 300 tonn på dekk. Før vi tek lyftet vil vi kontrollere stabiliteten med ei krengjeprøve. Vi får låne fire vekter à 10 tonn som vi plasserer på babord side av luke 4. Avstanden mellom vekta og senterlinja er 8 m, og *vcg* = 14 m. Ei loddsnor som er fest 10 m over eit tverrbord, slår ut 0,14 m. Deretter tek vi vektene i land.

b) Rekn ut GM etter krengjeprøva.

Tunglyftet blir plassert på babord side av luke 4, *vcg* = 14 m og avstanden frå senterlinja = 6,5 m.

c) Kor mykje krengjer skipet etter at lyftet er sett på plass?

For å rette opp skipet fyller vi botntank nr. 4 styrbord med ferskvatn. Tyngdepunktet for tanken ligg 5,0 m frå senterlinja.

d) Kva blir resultatet?

14 Eksamen vår 1995

MS Linda er i sjøen på reise frå Montevideo til Amsterdam 2. april da det kjem spørsmål frå fraktaren via reiarlaget om å gå til Recife i Brasil (S 08°04', W 34°52') for å laste mest mogeleg som dekkslast av eit parti på 600 tonn.

Det er også mogeleg å bunkre tungolje på ein av botntankane for å halde oppe ein rimeleg stabilitet for vidare segling.

Vi må ta desse omsyna for dette lasteoppdraget:

- avgang Recife 5. april
- gjennomsnittsfart på reisa er 14,5 knop
- dagleg forbruk er totalt 32 tonn
- djupgang ved framkomst Recife er 8,70 m *even keel,* og det gir eit deplasement på 20 700 tonn og ein KG på 6,86 m. Skipet har ingen slakke tankar

Vi reknar også med at det er sjøvatn i Recife med tettleik 1,025.

Distansen frå Recife til sommarsona på N 30° er 2578 nautiske mil, og derfrå til den periodiske vintersona ved Cape Torinana er det 800 nautiske mil.

Vi reknar med ein vcg for dekkslasta på 13,90 m, og ein KY ved 30° på 4,30 m ved avgang Recife. Vi vil ha ein GZ ved 30° på 0,80 m ved avgang Recife.

a) Kor mykje dødvekt har skipet til rådvelde når det kjem fram til Recife?

b) Kor mykje dekkslast kan skipet laste utan å fylle bunkers på nokon av tankane? Dersom vi vel å bunkre i tillegg til dekkslasta, skal DB tank nr. 6 brukast. Vi må ta omsyn til at denne tanken blir slakk.

c) Kor mange tonn dekkslast kan skipet da laste, og kor mykje bunkers må vi ta inn på DB tank nr. 6?
Tettleik på bunkersoljen er 0,95.

15 Eksamen hausten 1996

MS Linda skal laste ei full bulklast i Gove, Australia for Rotterdam. Reisa går via Suezkanalen og Gibraltar med pårekna avgang frå Gove 5. april. Det er sjøvatn med tettleik 1,025 i lastehamna.

Posisjonar:

Gove:	S 12°12'	E 136°40'
Port Said:	N 31°15'	E 32° 18'
Cape Torinana:	N 42°53'	W 09°16'
Rotterdam:	N 51°55'	E 04°28'

Distansar:

Gove–Port Said:	7153 nautiske mil
Port Said–Cape Torinana:	2458 nautiske mil
Cape Torinana–Rotterdam:	816 nautiske mil

Ved avgang reknar vi med at lett skip, bunkers, vatn, stores osv. til saman er 6172 tonn og har eit langskips moment på 306 623 tonnmeter og eit vertikalt moment på 43 797 tonnmeter.

Stuvingsfaktor for lasta er 0,95 m³/tonn ferskvatn, og det blir lasta slik:
Rom nr. 1, 3 og 5 blir lasta fulle, avrunda nedover til nærmaste heile tonn. I rom nr. 4 blir det lasta 1700 tonn, og resten blir fordelt mellom rom nr. 2 og rom nr. 6, slik at skipet får ein aktertrim 0,50 m ved avgang.
Dagleg forbruk av bunkers, vatn osv. er til saman 29 tonn med ein gjennomsnittsfart på 14,5 knop.

a) Kva for lastesone blir avgjerande for det kvantumet vi kan laste inn?
b) Kor mange tonn kan skipet laste, og kva blir deplasementet ved avgang Gove?
c) Kor mange tonn kan lastast i rom nr. 2, og kor mange tonn kan lastast i rom nr. 6?
d) Ved avgang var DB tank nr. 5 styrbord og babord og ferskvasstank styrbord og babord slakke. På DB tank nr. 5 styrbord og babord er det tungolje med tettleik 0,95.
e) Rekn ut korrigert KG og GM ved avgang Gove.

16 Eksamen våren 1996
MS Mercandian Importer ligg i juli månad i le Havre og skal losse ein del av lasta og deretter laste for lossehamn Bordeaux. Distanse le Havre–Bordeaux er 480 nautiske mil. Dagleg forbruk ved 14 knop er rekna til 10,5 tonn brennolje og 3,5 tonn ferskvatn. (Sjå bort frå forbruk i le Havre.)
Skipet skal losse alt frå mellomdekka (tween deck) og lukene (hatches) i le Havre. Denne lasta stuvar 1,40 m³/tonn (Bales), mellomdekka og lukene var fullasta ved framkomst i le Havre.
Avlesne djupgangar ved framkomst le Havre: F = 5,05 m, A = 5,15 m i sjøvatn, tettleik = 1,025.
Etter å ha lossa ut mellomdekk og luker i le Havre, skal skipet laste i mellomdekka for Bordeaux, der det er brakkvatn med tettleik 1,007, og der maksimal djupgang er 5,00 m.

a) Kor mange tonn blir lossa i le Havre?
b) Kva er dødvekta til skipet etter at vi har lossa i le Havre?
c) Kor mykje last kan vi laste i mellomdekka?
d) Korleis skal lasta i mellomdekka fordelast når vi reknar med at lossinga i le Havre i tillegg til forbruket til Bordeaux omfattar eit langskipsmoment på 57 599 tonnmeter ?

17 Eksamen ½-årig skipperkurs våren 1989
MS Mercandian Importer ligg i Danmark 4. april 1989, klar for lasting. Det er vanleg saltvatn i lastehamna, men djuptgåande ved kaien er avgrensa til 5,55 m Ved avgang skal skipet ha inne bunkers og ferskvatn for 10 døgns segling i tillegg til 3 døgns forbruk i reserve. Utrekna forbruk er 10 tonn brennolje og 2 tonn ferskvatn per døgn. Bunkers, vatn og stores blir plasserte slik:

15 tonn stores/proviant osv. (vcg = 9 m, lcg = 25 m)	
Ferskvatn F/V-tank nr. 6, SB & PS	
Brennolje F/O-tank nr. 2c, SB & PS	Full
" Settlingtank SB & PS	Full
" Servicetank aft	Full
" F/O-tank nr. 4, SB & PS	Resten av oljen
Smørjeoljar Lub.oil-tank	2,0 tonn

I underromma og mellomdekk nr. 1 og 2 skal det lastast laus last i bulk som stuvar 1,3m³ per tonn. I tillegg skal skipet laste så mykje stålrør som mogeleg på dekk. Dekkslasta skal plasserast på begge sider av lukene, og *vcg* er rekna å bli 8,0 m. Ettersom vi reknar med å laste dekkslasta til slutt, skal ho plasserast med ein lcg som gir *even keel* trim ved det djuptgåande vi ønskjer.

a) Kor mange tonn last kan skipet ta inn i lasteromma, og kor mange tonn last kan det ta på dekk?

b) Korleis skal dekkslasta plasserast (ved kva for *lcg*) for at vi skal få den trimmen vi ønskjer?
c) Kva ville høgaste tillatne *vcg* for dekkslasta ha vore dersom ønskt GZ ved 30° ikkje skulle vere mindre enn 0,25 m?
d) Rekn ut og teikn stabilitetskurve etter lastinga. Ta omsyn til slakke tankar.
e) Vi reknar at reisa tek 10 døgn. Ved framkomst er settlingtank SB & PS og servicetank akter pumpa fulle, og resten av bunkersoljen er på F/O-tank nr. 4 SB & PS.
f) Rekn ut djuptgåande F, A og M ved framkomst. Det er reint ferskvatn i lossehamna.

18 Eksamensoppgåve ½ årig skipperkurs hausten 1988
MS Mercandian Importer ligg 10. juli i Bergen og skal laste for Lisboa i Portugal. Lasta er ei homogen laus last, og lasta som skal lastast i underromma, har ein stuvingsfaktor på 1,2, og lasta i mellomdekka og lukene har ein stuvingsfaktor på 1,4. Underromma skal lastast fulle. Det er avgrensa djuptgåande i lossehamna, største tillatne djuptgåande i Lisboa er oppgitt til 5,60 m ved kai i brakkvatn. Saltinnhaldet i Bergen er 1,025, og i Lisboa er saltinnhaldet oppgitt til 1,009.
Vi vil laste fartøyet så det ligg *even* på 5,60 m i brakkvatn når det kjem til Lisboa. Vi tek ikkje omsyn til at fartøyet endrar trim ved overgang frå saltvatn til brakkvatn.
Seglingstida frå Bergen til Lisboa er 5 døgn. Forbruket per døgn er 8 tonn bunkers frå tank 7 styrbord og babord, og 2 tonn ferskvatn frå tank 6 styrbord og babord.
Ved avgang Bergen har vi:

Proviant/stores	= 20 tonn (*vcg* = 9 m, *lcg* = 25 m)
Ferskvatn tank 6	= 40 tonn
Brennolje FO-tank CT 2	= full
Brennolje FO-tank 7 SB og BB	= full
Smørjeolje lub. oil tank	= full

Dersom nokon av romma, mellomdekka eller lukene blir slakke, skal vi rekne vcg som for fulle rom eller luker.
a) Kor mange tonn kan vi laste i Bergen?
b) Kva blir djuptgåande F, A og M ved avgang Bergen?
c) Korleis skal vi fordele lasta for å få den trimmen vi ønskjer?
d) Rekn ut og teikn GZ-kurve ved avgang Bergen.
e) Rekn ut den dynamiske stabiliteten.

10 Kornlasting

Det har alltid vore ein viss fare for at ei kornlast skal kaste seg eller for at ho skal brenne eller eksplodere. I tillegg er det ofte ulemper med skadedyr og insekt. I rom der det blir lagra korn, kan det på grunn av rotneprosessar bli oksygenmangel, og då er det også fare for at personar som er i rommet, skal bli kjøvde.

Det har vore brukt ulike metodar for å sikre at kornet ikkje skal kaste seg. Langskipsskott og fødarar var vanlege for dei fleste stykkgodsskipa som frakta korn. Å setje opp langskipsskott og fødarar var tidkrevjande og dyrt, og det er for lengst ein tilbakelagd periode i skipsfarten. Den teknologiske utviklinga har gjort at skipa no blir bygde slik at dei under normale lastetilstandar oppfyller dei krava styresmaktene set til transport av korn.

SOLAS av 1974 med seinare endringar (utgåve 1997)

Kapittel VI del C handlar om transport av korn. Reglane 8 og 9 viser til *International Code for Safe Carriage of Grain in Bulk*. Her skal vi nemne nokre av dei viktigaste IMO-reglane som ein skipsførar bør ha kjennskap til:

Del A:

2 Definisjonar

2.1 Uttrykket *korn* gjeld kveite, mais, havre, rug, bygg, ris, belgfrukter, frø og produkt av dei som verkar på liknande måte som korn i naturleg tilstand.

2.2 Uttrykket *fylt rom, trimma* er kva som helst rom der korn i bulk etter lasting og trimming er på det høgast mogelege nivået, som kravd i A 10.3.1.

2.3 Uttrykket *fylt rom, utrimma* er eit lasterom som er fylt til det maksimale innafor lukeopninga, men som ikkje er trimma utanfor periferien av lukeopninga anten etter A 10.3.1, som gjeld alle skip, eller A 10.3.2, som gjeld spesielt eigna rom.

2.4 Uttrykket *delvis fylt rom* er kva som helst rom der korn i bulk ikkje er lasta som omtalt i A 2.2 eller A 2.3 i denne regelen.

2.5 Uttrykket *fyllingsvinkel* (θ_f) er ein krengjevinkel der opningar i

skrog, overbygningar eller dekkshus som ikkje kan lukkast tette for vêret, blir neddykka. Når vi bruker denne definisjonen, treng ikkje små opningar der det ikkje kan skje noka fylling, reknast som opne.

2.6 Uttrykket stuasjefaktor som blir brukt ved utrekningar av krengjemomentet til kornet, er volum per vekteining av lasta som er meld ved lastinga, det vil seie at det ikkje skal takast omsyn til tapt volum når lasterommet er nominelt fylt.

2.7 Uttrykket spesielt eigna rom er lasterom som er konstruerte med minst to vertikale eller skråna langskips, korntette avdelingar som er samanfallande med sidedragarane (bjelkane), eller er såleis plasserte at dei avgrensar effekten av tverrskips kasting av kornet. Om avdelingane skrånar skal vinkelen ikkje vere over 30° med horisontalen.

3 Godkjenning

3.1 Det skal skrivast ut eit godkjenningsdokument for alle skip som er lasta i samsvar med reglane i koden, anten av administrasjonen eller av ein organisasjon som administrasjonen har godkjent, eller av ei kontraherande regjering på vegner av administrasjonen. Dokumentet skal aksepterast som prov på at skipet er i stand til å tilfredsstille krava i desse reglane.

3.2 Dokumentet skal følgje med eller takast inn i manualen for kornlasting som er skaffa for å setje skipsføraren i stand til å oppfylle krava i A 7. Manualen skal oppfylle krava i A 6.3.

3.3 Eit slikt dokument, stabilitetsdata for kornlasting og tilhøyrande teikningar, kan tekstast i det eller dei offisielle språka i det landet som skriv ut dokumentet. Dersom det språket som blir brukt, verken er engelsk eller fransk, skal teksten innehalde ei omsetjing til eitt av desse språka.

3.4 Ein gjenpart av eit slikt dokument, stabilitetsdata for kornlasting og tilhøyrande teikningar, skal oppbevarast om bord for at skipsføraren på oppmoding skal leggje dei fram til inspeksjon for den kontraherande regjeringa i det landet lastehamna ligg.

3.5 Eit skip utan eit slikt godkjenningsdokument skal ikkje laste korn før skipsføraren på ein måte som tilfredsstiller administrasjonen eller den kontraherande regjeringa i det landet lastehamna ligg, på vegner av administrasjonen, påviser at skipet i den tiltenkte lastetilstanden tilfredsstiller krava i koden.

5 Fritak ved visse reiser

Administrasjonen eller ei kontraherande regjering kan på vegner av administrasjonen frita eit skip eller klassar av skip frå desse spesielle krava dersom ein reknar reisa for å vere så verna og forholda på reisa såleis at det verkar urimeleg eller unødvendig å bruke nokon av krava i koden.

6 Informasjon gjeldande stabiliteten til skipet og kornlasting

Informasjon i skriftleg form skal vere utfyllande nok til å setje skipsføraren i stand til å forsikre seg om at skipet tilfredsstiller krava i koden når skipet fører korn i bulk på ei internasjonal reise. Informasjonen skal innehalde A 6.2 og A 6.3

6.2 Informasjonen skal godkjennast av administrasjonen eller av ei kontraherande regjering på vegner av administrasjonen, og skal innehalde:

6.2.1 karakteristika for skipet
6.2.2 lettskips deplasement og den vertikale plasseringa av tyngdepunktet
6.2.3 tabellar for korreksjonar av fri væskeoverflate
6.2.4 volum og tyngdepunkt
6.2.5 kurve eller tabell over fyllingsvinkel, når mindre enn 40°, for alle tillatne deplasement
6.2.6 kurver eller tabellar over hydrostatiske eigenskapar ein kan nytta innom det djupgåande skipet kan operere
6.2.7 stabilitetskrysskurver som tilfredsstiller krava i A 7 og som inkluderer kurver for 12° og 40°
6.3 Informasjon som skal godkjennast av administrasjonen eller av ei kontraherande regjering på vegner av administrasjonen, skal innehalde:
6.3.1 kurver eller tabellar over krengjemomenta til kornet for kvart rom, fylt eller delvis fylt, eller ein kombinasjon av det, inklusive effekten av mellombels installasjonar
6.3.2 tabellar over maksimalt tillatne krengjemoment eller andre opplysningar som er tilfredsstillande såleis at skipsføraren skal kunne påvise samsvar med krava i A 7.1. Desse krava gjeld skip med kjøl strokke etter at koden trådde i kraft (1. januar 1994)
6.3.3 detaljar om materialdimensjonane av mogelege mellombels installasjonar og der det er påkravd, nødvendige tiltak for å tilfredsstille krava i A7, A8 og A9
6.3.4 lasteinstruksjonar i form av ei summarisk oppstilling av krava i koden
6.3.5 eit utarbeidd døme til rettleiing for skipsføraren
6.3.6 typiske lastetilstandar i avgangs- og framkomsttilstand og om nødvendig også dei minst gunstige mellomtilstandane på reisa

7 Krav til stabilitet

7.1 Intakt stabilitet for alle skip som fører korn, skal vere tilfredsstilt gjennom heile reisa, i det minste skal desse kriteria oppfyllast etter at det er teke omsyn til dei forholda som er omtalte i del B (metodar for utrekning av volumetrisk krengjemoment) og C (SOLAS-reglar) i koden, og krengingsmoment på grunn av forskyving av kornet.
7.1.1 krengjevinkelen fordi kornet kan kaste seg, skal ikkje vere større enn 12°, eller for skip som er konstruerte etter 1. januar 1994, til den krengjevinkelen der dekkslinja av vêrdekket i borde blir neddykka i stille vatn, om han er mindre enn 12°
7.1.2 i diagrammet for statisk stabilitet skal netto areal eller det arealet som er att mellom kurva for den krengjande armen og kurva for den retta armen, ikkje i noko lastetilfelle vere mindre enn 0,075 meterradianar (4,296 metergradar), rekna opp til den minste av desse krengjevinklane: vinkelen der differansen mellom ordinatane til dei to kurvene er størst, 40° eller fyllingsvinkelen (θ_f)
7.1.3 initialmetasenterhøgda skal etter korreksjon for verknaden av fri væskeoverflate i tankar ikkje vere mindre enn 0,30 m
7.2 Dersom den kontraherande regjeringa i det landet der lastehamna ligg, krev det, skal skipsføraren før det blir lasta korn i bulk, kunne påvise den evna skipet har til å oppfylle stabilitetskrava i denne delen på alle stadium av ei reise
7.3 Etter at skipet er lasta, skal skipsføraren forvisse seg om at skipet ikkje har slagside før det går til sjøs.

8 Stabilitetskrav for eksisterande skip

Med eksisterande skip meiner ein skip med kjøl som er strokke før 25. mai 1980. Skip som lastar korn etter tidlegare godkjende krav og dokument, skal reknast for å oppfylle krava i A 7 i koden. Godkjenningsdokument som tillet slik lasting, skal aksepterast når det gjeld A 7.2. Skip som ikkje har godkjenningsdokumenta om bord, må påvise at dei fyller krava i A 9 (spesielle krav til vekt, langskipsskott, trimming og utrekningar)

10 Trimming av korn i bulk

10.1 All nødvendig og rimeleg trimming skal gjerast for å jamne alle frie kornoverflater og redusere effekten av kornkasting.

10.2 I eit *fylt rom, trimma* skal kornet i bulk trimmast såleis at det fyller alle tomrom under dekk og lukedeksel så godt som råd.

10.3 I eit *fylt rom, utrimma* skal kornet i bulk fyllast maksimalt opp i lukeopningane, men det blir tillate at kornoverflata utanfor lukeopninga dannar ein naturleg rasvinkel.

Merknad: Det kan bli gitt dispensasjon for kravet til trimming for spesielle skip som fyller visse krav.

10.4 Om det ikkje er korn i bulk eller annan last over eit underrom som inneheld korn, skal ein sikre lukene på ein godkjend måte i det ein tek omsyn til mengda av korn og det faste arrangementet som blir brukt for å sikre slike luker.

10.5 Når korn i bulk blir ført på mellomdekket der mellomdekkslukene er stengde, skal lukene gjerast «korntette» ved å tape over skøytane og dekkje heile luka med presenning, seperasjonsduk eller andre brukelege medel.

10.6 Etter at kornet er lasta, skal alle frie kornoverflater i delvis fylte rom trimmast plane.

10.7 Med mindre det er teke omsyn til den ugunstige krengjeverknaden av kornkasting i samsvar med koden, skal overflata av korn i bulk i delvis fylte rom sikrast for å hindre kasting ved å overstue, som sagt i A 16. Alternativt kan kornoverflata sikrast med band eller surringar.

10.8 Underrom og mellomdekk kan lastast som eit rom om ein tek omsyn til krengjemomentet når kornet renn ned i underrommet.

10.9 I eit fylt rom, trimma, fylt rom, utrimma og i delvis fylte rom kan langskipsskott brukast for å redusere den ugunstige effekten på grunn av kornkasting når ein legg til grunn at

10.9.1 langskipsskotta er korntette

10.9.2 konstruksjonane tilfredsstiller krava med omsyn til styrke (A 11, A 12 og A 13)

10.9.3 langskipsskottet på mellomdekket strekk seg frå dekk til dekk og i andre rom strekk seg frå undersida av dekket eller luka som omtala i del B

Merknader til sikring av korn refererer til A 14–18.

Skålforma trimming

I fylte rom kan ein under ei lukeopning erstatte langskipsskottet med ei skålforma trimming av kornet. Skåla og lukeopninga over skåla skal vere fullstendig fylte med korn i sekker eller anna passande last plasserte på separasjonsduk eller tilsvarande og stuva fast mot tilstøytande konstruksjonar.

I staden for korn i sekker kan skåla fyllast med pakka korn i bulk forsynt med surringar på toppen og forsterka underlag i skåla.

Overstuing

Når korn i sekker eller anna passeleg last blir brukt til å sikre kornet, skal overflata av korn i bulk i alle rom som er *delvis fylte,* vere horisontal og dekt med seperasjonsduk eller anna tilsvarande materiale eller med ei passeleg plattform. Seperasjonsduken eller plattforma skal stuvast fast med sekker til ei høgd som ikkje er mindre enn 1/16 av den maksimale breidda av den frie kornoverflata, eller 1,2 m dersom denne verdien er større. I staden for korn i sekker kan vi bruke ei anna passande last som gir minst det same flatetrykket.

Sikring med band eller surringar

Dersom vi sikrar med band eller surringar, må også kornoverflata dekkjast med separasjonsduk eller presenningar og med to faste lag av bord eller tilsvarande arrangement som blir godtekne. Surringane skal vere av stålwire eller av kjetting som er stramma med strekkfiskar. Før ein lastar ferdig, skal surringane festast til spanta i eit punkt 450 mm under den overflata vi reknar med kornet til slutt får, anten med ein 25 mm sjakkel eller med ei spanteklemme som er like sterk. Avstanden mellom surringane skal ikkje vere over 2,4 m, og kvar surring skal understøttast av ein berar som er fastspikra på toppen av det bordlaget som ligg langskips. På reisa skal ein med jamne mellomrom sjå etter surringane og stramme dei der det trengst.

Nokre stabilitetsreglar (del B)

Skipsbyggjaren kan rekne ut det volumetriske krengjemomentet for romma og setje det opp i tabellar eller i kurver. Desse reglane gjeld for slike utrekningar:

Når vi skal rekne ut krengjemoment i *fylte rom, trimma* må kornoverflata etter kasting lage ein vinkel på 15° med horisontalen. Vi reknar tyngdepunktet for lasta i eit *fylt rom, trimma* å vere det volumetriske tyngdepunktet for heile lasterommet. Der administrasjonen tillèt at det blir teke omsyn til verknaden av pårekna tomrom under dekk på den vertikale plasseringa av tyngdepunktet for lasta i fylte rom, trimma, er det nødvendig å kompensere for den ugunstige verknaden av den vertikale kastinga av kornoverflata og såleis auke det pårekna krengjemomentet som kjem av tverrskips kasting av kornet:

Totalt krengjemoment = 1,06 · utrekna tverrskips krengjemoment

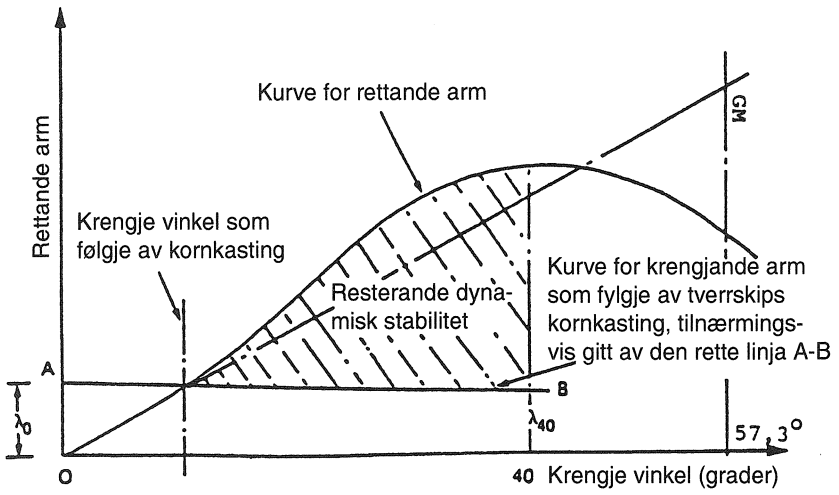
I alle tilfelle skal vekta av lasta i eit *fylt rom, trimma* vere lik volumet av heile lasterommet dividert med stuvingsfaktoren.

Når vi skal rekne ut krengjemoment i *fylte rom, utrimma*, gjeld spesielle reglar. Vi reknar tyngdepunktet for lasta i eit *fylt rom, utrimma* å vere det volumetriske sentrumet for heile rommet, og vi tek ikkje tillegg for tomrom. I alle tilfelle skal vekta av lasta i eit *fylt rom, utrimma* vere lik volumet av lasta dividert med stuvingsfaktoren.

Når vi skal rekne ut krengjemomentet i *delvis fylte rom,* skal kornoverflata etter kasting ha ein vinkel på 25° med horisontalen. I *delvis fylte*

rom skal vi ta omsyn til den ugunstige verknaden av den vertikale kastinga av kornoverflata slik:

Totalt krengjemoment = 1,12 · utrekna tverrskips krengjemoment



Figur 10.1

Med referanse til figur 10.1:

1 Den krengjande armen (λ) reknar vi ut slik:

$$\lambda_o = \frac{\text{pårekna volumetrisk krengjemoment på grunn av kasting av korn}}{\text{deplasement} \cdot \text{stuvingsfaktor}}$$

$$\lambda_{40^\circ} = 0{,}80 \cdot \lambda_o$$

Vi trekkjer den krengjande armen som ei rett linje frå λ_o til λ_{40°.

Stuvingsfaktor = volum per vekteining kornlast
deplasement = vekt av skip, brennstoff, ferskvatn, forråd og last

2 Kurva for den retta armen skal finnast ut frå så mange krysskurver at det blir mogeleg å definere kurva nøyaktig for formålet med desse krava, og ho skal inkludere krysskurver for 12° og 40°.

Kanadisk standardisert kornskjema

I land som Canada, USA og Australia, som er store korneksportørar, har styresmaktene arbeidd ut spesielle kornskjema for å forenkle utrekningsarbeidet i samband med kornlasting. Alle skjema er noko ulike, men dei byggjer på SOLAS-konvensjonen.

Vi skal gå gjennom det kanadiske kornskjemaet *Calculation of stability for vessels loading bulk grain.*

Saman med skjemaet følgjer ein instruksjon for skipsføraren som viser korleis skjemaet skal brukast. Instruksjonen lyder slik:
Captein:
You are required to complete a stability calculation prior to the commencement of loading. This is to indicate your vessel's *worst condition*

during the forthcomming voyage. The Calculation should be made on this form and presented to the Port Warden before the vessel can be issued with a Certificate of Readiness to Load. If there are any subsequent changes to the original stowage plan,(tonnages, commodities or stowage factors), you should prepare a corrected plan for the Port Warden's approval.

The manner in which this calculations is made will depend upon

a) Your type of vessel
b) The geographical position of your loading port, and
c) The type of grain stability information with which your vessel has been provided

Type 1 CALCULATION (5° ANGLE OF HEEL)
If your vessel is a bulk carrier and an «existing ship» under the provisions of IMO Resolution A264 (VIII) Part B, Sec.V(B), you are required to prove that your vessel's angle of heel, if grain shifts, will not exceed 5°. Your stability information will indicate if your vessel is of this type and if so you should complete *only* Tables I, II, III, IV and VIIA.

If your vessel has to meet the provisions of Regulation 4 of the above Resolution,i.e. Maximum Values of a) Angle of Heel 12°, and Minimum Values of b) residual Stability 0,075 metre radians and c) GM 0,30 m, you should complete the form by one of the following methods.

Type 2 CALCULATION (ALLOWABLE* UPSETTING MOMENTS, 12° ANGLE OF HEEL)
If your vessel's grain stability information contains a table of Allowable Upsetting Moments complete only Tables I, II, III, IV, V and VI.

Type 3 CALCULATION (WITHOUT ALLOWABLE UPSETTING MOMENTS, 12° ANGLE OF HEEL) ABBR.
If you are not provided with a table of Allowable upsetting Moments complete *only* Tables I, II, III, IV, V, VIIB and VIII.

If however the GZ curve depicted in your grain stability information booklet that is closest to your proposed loading condition is not of a normal configuration, *or* the maximum GZ value of such curve occurs before 40°, then you should complete:

TYPE 4 CALCULATION (WITHOUT ALLOWABLE UPSETTING MOMENTS, 12° ANGLE OF HEEL) FULL
In this case complete Tables I, II, III, IV, V, VIIB and IX.

TYPE 5 CALCULATION (5° ANGLE OF HEEL) TANKERS
If your vessel is a tanker, all tanks except two (two wings or two centres) must be trimmed full or you will be required to meet the conditions described in TYPE 1 above (5° ANGLE OF HEEL).

Your Administration may have provided you with a statement stating that your vessel at all times meets the required conditions for draft and initial GM values and in this case no calculations is necessary. Alternatively you may have information enabling you to complete a Type 1 Calculation. If not you should complete Tables I, II, III and VIIC.

TYPE 6 CALCULATION (REDUCED STABILITY CRITERIA, SHELTERED WATERS)
If your vessel is loading at more than one port within sheltered waters you may not be able to meet fully the requirements laid down in your stability documents whilst in transit between such ports. In this instance you *may* take advantage of a relaxation of such requirements whilst in transit between ports. In this case you should complete Tables I, II, III and X.

If you meet the requirements of Table X your vessel will not in fact list more than 15° if grain in all slack holds shifts through an angle with the horizontal of 12°, nor will your available freebord be immerses by more than 50%. Before taking advantage of this provision you are advised to study Section II of the Canadian Grain Regulations.

If it is decided to take advantage of this relaxation, it should be borne in mind that your vessel will have to comply fully with the Regulations prior to departure from sheltered waters.

OTHER CONDITIONS
Vessels having onboard documents requiring other than the criteria described above, or no documents, should consult with Port Warden for further instructions.

* It is possible that the term «heeling moment» is used in some stability booklets. This term is an alternative for «upsetting moments» and the two are to be taken to mean the same.

Kommentar til det kanadiske kornskjemaet

Skjemaet er inndelt i ti tabellar. Kva for tabellar skipsføraren skal fylle ut, er avhengig av skipstypen og av dei stabilitetsopplysningane vi har for skipet.

For MS Linda skal vi bruke Type 4 Calculation (Without Allowable upsetting Moments, 12° Angle of Heel) Full.

Det vil seie at tabellane I, II, III, IV, V, VIIB og IX skal fyllast ut.

Tabell I:

Her fører vi inn generelle opplysningar om skipet, og vi teiknar inn plassering av last og ballast.

Tabell II:

Her fører vi inn vekta av lettskipet, stores og last med tilhøyrande *vcg*. For fylte rom bruker vi vcg som oppgitt for dei enkelte romma, og vi skriv ein merknad om det i høgre rubrikk med *V* (volumetric centre). For delvis fylte rom må vi ta vcg ut frå tabellar som er gitt i stabilitets-opplysningane for skipet, og vi skriv ein merknad om det i høgre rubrikk med *C* (cargo centre).

Vi reknar ut og summerer moment for dei enkelte vektene.

For tankane skal vi føre opp vekta for *liquid's worst condition*. Under normale forhold skjer denne tilstanden når vi kjem fram til lossehamna. Vi reknar at skipet da har flest slakke tankar. Tyngdepunktet for væska i tankane er avhengig av mengda av væske. Dei fleste skipa har tabellar eller kurver som viser tyngdepunktet som funksjon av fyllingsgrad eller ullasje. Dersom vi ikkje har slike opplysningar, kan vi rekne ut tyngdepunktet slik:

For botntankar: $vcg = vcg_{\text{full tank}} \cdot Fg$
Fg = fyllingsgrad

$$Fg = \frac{v}{V}$$

v = volum for aktuell tilstand
V = volum av full tank

Tilnærma kan vi i staden for volum bruke forholdet mellom vekter.

For tankar med høgd H over kjølen reknar vi vcg slik:
$Vcg = (vcg_{\text{full tank}} - H) \cdot Fg + H$

Når det ikkje er sagt noko anna, bruker vi i utrekningsoppgåver ofte tyngdepunkt for full tank.

Vi reknar ut og summerer vekter og moment for dei enkelte tankane, reknar ut fri væskeoverflateeffekt for den enkelte tanken av $I \cdot \rho$ og summerer effektane.

Tabell III:

Her reknar vi ut KG og GM. Kravet er at GM > 0,3 m.

Tabell IV:

Her reknar vi ut krengjemomenta på grunn av kastinga av kornet for det enkelte rommet. Vi tek ut *Volumetric upsetting moment* for det enkelte rommet frå tabellar. For delvis fylte rom må vi interpolere i tabellen. Vi reknar ut krengjemomentet ved:

$$\text{Upsetting moment} = \frac{\text{Volumetric upsetting moment}}{\text{Stowage Factor}}$$

Tabell V:

I denne tabellen korrigerer vi for verknaden av den vertikale flyttinga av G når kornet kastar seg i rom som er delvis fylte. Det gjer vi ved å multiplisere *Upsetting Moments* for delvis fylte rom med 1,12. Vi legg til Upsetting Moments for fulle rom og finn *Total Corrected Value of Upsetting Moments*.

Dei fleste skipa har no tabellar eller kurver over tillate maksimum krengjemoment (Maximum Allowable Upsetting Moment). Dersom det aktuelle krengjemomentet er mindre enn det tillatne, kan vi avslutte kornskjemaet med tabell VI.

Tabell VIIB:

Her reknar vi ut krengjevinkelen av formelen:

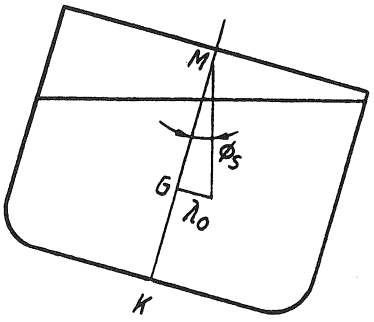
$$\tan \varnothing_S = \frac{\text{Sum Upsetting Moments (Table V)}}{\text{Displacement (Table II)} \cdot GM \text{ (Table III)}}$$

Vi skal vise korleis vi kjem fram til denne formelen. Frå SOLAS-konvensjonen har vi:

$$\lambda_o = \frac{\text{Sum Volumetric Upsetting Moments}}{\text{Stowage Factor} \cdot \text{Displacement}}$$

$$\lambda_o = \frac{\text{Sum Upsetting Moments}}{\text{Displacement}}$$

Frå figur 10.2 har vi:



Figur 10.2

$$\tan \varnothing_S = \frac{\lambda_o}{GM} = \frac{\text{Sum Upsetting Moments}}{\text{Displacement} \cdot GM}$$

Vi finn og at $\lambda_o = GM \cdot \tan \varnothing_S$

Den krengjevinkelen som blir utrekna, skal vere mindre enn 12°. For vanlege bulkskip som fører korn, er kravet til krengjevinkel 5° (tabell VIIA), men vi reknar ikkje Linda som bulkskip ved kornlasting.

Tabell IX:

Her teiknar vi inn GZ-kurva (vi reknar ut GZ-kurva under tabell VIII, Space for Calculations or procom information as required). Frå kurva tek vi ut verdiane for kvar 5° og fører dei inn i rubrikkane for *1st Corrected GZ values.*

Krengjearmen reknar vi ut av:

$\lambda_o = GM \cdot \tan \varnothing_S$ og $\lambda_{40°} = 0{,}8 \cdot \lambda_o$

Vi plottar dei to verdiane inn på kurvearket og trekkjer krengjearmen som ei rett linje mellom desse verdiane. For kvar 5° les vi av krengjearmen og fører verdien inn i rubrikken *Upsetting arm ordinates.*

Vi subtraherer verdien for upsetting arm frå *1st corrected GZ values* og fører differansen inn i rubrikken *Fully corrected GZ values.* Vi plottar verdiane inn på kurvearket.

For å rekne ut dynamisk stabilitet skal vi bruke Simpsons formel. Vi finn avstanden mellom ordinatane av:

$$\text{Intervall} = \frac{40° - \varnothing_S}{6}$$

Som kontroll på at vi har rekna ut korrekt $Ø_S$, skal verdien *for Fully corrected GZ values* for $Ø_S$ vere 0. Vi set av ordinatane frå $Ø_S$ i avstand = utrekna intervall. Som kontroll skal siste ordinat (nr. 7) vere ved 40°. Vi fører verdiane av ordinatane inn i skjemaet og multipliserer med Simpsons faktor. Så set vi *Sum Products* inn i formelen:

$$\text{Area under curve} = \frac{\text{Selectec intervall} \cdot \text{Sum Products}}{3}$$

Den verdien vi får ut, har eininga metergradar. Minimumskrav er at arealet > 4,296 metergradar.

Døme på kornlasting

Som døme på kornlasting skal vi løyse ei eksamensoppgåve frå VK III Nautisk, våren 1991. Oppgåva er omfattande og tek for seg fleire viktige forhold som gjeld planlegging, lasting og lossing.

MS Linda ligg 24.05.91 i Montreal i Canada og skal laste korn for Leningrad i Russland. Det er ferskvatn på lasteplassen med tettleik 1,00.

Vi skal laste rom nr. 1 og 2 fulle med Barley (bygg) med S.F. = 1,4 m^3/ tonn. I dei andre romma skal det lastast Wheat (kveite) med S.F. = 1,25 m^3/ tonn.

Distansen frå Montreal til Leningrad er 4456 nautiske mil, og gjennomsnittsfarten til skipet er utrekna til 15,5 knop.

Forbruket undervegs er rekna til:

Tungolje:	23,00 tonn per døgn
Dieselolje:	2,00 tonn per døgn
Smørjeolje:	0,42 tonn per døgn
Ferskvatn:	Det evaporatoren produserer

Før vi lastar, skal vi komplettere med tungolje, diesel og smørjeolje tilsvarande det forbruket vi får undervegs.

Før vi tek inn bunkers osv., har vi desse mengdene inne:

Stores, crew osv.:	200 tonn med *lcg* og *vcg* for tomt skip
Tungolje:	100 tonn på DB nr. 5
Tungolje:	62 tonn på tungoljedagtank
Dieselolje:	23 tonn på dieseldagtank
Smørjeolje:	10 tonn på smørjeoljetank (tanken tar 40 m^3)
Ferskvatn:	Full ferskvasstank

Vi skal altså bunkre for reisa i tillegg til det vi har inne frå før, og inntaket skal plasserast slik:

Tungolje på W/T i maskin
Dieselolje på dieseldagtank
Smørjeolje på smørjeoljetank, der vi har olje frå før
Forbruk undervegs tek vi frå dei same tankane

a) Kor mye tungolje, dieselolje og smørjeolje skal vi bunkre for reisa?
b) Kor mye korn kan skipet laste i Montreal? Dersom eit av romma blir delvis fylt, skal det vere nr. 1.
c) Kva for djupgang får skipet framme, akter og midtskips når det går frå Montreal?

Etter at skipet er ferdiglasta, får vi melding frå agenten om at skipet bør komme fram til Leningrad på *even keel* på grunn av djuprestriksjonane ved lossekaien.

For å få det til bestemmer vi oss for å lense ut vatn frå ferskvasstanken før framkomst. Trim ved framkomst Leningrad var utrekna til 0,10 m akterleg utan lensing.

d) Kor mykje ferskvatn må lensast ut for at skipet skal liggje på *even keel* når det kjem fram til Leningrad?

Denne framkomsttilstanden må reknast som *worst condition*.

e) Kontroller at skipet tilfredsstiller regelkrava i denne kondisjonen, og fyll ut tabellane II, III, IV, V, VII B og IX i det vedlagde kornskjemaet for Canada.
f) Gjer kort greie for dei faremomenta vi må vere merksame på når vi transporterer korn i bulk.

Løysing:
a)

$$\text{Tid å segle} = \frac{4456}{15{,}5 \cdot 24} = 12 \text{ døgn}$$

Forbruk på reisa (det er ein fordel å gi opp plassering):

Tungolje:	$23 \cdot 12 =$	276	tonn	(W/T maskin)
Diesel:	$2 \cdot 12 =$	24	"	(dieseldagtank)
Smørjeolje:	$0{,}42 \cdot 12 =$	5	"	(smørjeoljedagtank)
Bunkring for reisa		305	tonn	

Vi har valt å rekne ut bunkers i heile tonn.

b)
Skipet har inne før lasting/bunkring:

Stores:	200	tonn	(i lettskips tyngdepunkt)
Tungolje:	100	"	(DB nr. 5)
Tungolje:	62	"	(tungoljedagtank)
Diesel:	23	"	(dieseldagtank)
Smørjeolje:	10	"	(smørjeoljetank, 40m^3)
Ferskvatn:	104,8	"	(ferskvasstank full)
Før lasting/bunkring	499,8	tonn	
Bunkring	305,0	"	
Dødvekt før lasting:	804,8	tonn	
Dødvekt til sommarmerket:	16 546	tonn	
Skipet kan laste i alt:	15 741,2	tonn	

Vi har gitt opp ferskvatn for full tank, men vi kunne også ha rekna på heile tonn. Vi vel også å rekne ut lasta med éin desimal.

Utrekning av kapasitet:

Rom 2: $\frac{3577}{1,4}$	=	2555	tonn
Rom 3: $\frac{3607}{1,25}$	=	2885,6	tonn
Rom 4: $\frac{3607}{1,25}$	=	2885,6	tonn
Rom 5: $\frac{3603}{1,25}$	=	2882,4	tonn
Rom 6: $\frac{3539}{1,25}$	=	2831,2	tonn
Rom 2+3+4+5+6		14 039,8	tonn
Dødvekt til rådvelde		15 741,2	"
Last i Rom 1		1701,4	tonn

I rom 1 må vi rekne ut *vcg* for lasta og Volumetric Upsetting Moment.

Volum av last i rom 1 = 1701,4 · 1,4 = 2381,96 m^3.

Frå tabellen finn vi: Volumetric Upsetting Moment = 1696 m^4
vcg = 6,72 m

c)
Utrekning av djuptgåande:

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)	ML(tm)
$\Delta_{lett\ skip}$	4895	61,587	301 468,365
Stores	200	61,587	12 317,400
DB nr. 5	100	58,22	5 822,000
Tungoljedagt.	62	11,22	695,64
W/T Maskin	276	26,79	7 394,040
Dieseldagt.	47	15,00	705,000
Smørjeoljetank	15	29,81	447,150
Ferskv.tank	104,8	5,27	552,296
Rom 1	1701,4	128,32	218 323,648
Rom 2	2555,0	111,43	284 703,650
Rom 3	2885,6	93,88	270 900,128
Rom 4	2885,6	76,29	220 142,424
Rom 5	2882,4	58,73	169 283,352
Rom 6	2831,2	41,09	116 334,008
Δ	21 441	ΣML	1 609 089,101
Oppdr.Mom.= $-\Delta \cdot LCB_p$ = − 21 441 · 75,81=			− 1 625 442,21
TM =			− 16 353,109

$$\Delta_{avlesen} = \frac{\Delta \cdot 1{,}025}{\rho} = \frac{21\,441 \cdot 1{,}025}{1{,}0} = 21\,977 \text{ tonn}$$

$T_{R\rho} = 9{,}17$ m
$LCB_\rho = 75{,}81$ m, $LCF_\rho = -2{,}80$ m
$MTC_{avlesen} = 283{,}5$ tm/cm

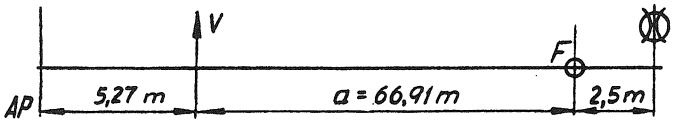
$$MTC = \frac{MTC_{avlesen} \cdot \rho}{1{,}025} = \frac{283{,}5 \cdot 1{,}0}{1{,}025} = 276{,}58 \text{ tm/cm}$$

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{-16\,353{,}109}{276{,}58} = -59{,}13 \text{ cm}$$

$T_{R\rho}$	=	9,17 m	t.korr. = $\frac{t \cdot LCF}{L} = \frac{(-59{,}13)(-2{,}80)}{149{,}35} = 1{,}1$ cm				
t.korr	=	−0,01 m					
$T_{M\rho}$	=	9,16 m		9,16 m		9,16 m	
t/2	=	−0,295 m		+ 0,295 m			
$T_{F\rho}$	=	8,865 m	$T_{A\rho}$	= 9,455 m	$T_{M\rho}$	=	9,16 m

d)
Vi går ut frå at det er saltvatn i Leningrad.

Skipet trimmar *alltid* om flotasjonssenteret, *F*. I slike overslagsutrekningar reknar vi ofte om nullkryss, men her skal vi rekne ut *korrekt* om *F*, sjå figur 10.3.



Figur 10.3

Δ_{avgang}	=	21 441 tonn
Forbruk til Leningrad	=	305 tonn
$\Delta_{framkomst}$ Leningrad	=	21 136 tonn

Pårekna trim ved framkomst Leningrad = − 10 cm

$T_R = 8{,}87$ m
$LCB = 75{,}89$ m, $LCF = -2{,}50$ m
$MTC = 278$ tm/cm

$$v = \frac{\delta_{trim} \cdot MTC}{a} = \frac{10 \cdot 278}{66{,}91} = 41{,}5 \text{ tonn}$$

Skipet må lense 41,5 tonn frå ferskvasstanken

e)
Sjå sidene 191–197 (utfylling av kornskjema).

f)
Sjå tekst om kornlasting.

Transport Canada / Transports Canada

TABLE

CALCULATION OF STABILITY FOR VESSELS LOADING BULK GRAIN

GENERAL PARTICULARS

NAME OF VESSEL ☐ S.S. ☒ M.V.

PORT OF REGISTRY: NN

TYPE OF VESSEL
☐ BULK CARRIER ☐ TWEEN DECKER
☐ TANKER ☒ OTHER (Indicate Type) - - - - - - - - - -

OFFICIAL NUMBER: xxxx

CALL SIGN: yyyyy

APPROPRIATE LOADLINE ☒ S ☐ W ☐ WNA

DRAFT: 8.98 m

FREEBOARD:

DEADWEIGHT	F.W.A.	T.P. CM.
16546 / Tonnes	19 CMS	27.68

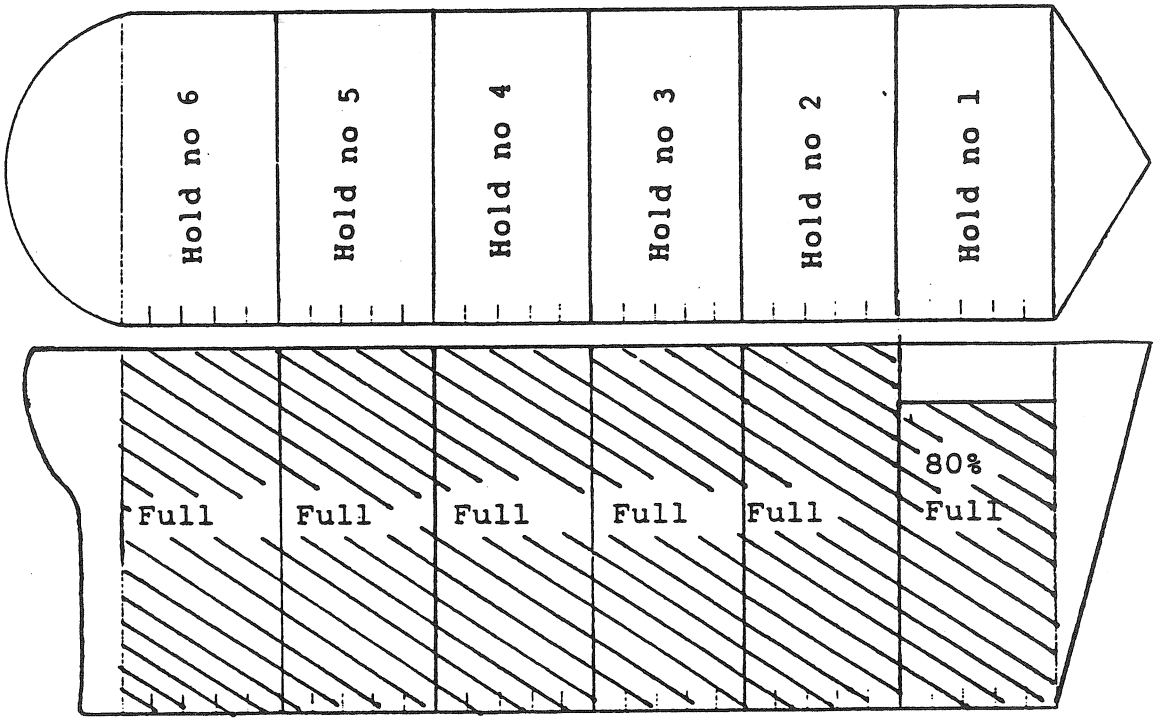
LOADING PORT(S): MONTREAL

DISCHARGING PORT(S): Leningrad

GRAIN STABILITY INFORMATION, APPROVAL AUTHORITY AND DATE

Norwegian Maritime Directorate

CARGO PLAN: INDICATE HOLDS, TWEEN DECKS, COAMINGS/TRUNKS, TYPE OF GRAIN, SECURED AND UNSECURED SURFACES AND BALLAST.



DEPARTURE CONDITION

CREW & STORES (CONSTANT)	200	BALLAST	
BUNKERS	700	CARGO	15741
FRESH WATER	105	TOTAL DEADWEIGHT	16546 Tonnes

TYPE OF STABILITY CALCULATION

TYPE 1, 2, 3, (4) 5, 9 OR OTHER (Indicate Type)

I CERTIFY THAT THE CALCULATIONS SHOWN ON THIS DOCUMENT INDICATE THE WORST STABILITY CONDITION THAT WILL BE EXPERIENCED DURING THE VOYAGE.

24.05.91	Montreal	NN
DATE	PORT	MASTER

82-0579 d-76 (VERSION FRANÇAISE 82-0581)

TABLE II

CALCULATION OF KG

FOR FULL COMPARTMENTS INDICATE WHETHER CARGO CENTRES "C" OR VOLUMETRIC CENTRES "V" ARE USED. IF YOUR GRAIN STABILITY INFORMATION DOES NOT DESCRIBE WHICH ARE USED PRESUME "V" VALUES USED.

COMPARTMENT NUMBER	GRAIN CUBIC /M.	WEIGHT /TONNES	KG /M	SOLID MOMENTS = WEIGHT X KG	"C" OR "V" CENTRES
LIGHT SHIP		4 895	7,8	38 181	
CREW & STORES		200	7,8	1 560	
CARGO					
Hold 1	2 381,96	1 701,4	6,72	11 433,408	"C"
" 2	3 577	2 555	7,14	18 242,7	"V"
" 3	3 607	2 885,6	7,13	20 574,328	"V"
" 4	3 607	2 885,6	7,13	20 574,320	"V"
" 5	3 603	2 882,4	7,13	20 552,938	"V"
" 6	3 539	2 831,2	7,19	20 356,328	"V"
SUBTOTAL (1) ▶		20 836,2	SUBTOTAL (2) ▶	151 475,03	

LIQUIDS' WORST CONDITION

TANK NUMBER	WEIGHT /TONNES	KG /M	LIQUID MOMENTS = WEIGHT X KG	FREE SURFACE MOMENTS
DB Nr. 5	100	0,76	76,0	1 039,3
Tungol. dg.	62	10,82	670,84	96,9
Dieseldag.	23	10,76	247,48	35,1
Smørdj. dg.	10	10,76	107,60	3,6
Fersktank	(104 - 41,5) 63,5	11,40	723,9	83
SUB-TOTAL SUB-TOTAL (1)	258,5 + 20 836,2	SUB TOTAL SUB-TOTAL (2)	1 825,82 + 151 475,03	TOTAL F.S. MOMENTS ▶ 1 257,9
DISPLACEMENT	21 094,7	TOTAL MOMENTS	153 300,85	

TABLE III

CALCULATION OF KG & GM

UNCORRECTED KG FROM:	TOTAL MOMENTS (TABLE III) / DISPLACEMENT (TABLE III)	= 153 300,85 / 21094,7	7,267
LIQUID F.S. GAIN FROM:	TOTAL F.S. MOMENTS (TABLE III) / DISPLACEMENT (TABLE III)	= 1 257,9 / 21 094,7	+ 0,059
CORRECTED KG		=	− 7,326
KM (FROM SHIP'S STABILITY INFORMATION) FOR DISPLACEMENT SHOWN IN TABLE II			+ 8,650
∴ LEAST GM =	[redacted] M (MUST NOT BE LESS THAN [redacted] 0.3M.)		1,324 m

TABLE IV UPSETTING MOMENTS

COMPARTMENT NUMBER	GRAIN DEPTH /M OR ULLAGE	STOWAGE FACTOR CU. M. PER TON TONNE	VOLUMETRIC UPSETTING MOMENT / M⁴	UPSETTING MOMENT /M. TONNES
Hold 1	80 % Full	1,4	1 696	1 211,4
" 2	Full	1,4	280	200
" 3	"	1,25	280	224
" 4	"	1,25	280	224
" 5	"	1,25	280	224
" 6	"	1,25	280	224

USE THIS TOTAL FOR TABLE VIIA, AND FOR TABLE VIIB ONLY WHEN THE 12% CORRECTION FOR THE VERTICAL SHIFT OF G IN SLACK COMPARTMENTS IS INCORPORATED IN THE SHIPS DATA OTHERWISE COMPLETE TABLE V TO CALCULATE ANGLE OF HEEL IN TABLE VIIB.

TOTAL UPSETTING MOMENT 2 307,4

TABLE V UPSETTING MOMENT CORRECTION FOR VERTICAL SHIFT OF G IF NOT INCLUDED IN SHIPS DATA

1. TOTAL UPSET MOMENTS FOR SLACK COMPARTMENT TABLE IV MULTIPLY

1 211,4 x 1.12 = 1 356,768

2. TOTAL UPSET MOMENTS FOR FULL COMPARTMENT (TABLE IV = 1 096

2 452,768

TOTAL CORRECTED VALUE OF UPSETTING MOMENTS =

TABLE VI MAXIMUM ALLOWABLE UPSETTING MOMENTS

CORRECTED KG (FROM TABLE III)	
DISPLACEMENT (FROM TABLE III)	
(A) MAXIMUM ALLOWABLE UPSETTING MOMENT (FROM SHIP'S STABILITY BOOK)	
(B) ACTUAL CORRECTED VALUE OF UPSETTING MOMENTS FROM (TABLE V)	

IF (A) EXCEEDS (B) VESSEL COMPLIES

TABLE VIIA ANGLE OF HEEL CALCULATION (FOR 5° CRITERION)

NAT TAN ANGLE OF HEEL = SUM OF UPSETTING MOMENTS (TABLE IV)* / DISPLACEMENT (TABLE II) X GM (TABLE III) *12% CORRECTION DOES NOT APPLY IN THIS CASE

= _____ / x

∴ ANGLE OF HEEL =

IF ANGLE IS LESS THAN 5° VESSEL COMPLIES

TABLE VIIB ANGLE OF HEEL CALCULATION (FOR 12° CRITERION)

NAT TAN ANGLE OF HEEL = SUM OF UPSETTING MOMENTS (TABLE IV) OR (TABLE V) / DISPLACEMENT (TABLE II) X GM (TABLE III)

= 2 452,768 / 21 094,7 x 1,324 = 0.087820343

∴ ANGLE OF HEEL = 5,02°

IF ANGLE IS LESS THAN 12° VESSEL COMPLIES

TABLE VIIC ANGLE OF HEEL CALCULATION FOR TANKERS (5° CRITERION)

TOTAL COMBINED LENGTH OF ALL WING TANKS TO BE LOADED (L) P. AND S. TANKS BOTH COUNTED) = FT. M.

MAXIMUM BREADTH OF WING TANKS TO BE LOADED (B) =

TOTAL COMBINED LENGTH OF ALL CENTRE TANKS TO BE LOADED (L_1) =

MAXIMUM BREADTH OF CENTRE TANKS TO BE LOADED (B_1) =

WING TANKS UPSETTING MOMENT

$= \frac{.0177LB^3}{S.F.} = \frac{.0177 \times (L) \times (B) \times (B) \times (B)}{S.F.} =$

CENTRE TANKS UPSETTING MOMENT

$= \frac{.0177L_1B_1^3}{S.F.} = \frac{.0177 \times (L_1) \times B_1 \times B_1 \times B_1}{S.F.} =$

TOTAL UPSETTING MOMENT _____ FT. TONS / M. TONNES

NAT TAN OF HEEL = TOTAL UPSETTING MOMENT / DISPLACEMENT (TABLE II) X GM (TABLE III) =

∴ ANGLE OF HEEL = _____ =

IF ANGLE OF HEEL LESS THAN 5° VESSEL COMPLIES

* IF CARGOES HAVING DIFFERENT STOWAGE FACTORS ARE LOADED, SEPARATE CALCULATIONS ARE REQUIRED FOR EACH. USE SPACE UNDER TABLE VIII.

TABLE VIII CORRECTED RIGHTING ARM AT 40° HEEL USING CROSS CURVES

•	GZ FROM CROSS CURVES (SHIP'S STABILITY INFORMATION)		= FT. M
•	GZ OBTAINED USING KG VALUE OF ( ) FT/M		
	CORRECTION FOR KG DIFFERENCE		=
	GZ AT 40° HEEL OR GZ = KN − KG (SIN 40°)		=
	UPSETTING ARM CORRECTION = 0.8 X CORRECTED UPSETTING MOMENT / DISPLACEMENT		−
	= TABLE IV OR TABLE V / TABLE II X 0.8 = ____ X 0.8		=
	CORRECTED GZ AT 40° HEEL		=
	MINIMUM REQUIRED GZ AT 40° HEEL	1.008 FT. 0.307 M >	=
	EXCEEDS MINIMUM BY ▶		=

IF GZ CURVE IN THE NEAREST TYPICAL LOADED CONDITION SHOWN IN STABILITY BOOKLET IS OF NORMAL FORM AND MAXIMUM GZ OCCURS AT NOT LESS THAN 40° THEN VESSEL COMPLIES IF NOT THEN TABLE IX MUST BE COMPLETED. IF VOLUMETRIC MOMENTS ARE CARRIED FROM TABLE V THEY MUST BE DIVIDED BY THE STOWAGE FACTOR BEFORE USE IN THIS TABLE.

SPACE FOR CALCULATIONS OR PROCOM INFORMATION AS REQUIRED.

$$GZ_{7,5^o} = 1,11 - 7,326 \times \sin 7,5^o = 0,15 \text{ m}$$

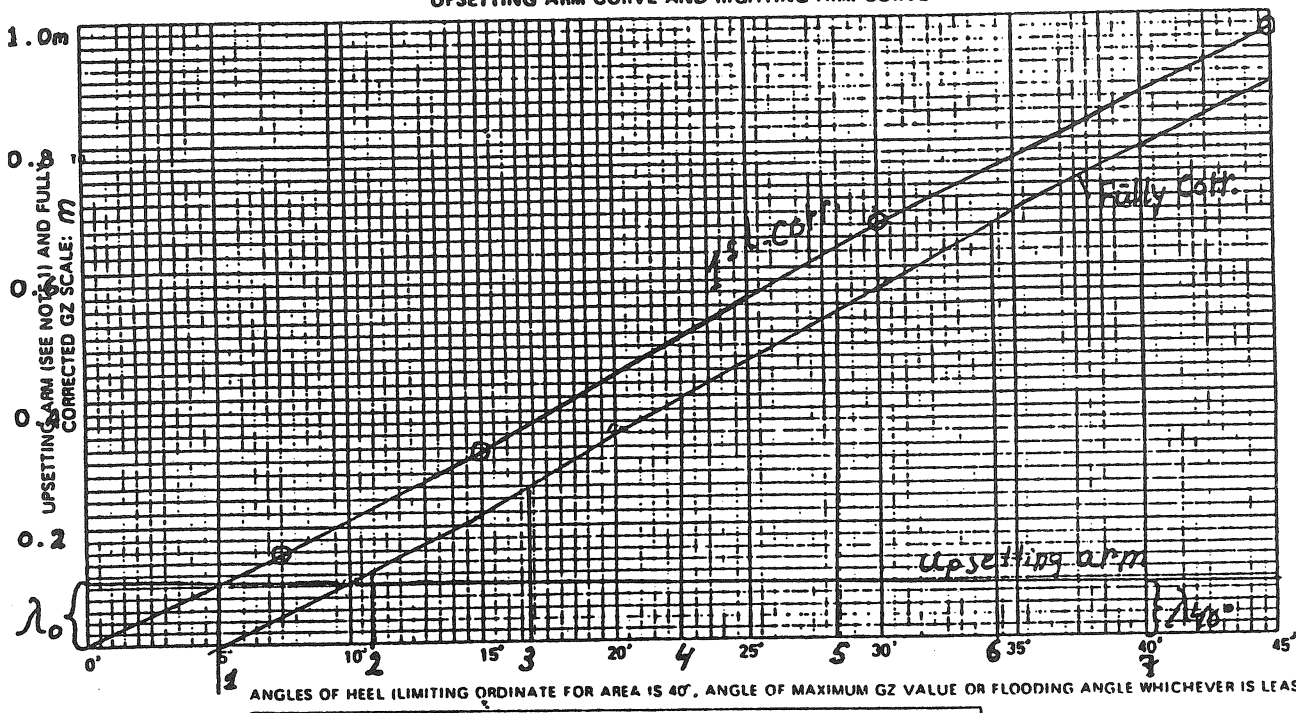
$$GZ_{15^o} = 2,21 - 7,326 \times \sin 15^o = 0,31 \text{ m}$$

$$GZ_{30^o} = 4,32 - 7,326 \times \sin 30^o = 0,66 \text{ m}$$

$$GZ_{45^o} = 6,15 - 7,326 \times \sin 45^o = 0,97 \text{ m}$$

TABLE IX

TO DETERMINE RESIDUAL AREA BETWEEN THE UPSETTING ARM CURVE AND RIGHTING ARM CURVE



ANGLES OF HEEL (LIMITING ORDINATE FOR AREA IS 40°, ANGLE OF MAXIMUM GZ VALUE OR FLOODING ANGLE WHICHEVER IS LEAST)

SIMPSON'S PRODUCT FOR AREA			
	SELECTED ORDINATE	S.M.	PRODUCT FOR AREA
-	0	1	0
	0,12	4	0,48
3	0,26	2	0,52
4	0,40	4	1,60
5	0,53	2	1,06
6	0,66	4	2,64
7	0,78	1	0,78
	SUM OF PRODUCTS	▶	7,08

Intervall = $\frac{40° - 5°}{6}$ = 5,83°

CORRECTION OF GZ VALUES

ANGLES OF HEEL	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
GZ VALUE FROM CROSS CURVES									
CORRECTIONS FOR DIFF. OF KG'S									
1ST CORRECTED GZ VALUES (SEE NOTE III)	10	21	31	44	55	66	77	87	97
UPSETTING ARM ORDINATES (SEE NOTE II)	10	11	10	10	10	10	09	09	09
FULLY CORRECTED GZ VALUES	0	10	21	34	45	56	68	78	88

AREA UNDER CURVE = $\frac{\text{SELECTED INTERVAL}}{3}$ X SUM OF PRODUCTS

= $\frac{7,08}{3}$ X 5,83 = 13,76 M. DEGREES

MINIMUM REQUIREMENT = [redacted] DEGREES

4,296 M. DEGREES

NOTE I THE UPSETTING ARM CURVE IS A STRAIGHT LINE CONSTRUCTED BETWEEN THE FOLLOWING TWO VALUES:
AT 0° = GM (TABLE III) X TAN ANGLE OF HEEL 1,324 x tan 5,02 = 0,116 m
AT 40° = GM (TABLE III) X TAN ANGLE OF HEEL X .8 = 0,116 x 0,8 = 0,093

NOTE II USE ORDINATES FROM UPSETTING ARM CURVE TO CORRECT GZ VALUES

NOTE III IF VESSEL IS PROVIDED WITH KN CURVES RATHER THAN GZ CURVES THE 1ST CORRECTED Gz VALUES ARE OBTAINED BY:
GZ = KN - KG SIN θ°

TABLE X

ANGLE OF HEEL CALCULATION FOR VESSELS PROCEEDING BETWEEN PORTS IN SHELTERED WATERS

DIMENSIONS OF SLACK COMPARTMENT

		FT. M.		FT. M.
(a) NO.	MAXIMUM LENGTH (L)		MAXIMUM BREADTH (B)	
(b) NO.	MAXIMUM LENGTH (L)		MAXIMUM BREADTH (B)	
(c) NO.	MAXIMUM LENGTH (L)		MAXIMUM BREADTH (B)	

UPSETTING MOMENT OF SLACK COMPARTMENT

$$= \frac{.0177LB^3}{\text{STOWAGE FACTOR}}$$ (WHEN L = LENGTH OF THAT PORTION OF COMPARTMENT WITH NO CENTRELINE DIVISION

$$+ \frac{.0044LB^3}{\text{STOWAGE FACTOR}}$$ WHEN L = LENGTH OF THAT PORTION OF COMPARTMENT WITH CENTRELINE DIVISION

COMPARTMENT (a) $\frac{.0177 \times (L) \times (B) \times (B) \times (B)}{\text{(STOWAGE FACTOR)}} =$ FT. TONS / M. TONNES

COMPARTMENT (a) $\frac{.0044 \times (L) \times (B) \times (B) \times (B)}{\text{(STOWAGE FACTOR)}} =$

COMPARTMENT (b) $\frac{.0177 \times (L) \times (B) \times (B) \times (B)}{\text{(STOWAGE FACTOR)}} =$

COMPARTMENT (b) $\frac{.0044 \times (L) \times (B) \times (B) \times (B)}{\text{(STOWAGE FACTOR)}} =$

COMPARTMENT (c) $\frac{.0177 \times (L) \times (B) \times (B) \times (B)}{\text{(STOWAGE FACTOR)}} =$

COMPARTMENT (c) $\frac{.0044 \times (L) \times (B) \times (B) \times (B)}{\text{(STOWAGE FACTOR)}} =$

TOTAL UPSETTING MOMENT

$GM_1 = \frac{\text{TOTAL UPSETTING MOMENT} \times 3.73}{\text{DISPLACEMENT (FROM TABLE II)}} = \frac{\quad \times 3.73}{} =$ FT / M

$GM_2 = \frac{\text{TOTAL UPSETTING MOMENT} \times \text{BEAM}}{\text{DISPLACEMENT (FROM TABLE II)} \times \text{FREEBOARD}} =$ FT / M

IF GM FOUND BY TABLE III EXCEEDS BOTH GM_1 AND GM_2, VESSEL COMPLIES FOR VOYAGE BETWEEN PORTS IN SHELTERED WATERS ONLY

Amerikansk standardisert kornskjema

Amerikanske kornskjema er av liknande type som dei kanadiske. Vi skal sjå korleis skjemaet er oppbygd.

Side 1:
Her skal vi føre inn generelle opplysningar om skipet, og kapteinen på skipet må skrive under på at dei utrekningane som er gjorde, er i samsvar med dei opplysningane som er gitt om skipet når det gjeld kornlasting. Kapteinen må også gå god for at skipet tilfredsstiller kravet til stabilitet på heile reisa.

Side 2:
Part I: Her reknar vi ut tverrskips krengjemoment for skipet på vanleg måte. Oversikt over kvar lasta er plassert skal teiknast inn på skissa over skipet.

Side 3:
Part II: Her reknar vi ut tverrskips krengjemoment for tankane på skipet og fri væskeoverflateeffekt for slakke tankar. Det er obligatorisk å rekne ut for avgangstilstand (departure) og framkomsttilstand (arrival). Dersom vi undervegs fyller ballast som vi ikkje hadde ved avgang, skal vi også gjere utrekningane for denne tilstanden (intermediate). I denne utrekninga skal vi ikkje ta med vekta av ballasta, men berre effekten av den fri væskeoverflata. Vi reknar ut GM for dei tre tilstandane. Den tilstanden som har minst GM, reknar vi som *worst condition*.

Vi kan her merke oss at Linda ikkje har opplysningar om Vertical Shifting Moment Correction, og denne linja skal ikkje fyllast ut.

Side 4:
Part III: Her reknar vi ut krengjemomenta på grunn av kasting av kornet for dei enkelte romma. For slakke rom må krengjemomentet multiplisserast med 1,12. Kolonnen Vertical Shifting Moment fyller vi ikkje ut (sjå ovanfor).

Tabell A: Linda kjem inn under Regulation 4, chapter VI, Solas 1974, og vi skal fylle ut denne tabellen. Skip som har tabellar eller kurver over maksimum tillate krengjemoment, kan avslutte utrekninga dersom det aktuelle krengjemomentet for kornet er mindre enn det tillatne for alle tre tilstandane. (Bulkskip som ikkje har tabellar over tillate krengjemoment, bruker vanlegvis tabell B og må da vise at krengjevinkelen blir $< 5°$.)

Linda har ikkje slike tabellar, og da skal også krengjevinkelen og arealet mellom GZ-kurva og krengjearmen for kornet reknast ut for *worst condition*. Krengjevinkelen skal vere $< 12°$, og det arealet som er att, skal vere $> 0{,}075$ meterradianar.

Vi reknar ut krengjevinkelen av:

$$\text{Angle of Heel} = \frac{\text{Grain Heeling Moment} \cdot 57{,}3}{\text{Displacement} \cdot GM}$$

Vi bruker denne framgangsmåten (sjå figur 10.4) for å rekne ut arealet:

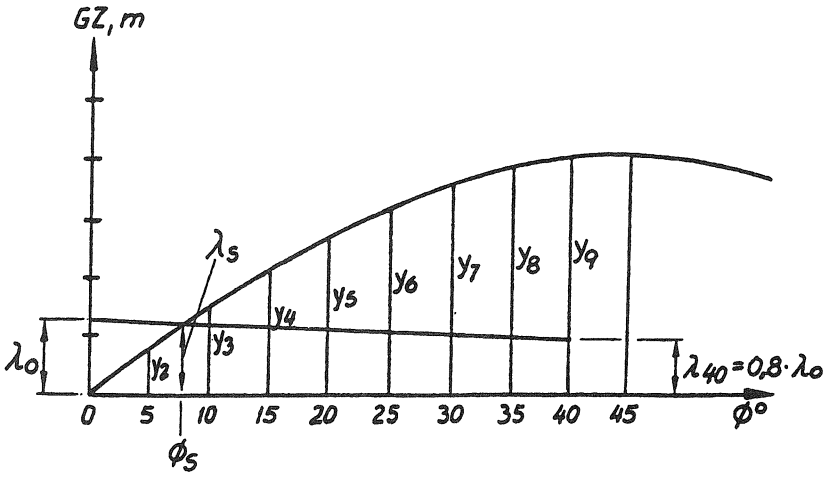
1 Vi reknar ut GZ-kurva og teiknar ho opp til 45° krenging.
2 Vi reknar ut den dynamiske stabiliteten opp til 40°.
3 Krengjearmen reknar vi ut slik:

$$\lambda_o = \frac{\text{Grain Heeling Moment}}{\text{Displacement}}$$

og

$$\lambda_{40} = 0{,}8 \cdot \lambda_o$$

4 Vi teiknar krengjearmen inn på GZ-kurva som ei rett linje mellom 0° og 40°.
Som kontroll på utrekningane skal krengjearmen skjere GZ-kurva ved den krengjevinkelen vi har rekna ut.
5 Vi subtraherer arealet under krengjearmen frå arealet under GZ-kurva. Det arealet som er att, skal vere større enn 0,075 meterradianar. Det arealet som skal subtraherast, reknar vi ut som ein trekant og eit trapes, sjå figur 10.4.



Figur 10.4

Ord.	Ord.lgd.	SF	Produkt
1	0	1	0
2	y_2	4	$4y_2$
3	y_3	2	$2y_3$
4	y_4	4	$4y_4$
5	y_5	2	$2y_5$
6	y_6	4	$4y_6$
7	y_7	2	$2y_7$
8	y_8	4	$4y_8$
9	y_9	1	y_9
			Sum Produkt

$$\text{Areal} = \frac{\text{Sum Produkt} \cdot 5°}{3} \quad \text{metergradar}$$

$$- \frac{\lambda_S \cdot \varnothing_S}{2} \quad \text{metergradar}$$

$$- \frac{(\lambda_S + \lambda_{40})(40 - \varnothing_S)}{2} \quad \text{metergradar}$$

$$= \text{Netto areal} \quad \text{metergradar}$$

$$= \frac{\text{Netto areal} \cdot \pi}{180} \quad \text{meterradianar}$$

Døme på utfylling av det amerikanske kornskjemaet

Som døme skal vi ta for oss den same oppgåva som vi brukte til å fylle ut det kanadiske kornskjemaet. La oss i tillegg gå ut frå at skipet like før framkomst vel å ta inn 200 tonn ballast i DB tank nr. 4 (trimmen endrar seg lite). I Part III må vi no fylle ut både tilstanden ved avgang, framkomst og ein mellomliggjande tilstand (intermediate).

I mellomtilstanden skal vi føre inn opplysningar om tankane slik vi reknar dei blir, like før vi tek inn ballast. Sidan vi her har valt å fylle ballast like før framkomst, bruker vi framkomsttilstanden også for mellomtilstanden med nokre unntak.

Vekta av ballasta skal ikkje førast i mellomtilstanden, vi skal berre ta med effekten av fri væskeoverflate. Både vekta av ballasta og effekten av fri væskeoverflate skal vere med i framkomsttilstanden dersom vi framleis har ballasta inne.

Vengetanken i maskinen er tom ved framkomst. La oss gå ut frå at det er 20 tonn tungolje att på tanken.

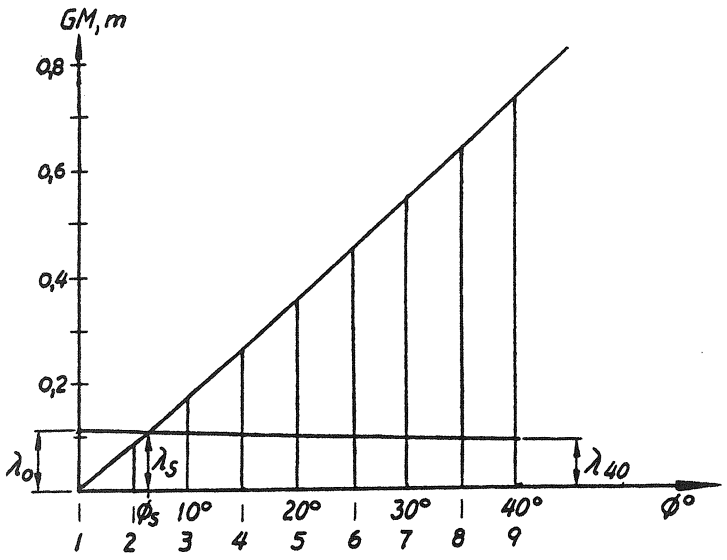
Det utfylte kornskjemaet er vist på sidene 203–206.

Avrunding til heile tonn gir Δ_{avgang} = 21 439 tonn.

Utrekning av krengjevinkel og resterande dynamisk stabilitet

I mellomtilstanden er metasenterhøgda, GM, minst, og det blir da *worst condition*. Vi reknar ut krengjevinkelen og den dynamisk stabiliteten i denne tilstanden.

$GZ = KY - KG \cdot \sin Ø$
$GZ_{7,5°} = 1{,}11 - 7{,}54 \cdot \sin 7{,}5° = 0{,}13$ m
$GZ_{15°} = 2{,}21 - 7{,}54 \cdot \sin 15° = 0{,}26$ m
$GZ_{30°} = 4{,}32 - 7{,}54 \cdot \sin 30° = 0{,}55$ m
$GZ_{45°} = 6{,}15 - 7{,}54 \cdot \sin 45° = 0{,}82$ m



Figur 10.5

Vi reknar ut krengjearmen og teiknar han inn på GZ-kurva.

$$\lambda_o = \frac{\text{Grain Heeling Moment}}{\text{Displacement}} = \frac{2453}{21\,112} = 0{,}116 \text{ m}$$

$\lambda_{40°} = 0{,}8 \cdot \lambda_o = 0{,}8 \cdot 0{,}116 = 0{,}093$ m

Utrekning av krengjevinkel

$$\text{Angle of heel} = \frac{\text{Grain Heeling Moment} \cdot 57{,}3}{\text{Displacement} \cdot GM}$$

Ved avgang:

$$\varnothing_S = \frac{2453 \cdot 57{,}3}{24\,439 \cdot 1{,}36} = 4{,}82°$$

Ved mellomtilstand:

$$\varnothing_S = \frac{2453 \cdot 57{,}3}{21\,112 \cdot 1{,}11} = 6°$$

Ved framkomst:

$$\varnothing_S = \frac{2453 \cdot 57{,}3}{21\,292 \cdot 1{,}25} = 5{,}28°$$

Utrekning av dynamisk stabilitet

Ord.nr.	Ord.lgd.	SF	Produkt
1	0	1	0
2	0,09	4	0,36
3	0,17	2	0,34
4	0,26	4	1,04
5	0,35	2	0,70
6	0,45	4	1,80
7	0,55	2	1,10
8	0,64	4	2,56
9	0,73	1	0,73
		Sum Produkt	8,63

$$\text{Areal} = \frac{\text{Sum Produkt} \cdot 5°}{3} = \frac{8{,}63 \cdot 5}{3} = 14{,}38 \quad \text{metergradar}$$

$$\text{– Areal av trekant} = \frac{-\lambda_S \cdot \varnothing_S}{2} = \frac{-0{,}11 \cdot 6}{2} = -0{,}33 \quad \text{metergradar}$$

$$\text{– Areal av trapes} = \frac{-(\lambda_S + \lambda_{40})(40 - \varnothing_S)}{2}$$

$$= \frac{-(0{,}11 + 0{,}09)(40 - 6)}{2} = -3{,}40 \quad \text{metergradar}$$

$$\text{Netto areal} = 10{,}65 \quad \text{metergradar}$$

$$\text{Netto areal} = \frac{10{,}65 \cdot \pi}{180} = 0{,}186 \quad \text{meterradianar}$$

NATIONAL CARGO BUREAU, INC.

GRAIN STABILITY CALCULATION

M.V. Linda		YEAR BUILT AT 1975
COUNTRY OF REGISTRY: Norway	NET TONNAGE: 5971	OFFICIAL NO.
AGENT		

GRAIN LOADING BOOKLET APPROVED BY Norwegian Maritime Derectorate

DRAWING NO. 100 DATE OF APPROVAL 1/1 1976

APPLICABLE REGULATIONS Regulation 4, chapter VI, SOLAS 1974

ADDENDUM FOR UNTRIMMED ENDS APPROVED BY _____

DRAWING NO. _____ DATE OF APPROVAL _____

LOADING PORT Montreal

BUNKERING PORTS "

DISCHARGE PORT Leningrad

STEAMING DISTANCE 5 000 n.m. MILES PER DAY 336 TIME 15 days

DAILY CONSUMPTION: FUEL 20 DIESEL 0,5 WATER 5

	DISPLACEMENT	DEADWEIGHT	DRAFT	FREEBOARD
*WINTER				
Summer	21 441	16 546	8,98	
*TROPICAL				

FRESH WATER ALLOWANCE 19 cm TPC (AT SUMMER DRAFT) 27,68

* (If Applicable)

THIS IS TO CERTIFY THAT:

1. THIS CALCULATION IS PREPARED IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE VESSEL'S GRAIN LOADING BOOKLET AND THE APPLICABLE GRAIN REGULATIONS;
2. THE STABILITY OF THE VESSEL WILL BE MAINTAINED THROUGHOUT THE VOYAGE IN ACCORDANCE WITH THIS CALCULATION.

CALCULATION PREPARED BY:
(TO BE COMPLETED IF FORM PREPARED BY OTHER THAN SHIP'S PERSONNEL)

NAME (PRINT) _____

COMPANY _____

SIGNATURE _____ DATE _____

_____
MASTER

EXAMINED: _____
N.C.B. SURVEYOR

DATE: _____

NOTE: ORIGINAL STABILITY CALCULATION AND GRAIN ARRANGEMENT PLAN TO BE SUMITTED TO THE N.C.B. SURVEYOR. ALL TONNAGES USED IN THESE CALCULATIONS SHALL BE SHOWN IN THE SAME UNITS AS USED IN THE GRAIN LOADING BOOKLET.

REV. 1-1-83

SHIP AND CARGO CALCULATION

PART I

TYPE OF GRAIN _____ STOWAGE FACTOR (S.F.) _____ CU FT./L.T. _____ M^3/M.T.

COMPT. NO.	CARGO (1)	S.F. (1)	GRAIN CUBICS 100%	GRAIN CUBICS ACTUAL (2)	WEIGHT (3)	V.C.G.	MOMENT (3)
No 1	Grain	1,4	2 919	2 382	1 701	6,72	11 430
No 2	"	1,4	3 577		2 555	7,14	18 243
No 3	"	1,25	3 607		2 885	7,13	20 570
No 4	"	1,25	3 607		2 885	7,13	20 570
No 5	"	1,25	3 603		2 883	7,13	20 549
No 6	"	1,25	3 539		2 831	7,19	20 355

CARGO TOTALS	15 739		111 717
LIGHT SHIP	4 895	7,8	38 181
STORES	200	7,8	1 560
SHIP AND CARGO TOTALS	20 834		151 458

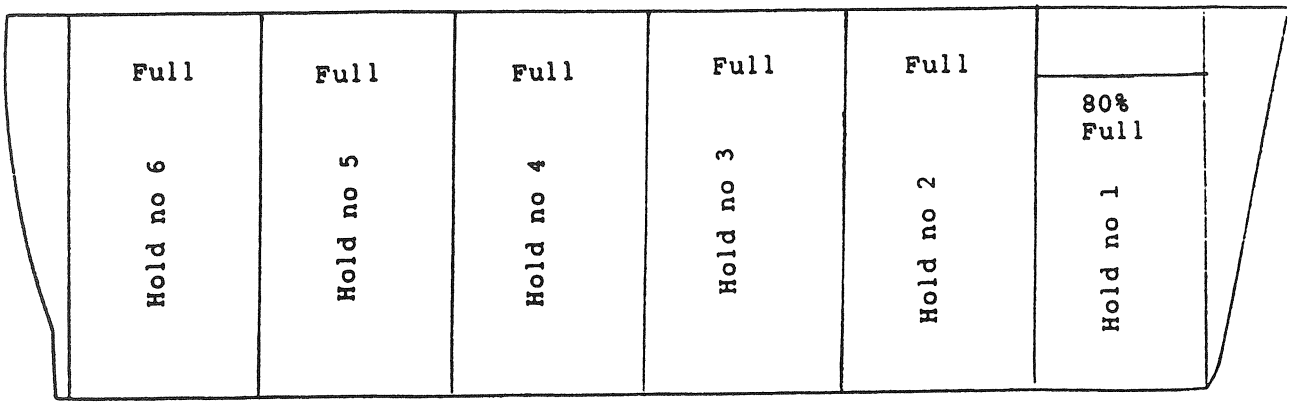
THIS CALCULATION IS PREPARED IN:

☐ ENGLISH UNITS
☒ METRIC UNITS

S.F. $\frac{CuFt}{LT}$	S.F. $\frac{M^3}{MT}$	DEN. $\frac{MT}{M^3}$
42	1.171	.854
42.5	1.184	.844
43	1.199	.834
43.5	1.212	.825
44	1.226	.815
44.5	1.240	.806
45	1.254	.797
45.5	1.268	.789
46	1.282	.780
46.5	1.296	.772
47	1.310	763
47.5	1.324	.755
48	1.338	.748
48.5	1.352	.740
49	1.366	.732
49.5	1.380	.725
50	1.393	718
50.5	1.407	711
51	1.421	.704
51.5	1.435	697
52	1.449	690
53	1.477	677
54	1.505	664
55	1.533	.652
56	1.561	.641
57	1.589	629
58	1.616	.619
59	1.644	.608
60	1.672	.598
61	1.700	.588
62	1.728	.579

(1) COMPLETE THESE COLUMNS IF MORE THAN ONE TYPE CARGO IS LOADED.
(2) FOR PARTLY FILLED COMPARTMENTS, SHOW ACTUAL CUBIC OCCUPIED IN ADDITION TO FULL CUBIC.
(3) WEIGHTS AND MOMENTS SHOULD BE SHOWN TO THE NEAREST WHOLE UNIT.

CARGO PLAN: INDICATE HOLDS, TWEEN DECKS, ENGINE SPACES, FITTINGS, STOWAGE, TONNAGES, ETC.



FUEL AND WATER CALCULATION

PART II

INTERMEDIATE SECTION IS REQUIRED TO BE COMPLETED IF ARRIVAL SECTION SHOWS BALLAST WHICH IS NOT LISTED IN DEPARTURE SECTION. INTERMEDIATE CONDITION IS JUST PRIOR TO BALLASTING WHICH INCLUDES THE EFFECT OF FREE SURFACE BUT NOT EFFECT OF WEIGHT OF THE BALLAST WHICH IS TO BE TAKEN ABOARD.

		DEPARTURE: Montreal				INTERMEDIATE: XX				ARRIVAL: Leningrad			
TANK	TYPE LIQUID	WEIGHT	V.C.G.	MOMENT	F.S. MOM.	WEIGHT	V.C.G.	MOMENT	F.S. MOM.	WEIGHT	V.C.G.	MOMENT	F.S. MOM.
DB 5	H.O.	100	0,76	76	1 039	100	0,76	76	1 039	100	0,76	76	1 039
H.O.D.T	"	62	10,82	671	97	62	10,82	671	97	62	10,82	671	97
W.T.E.	"	276	4,88	1 347		20	4,88	98	120				
D.O.D.T	D.O.	47	10,76	505	35	23	10,76	247	35	23	10,76	247	35
L.O.T.	L.O.	15	10,76	161	4	10	10,76	108	4	10	10,76	108	4
F.W.T.	F.W.	105	11,40	1 197	83	63	11,40	718	83	63	11,40	718	83
D.B. 4									3 009	200	1,13	226	3 009

TOTALS LIQUIDS	605	3 957	1 258	278	3 329	4 387	458	2 046	4 267
SHIP AND CARGO	20 834	151 458		20 834	151 458		20 834	151 458	
GRAND TOTALS DISPLACEMENT	21 439	155 415		21 112	154 787		21 292	153 504	

DEPARTURE KG 7,249
(1) FREE SURFACE CORR (+) 0,059
(2) VERT. S.M. CORR. (+) _____
KG_V 7,308

INTERMEDIATE KG 7,332
(1) FREE SURFACE CORR. (+) 0,208
(2) VERT. S.M. CORR. (+) _____
KG_V 7,54

ARRIVAL KG 7,209
(1) FREE SURFACE CORR. (+) 0,200
(2) VERT. S.M. CORR. (+) _____
KG_V 7,409

DEPARTURE KM 8,67
DEPARTURE KG_V 7,31
DEPARTURE GM 1,36
REQUIRED MINIMUM GM 0,30

INTERMEDIATE KM 8,65
INTERMEDIATE KG_V 7,54
INTERMEDIATE GM 1,11
REQUIRED MINIMUM GM 0,30

ARRIVAL KM 8,66
ARRIVAL KG_V 7,41
ARRIVAL GM 1,25
REQUIRED MINIMUM GM 0,30

NOTES

(1) FREE SURFACE CORR = $\frac{\text{SUM OF FREE SURFACE INERTIA MOMENTS}}{\text{DISPLACEMENT}}$ (THIS CORRECTION MUST BE APPLIED TO ALL SHIPS.)

(2) VERT S.M CORR = $\frac{\text{SUM OF VERTICAL SHIFTING MOMENTS FOR CARGO}}{\text{DISPLACEMENT}}$ (THIS CORRECTION APPLIES ONLY WHEN VERTICAL SHIFTING MOMENTS ARE PROVIDED IN THE SHIP'S GRAIN LOADING MANUAL.)

STABILITY SUMMARY

PART III

COMPT. NO.	STOWAGE (1)	GRAIN DEPTH OR ULLAGE /M	VILUMETRICC HEELING MOMENT /M4	S.F. OR DENSITY (2)	GRAIN HEELING MOMENT M.T. _ M.	VERTICAL SHIFTING MOMENT SEE NOTE 2 PART II FT4/M4	L.T. _ FT. M.T. _ M.
1	PF	80 % F	1 696	1,4	1 357	(x 1,12)	
2	F		280	1,4	200		
3	F		280	1,25	224		
4	F		280	1,25	224		
5	F		280	1,25	224		
6	F		280	1,25	224		
		TOTALS	3 096		2 453		

(1) UNDER STOWAGE INDICATE "F" FOR FILLED COMPARTMENTS, "F-UT" FOR FILLED COMPARTMENTS UNTRIMMED. "PF" FOR PARTLY FILLED COMPARTMENTS, "SEC" FOR SECURED OR OVERSTOWED COMPARTMENTS.

(2) IF STOWAGE FACTOR IS SAME IN ALL COMPARTMENTS, DIVIDE TOTAL VOLUMETRIC MOMENT BY STOWAGE FACTOR OR MULTIPLY BY DENSITY TO OBTAIN GRAIN HEELING MOMENT. IF STOWAGE FACTOR VARIES, OBTAIN GRAIN HEELING MOMENT FOR EACH COMPARTMENT.

A. FOR VESSELS APPROVED UNDER REGULATION 4, CHAPTER VI, SOLAS 1974 or
REGULATION 4, IMCO RESOLUTION A.264(VIII), SOLAS 1960 or
REGULATION 4, IMCO RESOLUTION A.184(VI), SOLAS 1960

	DEPARTURE	INTERMEDIATE	ARRIVAL
DISPLACEMENT	21 439	21 112	21 292
KG_v	7,31	7,54	7,41
TOTAL GRAIN HEELING MOMENT	2 453	2 453	2 453
MAXIMUM ALLOWABLE HEELING MOMENT			
*ANGLE OF HEEL (12° MAX.)	4,82°	6°	5,28°
*RESIDUAL AREA .075 METER-RADIANS. ~~12.9 FT° OR 4.3M°.MIN.~~	>	0,186	<
*GM (0.3M OR 1 FT. MIN.)	1,36	1,11	1,25

*TO BE COMPLETED IF VESSEL'S GRAIN LOADING BOOKLET DOES NOT INCLUDE A TABLE OF ALLOWABLE HEELING MOMENTS. IN SUCH CASE; STATICAL STABILITY DIAGRAMS DEMONSTRATING THIS INFORMATION SHALL BE ATTACHED HERETO.

B. FOR SPECIALLY SUITABLE SHIPS APPROVED UNDER SECTION VI(B), PART B, CHAPTER VI, SOLAS 1974 or
SECTION VI(B), PART B, IMCO RESOLUTION A 264(VIII)
REGULATION 12, CHAPTER VI, SOLAS 1960

$$\text{ANGLE OF HEEL} = \frac{\text{GRAIN HEELING MOMENT} \times 57.3}{\text{DISPLACEMENT} \times \text{GM}}$$

	DEPARTURE	INTERMEDIATE	ARRIVAL
TOTAL GRAIN HEELING MOMENT			
DISPLACEMENT			
GM (CORRECTED OF LIQUID FREE SURFACE)			
ANGLE OF HEEL			

Arbeidsoppgåver

1 MS Linda skal laste korn i Montreal, Canada for Leningrad, Russland. Det er i august månad, og vi skal laste dette:
Rom nr. 1 og rom nr. 6 skal lastast fulle med korn med SF = 1,35 m^3/t. I dei andre romma skal vi laste korn med SF = 1,25 m^3/t.
Proviant og stores (konstanten) = 200 tonn.
Ved avgang reknar vi med denne mengda av vatn og bunkers:

Tungolje:	500 tonn
Dieselolje:	100 tonn
Smørjeolje:	10 tonn
Ferskvatn:	100 tonn

a) Rekn ut kor mykje korn skipet kan laste. Dersom eit rom blir delvis fylt, skal det vere nr. 3.

Ved framkomst (*worst condition*) reknar vi med å ha om bord:

Konstanten:	200	tonn
Tungolje:	150	tonn på W/T maskin
Dieselolje:	40	tonn på dieseldagtank
Smørjeolje:	5	tonn på smørjeoljetank
Ferskvatn:	20	tonn på ferskvasstank

Bruk det tyngdepunktet som er oppgitt for tankane.

b) Kontroller at skipet tilfredsstiller regelkrava og fyll ut kornskjemaet i samsvar med *Type 4 Calculation.*

2 MS Linda ligg i juni månad i Seattle og skal laste korn for Manila. Lasta stuvar 1,20 m^3/tonn. Ved avgang har skipet inne 800 tonn tungolje (ρ = 0,95), 100 tonn dieselolje (ρ = 0,90) og 200 tonn ferskvatn. Stores osv. = 200 tonn. Ved avgang ønskjer vi at skipet skal ha ein aktertrim på ca. 0,70 m.

a) Rekn ut kor mykje last skipet kan ta.

Fordel last, vatn og brenselolje slik at vilkåra blir oppfylte. I størst mogeleg grad skal vi bruke dei tankane som er meinte for tungolje, diesel og ferskvatn. Dersom nokon av romma blir delvis fylte, skal det vere nr. 3.
Ved framkomst (*worst condition*) går vi ut frå desse forholda:

På DB nr. 5:	300	tonn tungolje	*vcg* = 0,63 m
DB nr. 7:	60	tonn dieselolje	*vcg* = 0,52 m
Ferskvasstank:	100	tonn ferskvatn	*vcg* = 10,88 m

Stores som før

b) Fyll ut det kanadiske kornskjemaet.

c) Rekn ut trimmen ved framkomst.

3 MS Linda ligg 15. oktober 1990 i Seattle og lastar korn for Japan. Skipet ligg i sommarsone, men kjem inn i den vinterperiodiske sona etter ca. 700 nautiske mils segling. Forbruk per døgn er 25 tonn (tungolje + ferskvatn). Farten er 14 knop. Kornet stuvar 1,3 m^3/t. Før lasting har skipet inne 900 tonn tungolje (ρ = 0,95), 100 tonn dieselolje (ρ = 0,90) og 150 tonn ferskvatn. Konstanten er 250 tonn. Vi ønskjer at skipet ved avgang skal liggje even keel.

a) Rekn ut kor mykje last skipet kan ta, og plasser last, bunkers og ferskvatn slik at skipet har den nødvendige trimmen ved avgang. Dersom noko rom blir slakt, skal det vere rom nr. 3. Både akterpeak og frampeak kan brukast til ferskvatn.

Hugs: Vi må ta omsyn til at når vi kjem inn i vintersona, skal skipet ikkje liggje over det tillatne lastemerket.
Regel: Deplasement ved avgang = tillate deplasement ved framkomst sone + forbruk til sona.

b) Ved framkomst (*worst condition*) reknar vi ut ei fordeling av bunkers og vatn:

Tungolje:	332,1	tonn på DB tank nr. 6
	150,0	tonn på WT Maskin

Dieselolje: 60,0 tonn på DB tank nr. 7
20,0 tonn på dieseldagtank
Ferskvatn: 40,0 tonn på akterpeak
Konstanten som før.
Ta omsyn til at tankar som ikkje er fulle, har lågare tyngdepunkt.
Fyll ut det kanadiske kornskjemaet.

c) Rekn ut djuptgåande ved framkomst når saltinnhaldet i framkomsthamna er 1,005.

4 MS Linda skal laste korn i Canada i juli månad. Kornet stuvar 1,3 m^3/tonn. Ved avgang reknar vi med å ha om bord:

Stores osv.:	300	tonn
Tungolje på DB tank 6:	327	tonn (ρ = 0 9)
Tungolje på W/T maskin:	213	tonn (ρ = 0,9)
Dieselolje på DB tank 7:	120	tonn (ρ = 0,85)
Ferskvatn på FWT akter:	44	tonn
Ferskvatn på akterpeak:	156	tonn

Vi skal ta så mykje last som råd. Dersom eit av romma berre blir delvis fylt, skal det vere nr. 3.
Ved framkomst til lossehamna har skipet denne lasta:
Stores osv. som før

Tungolje på DB tank 6:	23	tonn, *vcg* = 0,30 m
Tungolje på W/T Maskin:	177	tonn, *vcg* = 3,00 m
Dieselolje på DB tank 7:	70	tonn, *vcg* = 1,00 m
Ferskvatn på akterpeak:	100	tonn, *vcg* = 4,60 m

Rett før framkomst til lossehamna fyller vi 200 tonn ballast på DB tank nr. 4 (bruk det tyngdepunktet som er oppgitt for tanken).
Fyll ut det amerikanske kornskjemaet og kontroller mot regelkrava.

5 MS Linda lastar korn i Canada i oktober månad. Det er ferskvatn i lastehamna. Skipet er i lett tilstand. Det tek inn bunkers og ferskvatn fordelt slik:

Tungoljedagtank:	60	tonn tungolje
DB nr. 5:	200	tonn tungolje
DB nr. 6:	250	tonn tungolje
DB nr. 7:	60	tonn dieselolje
Smørjeoljetank:	36	tonn smørjeolje
Akterpeak:	120	tonn ferskvatn

Konstanten (stores osv.) er 200 tonn
Forbruk per døgn er 20 tonn bunkers og 5 tonn ferskvatn. Farten er 14 knop.
Distansen til skipet kjem til vintersona er rekna til 1000 nautiske mil. Skipet skal liggje *even* når det kjem ut i sjøvatn. Distansen til havet er så kort at vi ser bort frå forbruket.

a) Kor mykje last kan skipet ta om bord når kornet stuvar 1,3 m^3/tonn?
b) Rekn ut djuptgåande framme, akter og midtskips ved avgang når skipet skal liggje *even* i sjøvatn.
c) Fordel lasta slik at vilkåret i spørsmål b blir oppfylt. Dersom nokon rom blir delvis fylte, skal det vere nr. 2 og nr. 4. Bruk tyngdepunktet for tankane som oppgitt på plansjen i utrekninga.
d) Når skipet kjem til lossehamna (*worst condition*), har vi denne fordelinga av bunkers og vatn:

Tungoljedagtank:	50	tonn tungolje
DB tank 6:	200	tonn tungolje
DB tank 7:	60	tonn dieselolje
Akterpeak:	50	tonn ferskvatn
Smørjeoljetank:	20	tonn smørjeolje

Konstanten er som før.

Bruk det tyngdepunktet som er oppgitt for tankane. Fyll ut det kanadiske kornskjemaet.

e) Rekn ut djuptgåande ved framkomst når saltinnhaldet på losseplassen er 1,010.

f) Fyll ut kornskjemaet for USA. Bruk avgangs- og framkomsttilstandar. Kontroller mot regelkrava.

g) Dersom vi ved framkomst skulle liggje even keel, korleis ville du da fordele lasta i rom 2 og rom 4 ved avgang?

6 (Eksamen hausten 1998).

I denne oppgåva skal all last reknast på nærmaste heile tonn avrunda nedover i alle fulle lasterom. Forbruket av bunkers, vatn osv. skal avrundast opp eller ned til nærmaste heile tonn.

MS Linda skal laste soyabønner i bulk i Montreal (N 45°30', V 73°33') for lossing i Batumi ved Svartehavet (N 41°39', Ø 41°38'). I Montreal er det reint ferskvatn med tettleik 1,000. Påreknа avgang er 25.04. Soyabønnene stuvar 1,27 m^3/tonn. Vi skal laste mest mogeleg, og dersom vi får ledig kubikk, skal lasta reduserast i rom nr. 1.

Ved avgang frå Montreal har vi om bord:

Stores osv.	150,0	tonn (*vcg* og *lcg* som for lett skip)
Tungolje:	400,0	tonn
Dieselolje:	50,0	tonn
Ferskvatn:	160,0	tonn
Smørjeolje:	20,0	tonn

Distansen frå Montreal til Dardanellane ved innseglinga til Svartehavet er 5000 nautiske mil, og derfrå til Batumi 556 nautiske mil.

Dagleg forbruk med 15,0 knops gjennomsnittsfart er:

Tungolje:	20,0	tonn / døgn
Dieselolje:	2,0	tonn / døgn
Ferskvatn:	8,0	tonn / døgn
Smørjeolje:	0,2	tonn / døgn

For ikkje å få framtrim når vi passerer Dardanellane fyller vi opp symjebassenget og akterpeaktanken (som på dette tidspunktet er tømd for ferskvatn) med sjøvatn. Dessutan fyller vi mest mogeleg ballast på nedre W/t nr. 5 utan å komme over den lastelinja som gjeld. Denne tilstanden skal brukast som *worst condition* på reisa.

Bunkers osv. er da plassert slik:

Tungolje:	tungolje dagtank:	60,0 tonn
» :	W/T maskin:	resten av tungoljen
Dieselolje:	diesel dagtank:	all dieselolje
Ferskvatn:	ferskvasstank:	alt ferskvatn
Smørjeolje:	smørjeoljet. 40m^3	all smørjeolje
Stores osv.:	Uendra frå avgang	(150 tonn)
Ballast:	Symjebasseng:	30,0 tonn
	Akterpeaktank	162,0 tonn
	Nedre W/T nr. 5	resten av ballasta

For alle tankar bruker vi *vcg* og *lcg* som oppgitt i tabellen for fulle tankar.

a) Gjer nødvendige utrekningar og gjer ferdig kornskjemaet i samsvar med *Stability Calculation Type 4*, med utfylling av tabellane II, III, IV, V, VIIB og IX, og kontroller om skipet tilfredsstiller krava. Langskipsmomentet for lasta er 1 295 186,4 tonnmeter.

b) Rekn ut djupgang F, M og A når skipet passerer Dardanellane (sjøvatn med tettleik 1,025.)

11 Tanklasting og lasteutrekning

Det har vore brukt og blir brukt fleire ulike metodar og einingar for å rekne ut oljelaster. Her skal vi konsentrere oss om einingar i SI-systemet og dei metodane som blir brukte internasjonalt.

Frå fysikken har vi:
$m = \rho \cdot V$

ρ = tettleik. I oljeutrekningar er det vanleg å bruke einingа kg/l (= tonn/m³)

V = volum i m³

Volum og tettleik varierer med temperaturen. Derfor er det nødvendig å kjenne tettleik og volum til same temperaturen. Ein har funne det praktisk å fastsetje ein standardtemperatur ved 15 °C. For å forenkle utrekningane er det utarbeidd tabellar, kalla ASTM-tabellane (American Society for Testing and Materials), som i alt omfattar 14 bind.

Tabellene er baserte på at tettleik og volum skal refererast til 15 °C.

$V_{15°} = V_t \cdot f_t$
$m = V_{15°} \cdot \rho_{15°} = V_t \cdot f_t \cdot \rho_{15°}$
$V_{15°}$ = volum ved 15 °C
V_t = volum ved temperatur t gradar
f_t = volumreduksjonsfaktor ved temperaturen t
$\rho_{15°}$ = tettleiken av olje ved 15 °C
m = massen av oljen

For å forenkle formlane sløyfar vi gradtalet når det ikkje kan mistydast.

Massen av oljen blir ofte kalla *vekt i vakuum.*

I vanlege utrekningar har vi bruk for ASTM-tabell Volum VII. I tabell 53 kan vi finne tettleiken av oljen ved 15 °C når vi kjenner tettleiken av oljen ved ein annan temperatur. I tabell 54 kan vi ta ut volumreduksjonsfaktorar slik at vi kan finne V_{15}.

I tabellane er tettleiken oppgitt i kg/m³. I praksis er det vanleg å bruke tettleiken i kg/l (= tonn/m³). For å gå inn i tabellen multipliserer vi tettleik i kg/l med 1000. Den tettleiken vi tek ut, dividerer vi med 1000.

Døme 11.1
Tettleiken for ein olje er oppgitt til 0,846 kg/l ved 23 °C. Finn tettleiken ved 15 °C.

Løysing:
Vi går inn i tabell 53 A med tettleik 846 kg/m³ horisontalt øvst, og loddrett til venstre går vi inn med temperaturen 23 °C. Avlesing gir ρ_{15} = 851,6 kg/m³ = 0,8516 kg/l.

Døme 11.2
Ein tank skal fyllast med olje av tettleik 0,8516 kg/l ved 15 °C. Volumet av tanken er 20 000 m³. Kva er volumet av oljen ved 25 °C, og kor stor masse har oljen?

Løysing:
Vi går inn i tabell 54 A med 851,6 horisontalt øvst og temperaturen, 25 °C loddrett til venstre. Volumreduksjonsfaktoren f_{25}= 0,9915.

$V_{15} = V \cdot f_{25} = 20\,000 \cdot 0{,}9915 = 19\,830$ m³

$m = V_{15} \cdot \rho_{15} = 20\,000 \cdot 0{,}9915 \cdot 0{,}8516 = 16\,887{,}2$ tonn (= vekt i vakuum)

Vekt i luft

Oljen som blir fylt i ein tank, trengjer unna lufta som er i tanken. Etter Arkimedes' lov får oljen ei *oppdrift* = $V_{15°} \cdot \rho_L$.

ρ_L = tettleiken av lufta.

Vekt i luft = vekt i vakuum - oppdrift
$= V_{15} \cdot \rho_{15} - V_{15} \cdot \rho_L$
$= V \cdot f_x (\rho_{15} - \rho_L) = V \cdot f_x \cdot SG_L$

f_x = volumreduksjonsfaktor ved temperatur x°.
SG_L = tettleik ved 15 °C korrigert for oppdrift i luft.

Tettleiken av lufta varierer lite, og når tettleiken av oljen < 1,2 kg/l, blir han sett til 0,0011 kg/l. Når tettleiken av oljen > 1,2, blir han sett til 0,0012 kg/l.

Vi kan setje : $SG_L = (\rho_{15} - 0{,}0011)$ kg/l.

I oljefrakt er det vanleg å gi opp vekta av oljen både i vakuum og i luft. Når vi skal rekne ut lasta om bord eller rekne ut trimmen, må vi bruke vekta i luft.

Skilnaden mellom vekt i vakuum og vekt i luft er ca. 1,5 promille av vekta i vakuum. For ein 300 000-tonnar er skilnaden ca. 450 tonn.

Døme 11.3
Finn vekta av oljen i luft når $V = 20\ 000\ m^3$, volumreduksjonsfaktoren $f_{25} = 0{,}9915$ og $\rho_{15} = 0{,}8516$.

Løysing:
$SG_L = \rho_{15} - 0{,}0011 = 0{,}8516 - 0{,}0011 = 0{,}8505$ kg/l

Vekt i luft $= V \cdot f_{25} \cdot SG_L$
$= 20\ 000 \cdot 0{,}9915 \cdot 0{,}8505 = 16\ 865{,}4$ tonn

Ullasje

Ullasje er eit lengdemål og viser avstanden frå overflata av oljen til dekk eller eit merke på dekket. Når vi veit ullasje, kan vi ved hjelp av ullasjetabellar finne volumet av olje i tanken. Når skipet har trim, må vi korrigere den ullasjen som er avlesen. Dei fleste store tankskipa har trimkorreksjonstabellar (manglar for Golar Patricia).

Framgangsmåte når vi skal rekne ut vekta i tankar ved lasting.
1 Vi finn tettleiken og temperatur med måling eller bruker oppgitte verdiar.
2 Vi måler ullasje og temperatur i kvar tank. Ullasjen må korrigerast for trim.
3 Vi finn tettleiken ved 15 °C av tabell 53 A. Det vanlege er at tettleiken ved 15 °C er kjend, og punkt 1 går da ut.
4 Vi finn volumreduksjonsfaktoren f_i ($f_{innlasting}$) for den temperaturen som er målt, av tabell 54 A.
5 Med den korrigerte ullasjen tek vi ut volum, V_i ($V_{innlasting}$) for kvar tank i tanktabellane.
6 Vi reknar ut vekta i vakuum av $m = V_i \cdot f_i \cdot \rho_{15}$
7 Vi finn $SG_L = \rho_{15} - 0{,}0011$
8 Vi reknar ut vekt i luft av: vekt $= V_i \cdot f_i \cdot SG_L$

Når vi skal losse, blir framgangsmåten tilsvarande, men da er vanlegvis opplysningane i punkt 1 og 3 kjende. Vi finn volumreduksjonsfaktoren f_l ($f_{lossing}$) ved den temperaturen oljen har i lossehamna. Undervegs til lossehamna må vi rekne med svinn på grunn av fordamping. Utan svinn kan vi setje:

$V_l \cdot f_l = V_i \cdot f_i$
der V_l = volum i lossehamna

Døme 11.4
MS Golar Patricia lastar CT 1 og CT 3. Etter lasting måler vi tettleiken til 0,852 kg/l ved 25 °C. Korrigert ullasje var:

CT 1: 22 cm
CT 3: 15 cm

a) Rekn ut vekt i vakuum og vekt i luft.
b) I lossehamna er temperaturen 10 °C. Rekn ut kva for ullasje vi skal ha i tankane dersom vi ikkje har svinn.

Løysing:
a)
Vi finn ρ_{15} = 0,859 kg/l av tabell 53A.
Volumreduksjonsfaktoren $f_i = f_{25}$= 0,99165 frå tabell 54A.
$SG_L = \rho_{15} - 0{,}001 = 0{,}859 - 0{,}0011 = 0{,}8579$ kg/l

Utrekning av ullasje:
CT 1: Her må vi interpolere

Ullasje 20 cm gir volum 34 513,7 m³
Ullasje 25 cm gir volum 34 448,1 m³
differanse 65,6 m³

Korrigert volum for 2 cm : $\frac{65{,}6 \cdot 2}{5}$ = 26,2 m³

Ullasje 22 cm gir volum 34 513,7 – 26,2 = 34 487,5 m³

CT 3: Ullasje 15 cm gir volum 15 662,6 m³

Det er ein fordel å setje opp ein tabell når vi skal gjere slike utrekningar.

Tank nr.	Ullasje	Volum m³	f_i	ρ_{15} kg/l	Vekt i vakuum tonn	SG_L kg/l	Vekt i luft tonn
CT 1	22 cm	34 487,5	0,99165	0,859	29 377,3	0,8579	29 339,7
CT 3	15	15 662,6	"	"	13 341,8	"	13 324,7
			o s v.				

b)
Vi finn $f_l = f_{10}$= 1,00415 frå tabell 54A.

Ettersom det ikkje er svinn, er

$V_l \cdot f_l = V_i \cdot f_i$

$$V_l = \frac{V_i \cdot f_i}{f_l}$$

$$\text{CT1: } V_l = \frac{34\,487{,}5 \cdot 0{,}99165}{1{,}00415} = 34\,058{,}2 \text{ m}^3$$

Tanktabell gir ullasje ca. 54 cm (53,8 cm interpolert)

$$\text{CT3: } V_l = \frac{15\,662{,}6 \cdot 0{,}99165}{1{,}00415} = 15\,467{,}6 \text{ m}^3$$

Tanktabell gir ullasje på ca. 47 cm (46,9 cm interpolert)

Planlegging av lastinga

I god tid før skipet kjem til lastehamna får vi over radio eller satellitt opplysningar om kva slags type last skipet har om bord, og om mengd, tettleik og temperatur ved innlasting. Tettleiken ved 15 °C er nesten alltid oppgitt. På grunnlag av desse opplysningane og den røynsla lasteoffiseren på skipet har, planlegg vi lastinga. Her skal vi ta for oss dei utrekningane som må gjerast.

Dersom temperaturen på reisa til lossehamna blir lågare enn innlastingstemperaturen, kan vi laste tankane heilt fulle, dvs. 0 cm ullasje.

Dersom vi reknar med temperaturstigning på reisa (til dømes på grunn av oppvarming), må vi rekne ut ullasje i lastehamna etter den maksimale temperaturen vi meiner vi kan få på reisa.

Det maksimale volumet er likt volumet av tanken, *V*.

$V_{15} = V \cdot f_m$
der f_m = volumreduksjonsfaktor ved maksimal temperatur.

Vekta i vakuum er gitt av: $m = V \cdot f_m \cdot \rho_{15}$
og vekta i luft er gitt av: vekt = $V \cdot f_m \cdot SG_L$

Som nemning på vekt i luft bruker vi heretter *vekt*.

Sidan massen av oljen er konstant, har vi:

$V_i \cdot f_i = V \cdot f_m$

$$V_i = \frac{V \cdot f_m}{f_i}$$

Når vi kjenner volumet ved innlastinga, tek vi ut ullasje av tanktabellane.

Fyllingsgrad – ullasje i prosent

Forholdet mellom volumet av oljen og volumet av tanken kallar vi fyllingsgrad, F_g.

$$F_g = \frac{V_i}{V} \quad \text{eller} \quad F_g = \frac{V_x}{V}$$

Av det føregåande ser vi at $F_g = \frac{f_m}{f_i}$

Forholdet mellom ledig volum og tankvolum multiplisert med 100 gir oss ullasje i prosent. Vi kan setje:

$$\begin{aligned} \text{Ullasje i prosent} &= 100 - \frac{f_m \cdot 100}{f_i} \\ &= 100 - F_g \cdot 100 \\ &= 100(1 - F_g) \end{aligned}$$

Vi ser at fyllingsgrad og ullasje i prosent er to måtar å vise kor stort volum oljen tek av tankvolumet. Ein fyllingsgrad på 0,98 svarer til ein ullasje på 2%.

Døme 11.5
Vi skal laste olje i ein tank som har volumet 2000 m³. Innlastingstemperaturen er 20 °C, og tettleiken ved denne temperaturen er 0,850 kg/l. På reisa reknar vi med at maksimal temperatur kan bli 48 °C.

a) Rekn ut kor mykje vi kan laste i tanken i tonn og i longtonn (LT).
b) Rekn ut volumet ved innlasting.
c) Rekn ut fyllingsgrad og ullasje i prosent.

Løysing:
Frå tabell 53A :
ρ_{15} = 0,8535 kg/l
$SG_L = \rho_{15} - 0{,}0011$
= 0,8535 – 0,0011 = 0,8524 kg/l

Frå tabell 54A:
$f_m = f_{48} = 0{,}9720$
$f_i = f_{20} = 0{,}9958$

a)
Vekt = $V \cdot f_m \cdot SG_L = 2000 \cdot 0{,}9720 \cdot 0{,}8524 = 1657$ tonn

1 LT = 1,01605 tonn

eller 1 metrisk tonn = 0,98421 LT

Vi kan finne LT når vi dividerer metriske tonn med 1,01605 eller multipliserer metriske tonn med 0,98421.

Her vel vi det siste:

Vekt = 1657 · 0,98421 = 1630,8 LT

b)

$$V_i = \frac{V \cdot f_m}{f_i} = \frac{2000 \cdot 0{,}9720}{0{,}9958} = 1952{,}2 \text{ m}^3$$

c)

$$F_g = \frac{f_m}{f_i} = \frac{0{,}9720}{0{,}9958} = 0{,}976$$

Ullasje i prosent = 100 $(1 - F_g)$ = 100(1 – 0,976) = 2,4 %

Døme 11.6
Ein tank kan ta 1500 m³. Ved 25 °C treng oljen eit volum på 1470 m³. Kor høg temperatur kan vi ha før det fløymer over tanken? Tettleiken til oljen ved 25 °C er 0,855 kg/l.

Løysing:
Tabell 53 A: ρ_{15}= 0,8619 kg/l
Tabell 54 A: $f_{25} = 0{,}9917$

Når massen av oljen er konstant, har vi:

$$V_x \cdot f_x = V \cdot f_m$$
$$V_{25} \cdot f_{25} = V \cdot f_m$$

$$f_m = \frac{V_{25} \cdot f_{25}}{V} = \frac{1470 \cdot 0{,}9917}{1500} = 0{,}9719$$

Med ρ_{15} = 861,9 (862) kg/l går vi inn tabell 54 A og leiter i loddrett kolonne til vi finn nærmaste verdi av f = 0,9719. Vi les temperaturen av ute til venstre og finn at han = 48,75 °C.

Døme 11.7
Golar Patricia lastar for Europa. Innlastingstemperaturen er 21 °C. Tettleiken ved denne temperaturen er 0,9042 kg/l. Vi skal rekne med ein fyllingsgrad på 0,98 (ullasje = 2%).

a) Rekn ut kor mykje vi kan laste i sentertankane 2 og 4 og i vengtank 5.
b) Under oppvarming før lossehamna blir det oppdaga ein lekkasje i vengtank 5 styrbord. Temperaturen blir målt til 48 °C og ullasje til 1,05 m. Kor mykje olje hadde leke ut?

Løysing:
Tabell 53 A: $\rho_{15} = 0{,}9081$
Tabell 54 A: $f_i = f_{21} = 0{,}9955$
$f_x = f_{48} = 0{,}9753$
$SG_L = \rho_{15} - 0{,}0011$
$= 0{,}9081 - 0{,}0011 = 0{,}9070$ kg/l

a)
Vekt = $V \cdot f_m \cdot SG_L$

Her skal vi ha ein fyllingsgrad på 0,98 ved innlastinga.

$$F_g = \frac{f_m}{f_i}$$

Av formelen finn vi $f_m = F_g \cdot f_i$
Vi kan setje vekt = $V \cdot F_g \cdot f_i \cdot SG_L$

CT 2: Vekt = 31 449,5 · 0,98 · 0,9955 · 0,9070 = 27 828,4 tonn
CT 4: Vekt = 31 449,5 · 0,98 · 0,9955 · 0,9070 = 27 828,4 tonn
WT 5 stb.: Vekt = 11 328,9 · 0,98 · 0,9955 · 0,9070 = 10 024,4 tonn
WT 5 bb.: Vekt = 11 328,9 · 0,98 · 0,9955 · 0,9070 = 10 024,4 tonn

b)
Ullasje 1,05 m = 105 cm i WT 5 styrbord gir volum = 10 942,1 m³.

Vekt = $V_x \cdot f_x \cdot SG_L$
$= V_{48} \cdot f_{48} \cdot SG_L$
$= 10\,942{,}1 \cdot 0{,}9753 \cdot 0{,}9070 = 9679{,}3$ tonn

Vekt som har leke ut = vekt ved avgang – vekt etter lekkasje
$= 10\,024{,}4 - 9679{,}3 = 345{,}1$ tonn

Laste- og trimutrekning

Vi skal vise eit døme på laste- og trimutrekning for Golar Patricia.

Døme 11.8
Golar Patricia skal laste i Aruba for Europa. Det er desember månad. Distansen til lossehamna er 4200 nautiske mil. Distansen til sommarsona er 510 nautiske mil, og distansen til vintersona er 1810 nautiske mil. Bunkersforbruket er 120 tonn per døgn og vassforbruket 15 tonn per døgn. Under overfarten bruker vi bunkers frå F.O tank S&P (24–52) og ferskvatn frå A.P. Skipet gjer ein fart på 15,8 knop. Innlastingstemperaturen er 21 °C, og tettleiken ved denne temperaturen er 0,9042. Det er saltvatn i lastehamna.

Da vi kom fram til lastehamna med bunkers, stores og ferskvatn inne, var djuptgåande:

F = 2,63 m, A= 4,67 m
T_{M} stb = 3,60 m T_{M} bb = 3,54 m

a) Rekn ut kor mykje last skipet kan ta.
b) Plasser lasta slik at skipet får ein framtrim på 0,30 m ved avgang. Alle sentertankane og vengtankane 1 og 5 forutan sloptankane skal ha ein ullasje på 2%. Vengtankane 2 og 4 skal brukast til å trimme skipet.
c) Rekn ut kor mykje temperaturen kan stige før det fløymer over tankane.
d) Skipet skal losse i ei hamn der saltinnhaldet er 1,010. Skipet må «lektre» ein del av lasta (i saltvatn) før det går inn til terminalen slik at det ligg *even keel* med djuptgåande 16,50 m ved kai. Vi vil losse frå sentertankane 1, 3 og 5 slik at CT 3 blir lossa heilt og resten teken frå CT 1 og CT 5. På den måten får vi den trimmen vi ønskjer. Rekn ut kor mykje som må lossast totalt frå kvar tank.
e) Kva skal ullasjen vere i CT 1 og CT 5 etter lektring når temperaturen i tankane blir målt til 12 °C?

Løysing:
a)

T_{F}	=	2,63 m
T_{A}	=	4,67 m
t	=	– 2,04 m
	=	– 204 cm

$T_{\text{M}} =$ 3,65 m

$$T_{\text{M}} = \frac{T_{\text{M stb}} + T_{\text{M bb}}}{2} = \frac{3,60 + 3,54}{2} = 3,57 \text{ m}$$

Hogg = 0,08 m

T_{M}	=	3,57 m
Hogg/4	=	+ 0,02 m
T'_{M}	=	3,59 m
t.korr.	=	– 0,09 m
T_{R}	=	3,50 m

Hogg/4 = 0,08/4 = 0,02 m

LCF= 14,49 m

$$\text{t.korr.} = \frac{(-2,04) \cdot 14,49}{313} = -0,09 \text{ m}$$

$\Delta = 40\,505$ tonn, $LCB = 172{,}0$ m, $MTC = 2162$ tm/cm

$$LCB = 172{,}00 \text{ m}$$

$$BG = \frac{t \cdot MTC}{\Delta} = \frac{-204 \cdot 2162}{40\,505} = 10{,}89 \text{ m}$$

$$LCG = 161{,}16 \text{ m}$$

Forbruk per døgn = 135 tonn

$$\text{Forbruk til sommarsona} = \frac{510 \cdot 135}{15{,}8 \cdot 24} = 181{,}6 \text{ tonn}$$

$$\text{Forbruk til vintersona} = \frac{1810 \cdot 135}{15{,}8 \cdot 24} = 644{,}4 \text{ tonn}$$

Differanse i tonnasje sommarsone/vintersone = 5686 tonn, det vil seie at vi kan laste til vintersona + forbruk.

Δ_{vinter}	=	245 559	tonn
+ forbruk til vintersona	=	644	"
Δ_{avgang}	=	246 203	tonn
$\Delta_{framkomst}$	=	40 505	"
Dødvekt for last	=	205 698	tonn

Skipet kan laste 205 698 tonn

b)
Tabell 53 A: $\rho_{15} = 0{,}9081$ (interpolert)
$SG_L = \rho_{15} - 0{,}0011 = 0{,}9081 - 0{,}0011 = 0{,}9070$ kg/l
Tabell 54 A: $f_i = f_{21} = 0{,}9955$
Vekt = $V \cdot f_m \cdot SG_L$

$$F_g = \frac{f_m}{f_i}$$

$f_m = F_g \cdot f_i$

Vekt = $V \cdot F_g \cdot f_i \cdot SG_L$

Sidan vi har same type olje i alle tankane, har vi:

Vekt = $V \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}9955 \cdot 0{,}9070$
Vekt = $V \cdot 0{,}8848601$

CT 1:	Vekt = 34 717,0 · 0,8848601	= 30 719,6 tonn
CT 2:	Vekt = 31 449,5 · 0,8848601	= 27 828,4 tonn
CT 3:	Vekt = 15 724,8 · 0,8848601	= 13 914,2 tonn
CT 4:	Vekt = 31 449,5 · 0,8848601	= 27 828,4 tonn
CT 5:	Vekt = 33 221,7 · 0,8848601	= 29 396,5 tonn
WT 1:	Vekt = 15 678,3 · 0,8848601 · 2	= 27 746,2 tonn
WT 5:	Vekt = 11 328,9 · 0,8848601 · 2	= 20 048,9 tonn
Slopt.	Vekt = 3 110,9 · 0,8848601 · 2	= 5 505,4 tonn
CT1+CT2+CT3+CT4+CT5+WT1+WT5+Slopt.		= 182 987,6 tonn
Skipet kan laste		= 205 698,0 tonn
Til fordeling i WT 2 og WT 4		= 22 710,4 tonn

Prøvelasting

Vi prøvelastar ved å fordele lasta likt i WT 2 og WT 4

$$\text{Vekt} = \frac{22\,710{,}4}{2} = 11\,355{,}2 \text{ tonn}$$

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)	ML(tm)
$\Delta_{\text{før lasting}}$	40 505	161,16	6 527 786
CT 1	30 719,6	260,65	8 007 064
CT 2	27 828,4	207,00	5 760 479
CT 3	13 914,2	168,75	2 348 021
CT 4	27 828,4	130,52	3 632 163
CT 5	29 396,5	78,01	2 293 221
WT 1	27 746,2	258,71	7 178 219
WT 5	20 048,9	85,42	1 712 577
Sloptankar	5 505,4	57,05	314 083
Δ_1	223 492,6	ΣML_1	37 773 613
WT 2	11 355,2	207,00	2 350 526
WT 4	11 355,2	130,52	1 482 081
Δ	246 203	ΣML	41 606 220
– Oppdr.mom = $-\Delta \cdot LCB = -246\,203 \cdot 165{,}56 =$			– 40 761 369
		TM =	844 851

T_R = 19,15 cm
LCB = 165,56 m
MTC = 3077 tm/cm
LCF = 0,15 m

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{844\,851}{3077} = 274{,}57 \text{ cm}$$

Skal ha = 30,00 cm

Skipet må trimmast akterover = 244,57 cm

Vi flytter v tonn frå WT 2 til WT 4

$$v = \frac{\delta_{\text{trim}} \cdot MTC}{a} = \frac{244{,}57 \cdot 3077}{(207 - 130{,}52)} = 9839{,}7 \text{ tonn}$$

Last i WT 2 : 11 355,2 – 9839,7 = 1 515,5 tonn
Last i WT 4 : 11 355,2 + 9839,7 = 21 194,9 tonn
(Det er ledig plass i WT 4.)

Kontrollrekning:

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)	MT(tm)
Δ	223 492,6	ΣML	37 773 613
WT 2	1 515,5	207,00	313 709
WT 4	21 194,9	130,52	2 766 358
Δ	246 203	ΣML	40 853 680
– Oppdr.moment =		–	40 761 369
		TM	92 311

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{92\,311}{3077} = 30 \text{ cm}$$

c)
For konstant masse har vi

$$V_x \cdot f_x = V \cdot f_m$$

$$f_m = \frac{V_x \cdot f_x}{V} = \frac{V \cdot F_g \cdot f_i}{V} = F_g \cdot f_i$$

$$f_m = 0{,}98 \cdot 0{,}9955 = 0{,}97557$$

Tabell 54 A gir med $\rho_{15} = 908{,}1$ temperatur = 47,67 °C
Temperaturen kan stige til ca. 47,67 °C (stigning = 26,67 °).
eller vi reknar ut f_m av:

$$\text{Vekt} = V \cdot f_m \cdot SG_L$$

$$f_m = \frac{\text{Vekt}}{V \cdot SG_L}$$

Vi vel til dømes CT 1:

$$f_m = \frac{30\,719{,}6}{34\,717 \cdot 0{,}907} = 0{,}975587 \text{ gir } t = 47{,}5°\text{C}$$

d)
Vi må rekne ut forbruket frå lastehamna til lossehamna:

T.O. forbruk	$= \frac{4200 \cdot 120}{15{,}8 \cdot 24}$	=	1329 tonn
Ferskvatn "	$= \frac{4200 \cdot 15}{15{,}8 \cdot 24}$	=	166 tonn
Totalt forbruk		=	1495 tonn

Δ_{avgang} = 246 203 tonn $T_{R\rho}$ = 16,50 m $\Delta_{avlesen}$ 209 574 tonn
– Forbruk = 1 495 tonn

$$\Delta = \frac{\Delta_{avlesen} \cdot \rho}{1{,}025}$$

$\Delta_{framkomst}$ = 244 708 tonn

$$\Delta = \frac{209\,574 \cdot 1{,}010}{1{,}025}$$

$$\Delta = 206\,507 \text{ tonn}$$

T_R	= 19,04 m, Δ	= 244 708 tonn
Vi skal ha T_R	= 16,50 m, Δ	= 206 507 tonn
Vi må lektre i alt		= 38 201,0 tonn
Vi lossar frå CT 3		= 13 914,2 "
Vi må losse frå CT 1 og CT 5		= 24 286,8 tonn

Når vi lossar, kan det vere ein fordel å losse alt frå ein stad. Det er berre ein veg å flytte, og vi unngår å flytte feil veg.

Vi prøvelossar ved å losse 24 286,8 frå CT 1

Utrekning av trim :

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)	ML(tm)
Δ_{avgang}	246 203	ΣML	40 853 680
F.O. tank	– 1329	32,87	– 43 684
A.P.	– 166	5,73	– 951
$\Delta_{framkomst}$	244 708	ΣML	40 809 045
CT 3	– 13 914,2	168,75 =	– 2 348 021
Δ_1	230 793,8	ΣML_1	38 461 024
CT 1	– 24 286,8	260,65	– 6 330 354
Δ	206 507	ΣML	32 130 670
– Oppd.mom = – Δ · LCB_p = – 206 507 · 166,95 =			– 34 476 344
		TM =	– 2 345 674
		Ønskt TM =	0
T_{Rp} = 16,50 m			
LCB_p = 166,95 m		δTM =	2 345 674

$$v = \frac{\delta TM}{a} = \frac{2\,345\,674}{260{,}65 - 78{,}01} = 12\,843{,}2 \text{ tonn}$$

Vi lossar frå CT 1: 24 286,8 – 12 843,2 = 11 443,6 tonn
Vi lossar frå CT 5: = 12 843,2 tonn

Kontroll:

Stad	Vekt(t)	Lcg(m)	ML(tm)
Δ_1	230 793,8	ΣML_1	38 461 024
CT 1	- 11 443,6	260,65	- 2 982 774
CT 5	- 12 843,2	78,01	- 1 001 898
Δ	206 507	ΣML	34 476 351
Oppdriftsmoment			- 34 476 344
		TM	7

Trimmoment omtrent null, og lossinga er OK.

e)

CT 1 $vekt_{full}$	=	30 719,6 t	CT 5: $vekt_{full}$	=	29 396,5 t
Lossing	=	11 443,6 t	Lossing	=	12 843,2 t
Etter lektring		19 276,0 t	Etter lektring		16 553,3 t

Vekt = $V \cdot f_1 \cdot SG_L$

$$V = \frac{\text{Vekt}}{f_1 \cdot SG_L}$$

ρ_{15} = 0,9081 kg/l Tabell 54A:

$f_1 = f_{10} = 1{,}0022$

$$\text{CT 1: } V = \frac{19\,276{,}0}{1{,}0022 \cdot 0{,}907} = 21\,205{,}8 \text{ m}^3$$

$$\text{CT 5: } V = \frac{16\,553{,}3}{1{,}0022 \cdot 0{,}907} = 18\,210{,}5 \text{ m}^3$$

$$\text{Ullasje CT1: } 120 + \frac{33\,166{,}5 - 21\,205{,}8}{13{,}49} = 1006{,}6 \text{ cm} = 10{,}07 \text{ m}$$

$$\text{Ullasje CT5: } 120 + \frac{31\,681{,}4 - 18\,210{,}5}{13{,}38} = 1126{,}8 \text{ cm} = 11{,}27 \text{ m}$$

Andre einingar

I engelsktalande land brukte dei tidlegare eininga API (American petroleum Institute). I dag bruker dei også der som oftast SI-einingar. API er eit mål for tettleiken. Samanhengen mellom tettleik og API er gitt av:

$$API = \frac{141{,}5}{\rho_{60°F}} - 131{,}5 \text{ og } \rho = \frac{141{,}5}{API + 131{,}5}$$

Når vi skal gjere om frå ei eining til ei anna, bruker vi tabellar. Til API-utrekningar bruker vi temperaturen i fahrenheit.

Vi har ASTM-tabellar for API av liknande type som for SI-einingar (sjå tabellane 5A og 6A).

Vi bør halde oss til SI-einingar. Dersom det blir nødvendig med andre einingar, bør vi bruke omgjeringsfaktorar. I amerikanske hamner er det ofte vanleg å gi opp volumet i barrels og vekta i longtons (LT).

Omgjering frå ei eining til ei anna

Når vi skal gjere om volumet frå ei eining til ei anna, bruker vi vanlegvis tabellar. Det er viktig å vere klar over at 60 °F ikkje er 15 °C, men 15,6 °C. Det er viktig når vi skal rekne ut U.S. Barrels (Bbls.). Nedanfor har vi vist tabell ASTM 52, som blir brukt til å gjere om einingar.

Volum i m³ ved 15 °C til Bbls ved 60 °F		Volum i Bbls ved 60 °F til m³ ved 15 °C	
Tettleik av oljen	**Multipliser med**	**Tettleik av oljen**	**Multipliser med**
654,0 – 697,0	6,2950	654,0 – 683,0	0,15886
698,0 – 778,0	6,294	684,0 – 722,0	0,15887
779,0 – 901,0	6,293	723,0 – 768,0	0,15888
902,0 – 1074,0	6,292	769,0 – 779,0	0,15889
		780,0 – 798,0	0,15890
		799,0 – 859,0	0,15891
		860,0 – 964,0	0,15892
		965,0 – 1074,0	0,15893

Døme 11.9
Volumet ved 15 °C er utrekna til 359 681,6 m³, tettleiken ved 15 °C = 878,9 kg/ m³.
Rekn ut volumet i US Barrels ved 60 °F.

Løysing:
US Barrels = 359 681,6 · 6,293 = 2 263 476,3 Bbls

Døme 11.10
Ein tank som tek 1500 m³, skal fyllast med olje som har temperaturen 70 °F og API = 33,0.
a) Rekn ut massen av oljen og vekta i metriske tonn og longtons.
b) Rekn ut volumet i barrels ved innlasting og ved 15 °C.

Løysing:
a)
Vi bruker tabell 5A til å finne *API* ved 60 °F.

Vi finn $API_{60°F} = 32,3$

70 °F = 21 °C

I tabell 4, Saybolt «Petroleum Tables» finn vi at *API* = 32,3 gir $\rho_{15°} =$ 0,8634 kg/l
Tabell 6A: $f_i = 0,9954$
$SG_L = 0,8634 - 0,0011 = 0,8623$ kg/l
$m = V \cdot f_i \cdot \rho_{15} = 1500 \cdot 0,9954 \cdot 0,8634 = 1289,1$ tonn

Vekt $= V \cdot f_i \cdot SG_L = 1500 \cdot 0,9954 \cdot 0,8623 = 1287,5$ tonn
$= 1287,5 \cdot 0,98421 = 1267,2$ LT

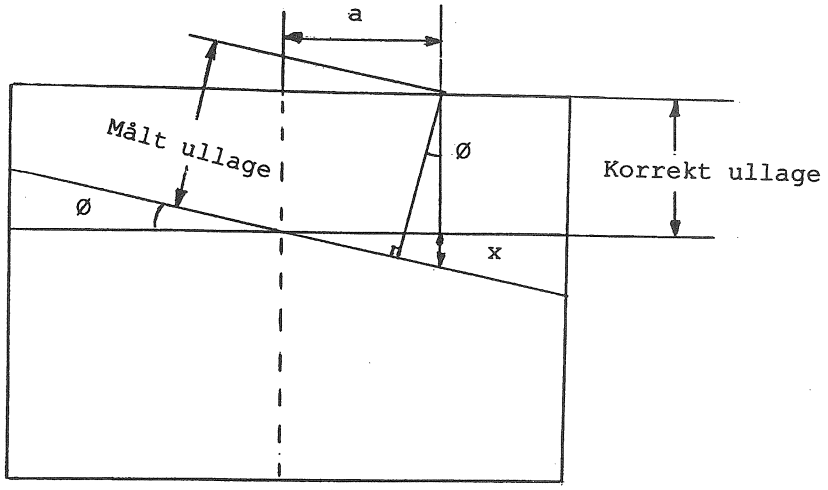
b)
$V_i = 1500$ m³, 1 m³ = 6,2898 barrels ved innlasting (same temperaturen)
$V_i = 1500 \cdot 6,2898 = 9434,7$ barrels
$V_{15} = V \cdot f_i = 1500 \cdot 0,9954 = 1493,1$ m³
Ved 60 °F er 1m³ = 6,293 barrels (sjå tabell)
$V_{60°F} = 1493,1 \cdot 6,293 = 9396,1$ barrels

Vekta a) kan også finnast av tabell 58:

$$\text{Vekt} = \frac{\text{Barrels}}{\text{Barrels per Metric Ton}} = \frac{9396,1}{7,2974} = 1287,6 \text{ tonn}$$

Korreksjonstabellar for ullasje

Ullasjetabellar over volum er laga ut frå at skipet ligg utan krenging eller trim. Dersom skipet krengjer eller har trim, må ullasjen korrigerast, sjå figur 11.1



Figur 11.1

Rettinga $x = a \cdot \tan \varnothing$

Frå figuren får vi:
Korrekt ullasje = målt ullasje – a · tan ∅
Dersom vi har stor ullasjehøgd og stor trim eller krenging, må vi korrigere for den vinkelen målebandet får:
Korrekt ullasje = målt ullasje/cos ∅ – a · tan ∅

Avhengig av korleis målaren er plassert i tanken blir rettinga lagd til eller trekt frå.

Korreksjonane er sette opp i tabell, og du ser døme på slike tabellar nedanfor. For Golar Patricia har vi ikkje slike tabellar, så her reknar vi at den ullasje som er gitt, er korrekt.

Døme på korreksjonstabellar:

Sentertank nr. 1 for ein råoljetankar.

Korreksjonar for trim er oppgitt i mm og skal trekkjast frå (–) eller leggjast til (+) det volumet som er oppgitt.

Trim i meter:

Ullasje i m	2,0 framtrim	E.K.	2,0 aktertrim	4,0 aktertrim	6,0 aktertrim	8,0 aktertrim	10,0 aktertrim
2,00	– 133	0	133	265	398	531	664
4,00	– 133	0	133	265	398	531	664
8,00	– 133	0	133	265	398	531	664
10,00	– 133	0	133	265	398	531	664
12,00	– 133	0	133	265	398	531	664
14,00	– 133	0	133	265	398	531	664
16,00	– 133	0	133	265	398	531	664
18,00	– 133	0	133	265	398	531	664
20,00	– 133	0	133	265	398	531	664

Korreksjonar for krenging i gradar er oppgitt i mm og skal trekkjast frå (–) eller leggjast til (+) det volumet som er oppgitt.

Ullasje i meter	Babord 3°	Babord 2°	Babord 1°	Utan Krenging	Styrbord 1°	Styrbord 2°	Styrbord 3°
2,00	23	15	8	0	– 8	– 15	– 23
4,00	23	15	8	0	– 8	– 15	– 23
6,00	23	15	8	0	– 8	– 15	– 23
8,00	23	15	8	0	– 8	– 15	– 23
10,00	23	15	8	0	– 8	– 15	– 23
12,00	23	15	8	0	– 8	– 15	– 23
14,00	23	15	8	0	– 8	– 15	– 23
16,00	23	15	8	0	– 8	– 15	– 23
18,00	23	15	8	0	– 8	– 15	– 23
20,00	23	15	8	0	– 8	– 15	– 23

Døme 11.11

I sentertank nr. 1 har vi lese av ullasje 12,05 m. Skipet ligg med akter-trim 4 m og krenging til styrbord 2°. Rekn ut korrekt volum.

For sentertank 1 har vi:

Ullasje i m	Volum i m³	Ullasje i m	Volum i m³
12,00	13 932,6	12,46	13 580,5
12,02	13 917,3	12,48	13 565,2
12,04	13 902,0	12,50	13 549,9
12,06	13 886,7	12,52	13 534,6
12,08	13 871,4	12,54	13 519,3
12,10	13 856,1	12,56	13 504,0
12,12	13 840,7	12,58	13 488,6
12,14	13 825,4	12,60	13 473,3
12,16	13 810,1	12,62	13 458,0
12,18	13 794,8	12,64	13 442,7
12,20	13 779,5	12,66	13 427,4
12,22	13 764,2	12,68	13 412,1
12,24	13 748,9	12,70	13 396,8
12,26	13 733,6	12,72	13 381,5
12,28	13 718,3	12,74	13 366,2
12,30	13 703,0	12,76	13 350,9
12,32	13 687,7	12,78	13 335,6
12,34	13 672,4	12,80	13 320,2
12,36	13 657,0	12,82	13 304,9
12,38	13 641,7	12,84	13 289,6
12,40	13 626,4	12,86	13 274,3
12,42	13 611,1	12,88	13 259,0
12,44	13 595,8	12,90	13 243,7

Ullasje observert i meter	Trim korreksjon i meter	Krenging korreksjon I meter	Korrekt ullasje i meter	Korrekt volum i m³
12,05	+ 0,265	– 0,015	12,30	13 703,0

Det er særleg trimmen som verkar inn på ullasjekorreksjonane.

Dei fleste skipa ligg utan krenging etter at dei har lasta. Ein metode som blir brukt på mindre tankskip, gir opp volumet som funksjon av trim. Døme på ein slik tabell er vist nedanfor.

Volum som funksjon av trim - ullasje målt frå karm av butterworth-luke:

Trim i meter – volum i m³

Ullasje cm	fremre 1,0	fremre 0,5	even 0	akterleg 1,0	akterleg 2,0	akterleg 3,0	akterleg 4,0
0	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2597,77
3	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2597,99	2597,40
6	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2597,87	2596,81
9	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2597,54	2595,95
12	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2597,95	2596,94	2594,77
15	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2597,66	2596,02	2593,24
18	2598,00	2598,00	2598,00	2598,00	2597,02	2594,72	2591,30
21	2598,00	2598,00	2598,00	2597,76	2595,95	2592,97	2388,92
24	2598,00	2598,00	2598,00	2596,94	2594,36	2590,72	2586,07
27	2597,93	2597,90	2597,54	2595,37	2592,16	2587,92	2582,70
30	2597,39	2596,93	2595,94	2593,17	2589,37	2584,55	2578,84
33	2596,15	2595,14	2593,84	2590,48	2586,09	2580,70	2574,55
36	2594,18	2592,85	2591,26	2587,30	2582,32	2576,41	2569,87
39	2591,69	2590,06	2588,18	2583,63	2578,07	2571,70	2564,85
42	2588,71	2586,79	2584,60	2579,47	2573,36	2566,61	2559,54
45	2585,24	2583,02	2580,54	2574,82	2568,24	2561,19	2553,97

Rapportar som skal førast om bord – forkortingar

Nedanfor ser du ein rapport frå T/T «X». (Manuell rapport utskriven for hand.)

Ship's Quantity Report
Company: Vessel: Voy. No.:
Grade: Foecados Blend API 60 °F: 29,52 Density 15 °C: 878,3 SG_L= 0,8772
Dwt: 289 980 M.tonsLBP: 330,70 m Draft F:21,90 Mean: 21,90 Aft: 21,90 Trim: E.K.

Tank	Ull. Obs.	Trim Corr	Ull. Corr.	T.O.V.	Free Obs. dip	Water Volum	Temp	G.O.V.	V.C.F. ASTM	G.S.V. 15°C
No	m	cm	m	m^3	cm	m^3	°C	m^3		m^3
1P	7,15	0	7,15	7 803,43	15	1,20	33,4	7 802,23	0,985293	7 687,483
S	7,14	0	7,14	7 808,07	6,4	7,7	33,3	7 800,37	0,985373	7 686,274
2P	9,31	0	9,31	11 224,11	7,6	27,20	33,3	11 196,91	0,985373	11 033,133
S	9,28	0	9,28	11 238,69	6,1	16,90	33,3	11 221,79	0,985373	11 057,649
3P	1,05	0	1,05	12 026,80	6,1	12,90	33,9	12 013,90	0,984892	11 832,394
S	1,07	0	1,07	12 021,30	2,5	6,70	33,8	12 014,60	0,984972	11 834,045
5P	1,05	0	1,05	12 025,40	1,2	4,30	34,2	12 021,10	0,984651	11 836,588
S	1,05	0	1,05	12 025,40	2,5	6,70	34,1	12 018,70	0,984731	11 835,186
6P	1,05	0	1,05	12 025,40	0	0	34,1	12 025,40	0,984731	11 841,784
S	1,05	0	1,05	12 025,40	2,5	6,70	34,1	12 018,70	0,984731	11 835,186
7P	1,05	0	1,05	11 894,60	1,2	2,90	34,1	11 891,70	0,984731	11 710,126
S	1,05	0	1,05	11 894,60	0	0	34,1	11 894,60	0,984631	11 712,981
8P	1,05	0	1,05	9 867,75	0	0	33,5	9 867,75	0,985213	9 721,236
S	1,04	0	1,04	9 873,20	0	0	34,2	9 873,20	0,984651	9 721,656
1C	1,04	0	1,04	21 726,50	2,5	19,40	34,3	21 707,10	0,984570	21 372,159
2C	1,03	0	1,03	28 170,35	0	0	33,8	28 170,35	0,984972	27 747,006
3C	0,98	0	0,98	21 165,30	1,2	14,80	33,7	21 150,50	0,985052	20 834,342
4C	1,03	0	1,03	21 127,70	0	0	33,6	21 127,70	0,985132	20 813,573
5C	12,66	0	12,66	12 480,75	10,1	77,00	34,1	12 403,75	0,984731	12 214,357
6C	1,03	0	1,03	21 127,70	3,8	31	33,7	21 096,70	0,985052	20 781,347
7C	1,02	0	1,02	21 130,70	0	0	33,7	21 130,70	0,985052	20 814,838
8C	1,54	0	1,54	10 375,90	30,5	156,8*	33,9	10 214,10	0,984892	10 064,709
9 C	3,07	0	3,07	8 482,30	2,5	7,20	34,0	8 475,10	0,984811	8 346,372
Total						399,4				314 335,026

* LOT / Slop

GSV Total	314 335,026
+ Free Water	399,400
TCV	314 734,426
Less OBQ	355,840
TCL	314 378,586
VEF	1,00366
Corrected ship fig.	313 232,156

US Bbls 60 ºF	1 971 170
M.Tons	274 767,247
L.tons	270 428,672
B.L.fig.	1 969 163
Diff. US Bbls 60 ºF	2006,958

Merknad:
Skipet ligg utan trim og utan krenging, og det er ikkje korrigert for ullasje. Etter dei retningslinjene som finst for bruk av ASTM-tabellar, skal *volum correction factor*, VCF, brukast med fire desimalar. Her har vi brukt seks desimalar. I skolesamanheng er det vanleg med slike interpolasjonar, men det er ikkje tilrådd i ASTM-forklaringa.

Forkortingar:
T.O.V. = Total Observed Volume
Free Obs.dip. = Målt vatn i tanken ved dipping
GOV = Gross Observed Volume (ved den aktuelle temperaturen)
V.C.F. = Volum Correction Factor (ASTM 54)
G.S.V. = Gross Standard Volume (ved 15 °C)
TCV = Total Calculated Volume
OBQ = Onboard Quantity (volum i lastetankar før lasting, vanlegvis i sloptank)
TCL = Total Calculated Loaded
VEF = Vessels Experience Factor

Når vi skal samanlikne last som skipet dokumenterer å ha lasta (Ship fig), og last levert av avskiparen dokumentert ved Bill of Lading (B/L), reknar vi ut VEF, anten som forholdet mellom Ship fig og B/L eller omvendt. Tala i denne rapporten gir:

$$VEF = \frac{314\,378{,}583 \cdot 6{,}293}{1\,969\,163} = 1{,}004683$$

Når vi skal gjere om volum i m^3 ved 15 °C til US Barrels ved 60 °F, multipliserer vi med 6,293.

VEF fastsett vi vanlegvis som eit gjennomsnitt for dei siste ti lastereisene.

Bruk av dataprogram

Det er vanleg med dataprogram som gjer alle utrekningar i samband med lasting og lossing av tankskip. Datamaskinen står i direkte kontakt med tankane. Ullasje blir målt (vanlegvis ved hjelp av tankrader) og korrigert automatisk for krenging og trim. Temperaturen kan også målast ved fjernavlesing. Det vanlege er at temperaturen blir målt direkte i tanken og lagd inn i datamaskinen manuelt. Nedanfor ser du eit døme på ein rapport som datamaskinen skriv ut.

CARGO REPORT

Loading Program M/T » Y»
Port/Location: Draugen Terminal FLP Destination: Rotherdam Voyage no:
Measurments taken: This report covers: Draft/Trim: Metres Deg +(Port)

Date: Time: After Loading F: 14,20 A: 14,68 Trim: 0,48 List: 1,4°

Cargo: Draugen
Density: At 15,0 °C: 0,8213 ASTM 54 A

Tank Name	Ullage Corrected m	Capacity OBS. Vol m³	Temp Observ °C	Density 15° C Vakuum	Volume Corr Factor	Volume STD 15°C m³	Spec.Gr. 15° C Air	Weight Air Tonn
C.TK 1	1,14	11 454,5	35,20	0,8213	0,9815	11 242,6	0,8202	9 221,2
C.TK 2	1,16	13 152,9	34,60	0,8213	0,9821	12 917,5	0,8202	10 594,9
C.TK 3	1,14	13 172,9	34,00	0,8213	0,9826	12 943,6	0,8202	10 616,4
C.TK 4	1,21	13 117,3	34,60	0,8213	0,9821	12 882,5	0,8202	10 566,2
C.TK 5	1,09	13 204,7	35,00	0,8213	0,9817	12 963,1	0,8202	10 632,3
C.TK 6	1,24	11 225,1	34,30	0,8213	0,9823	11 026,4	0,8202	9 043,9
SLOP P	1,15	1 933,7	32,00	0,8213	0,9845	1 903,7	0,8202	1 561,4
SLOP S	1,08	1 937,4	28,10	0,8213	0,9880	1 914,1	0,8202	1 570,0
WT 1P	1,08	5 793,1	24,30	0,8213	0,9915	5 743,9	0,8202	4 711,1
WT 1S	1,01	5 812,6	23,20	0,9213	0,9925	5 769,0	0,8202	4 731,7
WT 2P	1,11	5 963,9	24,40	0,8213	0,9914	5 912,6	0,8202	4 849,5
WT 2S	1,24	5 926,3	23,90	0,8213	0,9919	5 878,3	0,8202	4 821,4
WT 4P	1,09	5 970,4	23,50	0,8213	0,9922	5 923,9	0,8202	4 858,7
WT 4S	1,22	5 933,3	22,80	0,8213	0,9929	5 891,1	0,8202	4 831,9
WT 5P	1,09	5 970,8	24,00	0,8213	0,9918	5 921,8	0,8202	4 857,1
WT 5S	1,19	5 941,6	23,00	0,8213	0,9927	5 898,2	0,8202	4 837,7
WT 6P	1,11	5 917,6	24,10	0,8213	0,9917	5 868,5	0,8202	4 813,3
WT 6S	1,05	5 932,6	20,50	0,8213	0,9950	5 902,9	0,8202	4 841,6
Total:		13 860,7				136 503,9		111 960,5

Bbls 60° F : 859 018,8 L./T: 110 191,9

Ship fig. in M/T : 111 960,5
B/L fig in M/T : 0
Differ. in M/T :– 111 960,5

Vessels Normal Experience Factor : = 0,999820

Deadweight:

Cargo	:	111 960,5 tonn
Ballast	:	2645,8 tonn
Fuel Oil	:	468,1 tonn
Diesel Oil	:	47,9 tonn
Lub Oil + Misc	:	262,1 tonn
Fresh Water	:	110,0 tonn
Stores	:	450,0 tonn
Total	:	115 944,5 tonn

Merknad: Programmet reknar ut skjerkrefter og bøyemoment og gir oss verdiar for hamneforhold og sjøtilstand. Døme på ei slik utrekning er vist i kapittel 12.

Arbeidsoppgåver

1 Ein tank har volum 2500 m³, og lastetemperaturen er 25 °C. Tettleiken til oljen ved denne temperaturen er 0,8500 kg/l. Vi reknar med at temperaturen under reisa kan komme opp i 50 °C.
   a) Rekn ut kor mykje vi kan laste i tanken.
   b) Rekn ut ledig volum i tanken når vi lastar inn.
   c) Rekn ut fyllingsgraden (ullasjefaktoren).
   d) Rekn ut ullasje i prosent.

2 Ein tank har eit volum på 6300 m³. Han skal fyllast med ei oljelast med temperatur 24 °C. Tettleiken ved 15 °C er 0,864 kg/l.
   a) Rekn ut volumet ved 15° C.
   b) Rekn ut volumet når vi lastar inn.
   c) Rekn ut vekta av oljen i tanken.
   d) Vi går ut frå at vi undervegs får ein temperatur på maksimum 58 °C. Kor mykje kan vi laste i tanken når vi lastar inn?
   e) Finn ut frå maksimumstemperaturen volumet ved innlasting, volumet av ledig plass ved innlasting, ullasje i prosent ved innlasting og fyllingsgraden.

3 Ein tank har eit volum på 13 500 m³. Den skal lastast med ei oljelast som har tettleik 0,84 kg/l ved 20,5 °C. Maksimumstemperaturen på reisa er rekna å bli 56 °C. Kva blir ullasje i prosent og i volum, og kor mykje kan vi laste?

4 ST Golar Patricia skal laste i alle sentertankane. Innlastingstemperaturen er 22,5 °C, og tettleiken ved denne temperaturen er 0,834 kg/l. Maksimumstemperaturen reknar vi blir 56 °C.
   a) Rekn ut vekt i kvar av sentertankane.
   b) Rekn ut ullasje i kvar av tankane.

5 ST Golar Patricia skal laste i sentertank nr. 5. Innlastingstemperaturen er 20 °C, og tettleiken ved denne temperaturen er 0,865 kg/l. Vi går ut frå at temperaturen på reisa kan komme opp i 52 °C. I lossehamna er temperaturen 10 °C.
   a) Rekn ut kor mange tonn vi kan laste i sentertank nr. 5.
   b) Rekn ut ullasje i lastehamn.
   c) Rekn ut ullasje i lossehamn.

6 ST Golar Patricia skal laste i CT nr. 1 og WT nr. 5 styrbord og babord. Innlastingstemperaturen er 26 °C, og tettleiken ved denne temperaturen er 0,864 kg/l. Maksimumstemperatur reknar vi blir 58 °C.

a) Kor mange tonn kan vi laste i kvar tank?
b) Rekn ut ullasje ved innlasting.

7 Golar Patricia skal laste i CT nr. 1, CT nr. 3, CT nr. 5 og i WT nr. 4 styrbord og babord. Innlastingstemperaturen er 26,5 °C, og tettleiken ved denne temperaturen er 0.849 kg/l. Vi går ut frå at temperaturen på reisa kan bli 50 °C. Temperaturen ved framkomst lossehamna er 20 °C.
a) Kor mange tonn kan vi laste i kvar tank?
b) Rekn ut ullasje i lastehamna og i lossehamna.

8 Golar Patricia ligg i ei hamn der saltinnhaldet er 1,005. Djuptgåande vart avlesen til:
T_F = 3,86 m, T_A= 4,45 m, T_M = 4,32 m
Rekn ut korrekt deplasement.

9 Golar Patricia har Δ = 135 000 tonn. Rekn ut djuptgåande framme, akter og midtskips når skipet har ein akterleg trim på 1,22 m og skrogbøyinga er 16 cm sagg.

10 Golar Patricia ligg i ferskvatn. Djuptgåande vart avlesen til:
T_F = 19,35 m, T_A = 20,57 m, T_M = 19,85 m
Rekn ut korrekt deplasement og finn djuptgåande i saltvatn.

11 ST Golar Patricia skal laste desse lastene:
CT nr. 1: 27 613 tonn
CT nr. 2: 25 014 tonn
CT nr. 3: 12 507 tonn
CT nr. 4: 25 014 tonn
CT nr. 5: 26 424 tonn
Djuptgåande før lasting var: T_F = 3,50 m, T_A= 6,86 m
Rekn ut djuptgåande etter lasting når vi går ut frå at det ikkje er skrogbøying.

12 ST Golar Patricia skal laste ei restlast i vengtank nr. 4 styrbord og babord. Innlastingstemperaturen er 18 °C. Tettleiken ved denne temperaturen er 0,882 kg/l. Maksimumstemperaturen er sett til 60 °C. Lossetemperaturen reknar vi blir 26 °C.
Skipet ligg *even* med djuptgåande 17,37 m før vi lastar og utan skrogbøying.
a) Kor mange tonn kan skipet laste i WT nr. 4?
b) Kva blir djuptgåande ved avgang
c) Kva blir ullasje i WT nr. 4 i lossehamn?

13 Golar Patricia skal losse ved ein terminal der tettleiken på vatnet er 1,010, og der største tillatne djuptgåande er 17,68 m. Skipet er fullasta, og ein del av lasta må lektrast for å komme til kai. Ved framkomst til lektringsposisjon (saltvatn) les vi djuptgåande av til:
T_F= 18,90 m, T_A = 19,20 m, T_M =19,13 m
Vi vil losse frå WT nr. 1 og CT nr. 3 og 5 slik at CT nr. 3 blir lossa heilt, og slik at resten blir teken frå dei to andre tankane.
Da vi lasta inn, var det 2 % ullasje i dei tre tankane, og innlastingstemperaturen var 24 °C. Tettleiken ved denne temperaturen var 0,9000. Da vi kom fram til lektringsposisjon, var temperaturen i oljen 14 °C.
a) Kor mange tonn var det i dei tre tankane, og kva var ullasje i desse tankane ved avgang og ved framkomst?
b) Kor mykje må lossast frå kvar av dei tre tankane?
c) Rekn ut ullasje i WT nr. 1 og CT 5.

14 Eksamensoppgåve våren 1991
Golar Patricia ligg i ei hamn i tropesona, der det er sjøvatn med tettleik 1,025. Skipet skal laste olje med desse opplysningane: Lastetemperaturen 24 °C. Tettleik ved denne temperaturen er oppgitt til 878 kg/m^3. På reisa skal oljen varmast opp til 55 °C.
Ved framkomst vart djupgang avlesen til:
F = 1,83 m, M styrbord = 3,35 m, M babord = 3,04 m, A = 4,88 m

Distansen til lossehamna, som ligg i sommarsona, er 10 800 nautiske mil. Distansen til sommarsona frå lastehamna er 3200 nautisk mil.
Skipet skal bunkre tungolje for reisa til lossehamna, og forbruket per døgn er 132 tonn med fart 16 knop. Ferskvassforbruket er produsert av evaporator, medan vi ser bort frå anna forbruk.

a) Kva var det korrekte deplasementet og dødvekta til skipet da det kom til lastehamna?
b) Kor mange tonn tungolje må bunkrast for reisa?
c) Det skal ikkje lastast på slopptankane P/S. Kor mykje olje kan skipet ta i dei andre lastetankane? (Gi opp kvantum både i tonn og longtons.)
d) Kor mykje last kan skipet ta?
e) CT nr. 1 skal fyllast maksimalt. Kva skal ullasje vere når vi stengjer av? Kor mange tonn og longtons kan vi ta på tanken?
f) Etter at vi starta oppvarminga av lasta undervegs til lossehamna, måler vi ullasje i CT nr. 2 til 0,48 m og temperaturen i oljen til 27,25 °C. Kva er høgaste temperatur vi kan varme opp oljen til i denne tanken til før det fløymer over?
g) Da vi kom fram til lossehamna, måler vi ullasje i CT nr. 1 til 0,66 m og temperaturen oljen til 50 °C. Kor mange tonn er det på tanken?
h) Dersom oljekvantumet i denne tanken viser seg å vere mindre enn det vi fylte i tanken, skal du forklare kva årsakene til svinnet kan vere.

15 Eksamensoppgåve hausten 1991
Golar Patricia ligg i ei hamn i sommarsona og er nærmast ferdiglasta. Det er brakkvatn i lastehamna med tettleik 1,005, og avlesne djupgangar før restlasta blir teken om bord er:
F = 17,68 m, M styrbord = 18,82 m, M babord = 18,67 m, A = 19,51 m
Innlastingstemperaturen på oljen er 23 °C, og tettleiken av oljen ved denne temperatur er 0,804 kg/l.

a) Kor mykje last kan skipet enno ta?
b) Sentertank nr. 2 er klar for «topping», og ullasje blir målt til 1,524 m. Kor mange tonn og longtons er det på tanken?

NB! Omgrepet «topping» er eit vanleg brukt uttrykk for sluttlasting av tankar når dei er nesten fulle.

c) Kor stor må ullasje vere når pårekna maksimumstemperatur på reisa er 55 °C?
Kor mange tonn kan vi fylle på tanken?
d) Kva for temperatur kan lasta i tanken varmast opp til før ullasje blir 7,62 cm?
e) Nemn kort dei omsyna vi må ta og dei prosedyrane som bør følgjast ved topping av tankar.

16 ST Golar Patricia skal laste full last i P.G. av Arabian Medium Crude, tettleik 0,8700 kg/l ved 15 °C. Det blir lasta 1. november for lossing i Nord-Europa for ordre.
Distansen til S 20° er om lag 3500 nautiske mil, og distansen til Cape Torinana er rundt 10 350 nautiske mil. Distansen til lossehamna i Nord-Europa er rekna til om lag 11 000 nautiske mil.
Vi reknar med gjennomsnittsfart 15,0 knop og eit dagleg forbruk på 135 tonn tungolje. Ferskvatnet blir produsert av evaporator. Skipet har likevel 300 tonn ferskvatn om bord i reserve på akterpeaken ved avgang. Ved avgang har vi tungolje om bord for å nå fram til lossehamna i Nord-Europa i tillegg til 5 døgns forbruk i reserve. Vi har dessutan 25 tonn smørolje og 100 tonn stores akter, og 150 tonn stores framme ved avgang. Tungoljedagtankane (F.O.S.T.) er 90 % fulle ved avgang, og resten av tungoljen er på dei andre bunkerstankane (ρ = 0,950). Vi skal laste slik at vi kjem

til lossehamna på *even keel*. Temperaturen ved innlastinga er 50 °C, og vi reknar at det blir maksimumstemperatur på reisa. Vi ønskjer likevel ein ullasje på 2 % på alle fulle tankar. Det skal lastast på alle lastetankar inkludert sloptankane. WT nr. 2 P&S og WT nr. 4 P&S blir lasta til slutt og brukt for å justere deplasement, dødvekt og trim.

Last opp skipet ut frå opplysningane ovanfor. På reisa forbruker vi først frå F.O.-tankane, og når dei er tomme, bruker vi F.O.S.T.

a) Kva er djuptgåande framme, midtskips og akter ved avgang?
b) Kva er lastekvantum i tonn på kvar tank og ullasje i cm?
c) Kva er djuptgåande ved framkomst til Nord-Europa?

17 ST Golar Patricia lastar i ei hamn som ligg i tropesona. Reisa til lossehamna tek 27 døgn, men vi kjem inn i vintersona to døgn før vi kjem fram til lossehamna, altså etter 25 døgns segling. Dagleg forbruk er 135 tonn tungolje. Ferskvatnet blir produsert av evaporator. Forbruket av smørolje er så lite at vi ikkje tek omsyn til det i utrekningane, det vil seie at vi går ut frå same kvantum ved framkomst som ved avgang. Vi ønskjer å komme til lossehamna på *even keel* i saltvatn og med maksimalt inntak av last etter den lastelinja som gjeld.

Ved avgang frå lastehamna har vi forutan lasta om bord:

Stores framme:	150 tonn
Stores akter:	100 tonn
Ferskvatn på Akterpeak:	350 tonn
Tungolje på F.O.S.T.P&S:	550 tonn
Tungolje på F.O.-tankar P&S:	3600 tonn
Smørolje på L.O.-tank:	20 tonn

Tungoljen blir først forbrukt frå F.O.-tankane og deretter frå F.O.S.T.-tankane. Tettleiken på oljen er 0,850 kg/l ved innlastingstemperatur 50 °C. Vi reknar ikkje med høgare temperatur på reisa, og vi ønskjer ullasje på 1,8 % på alle fulle tankar. Talet på tonn på tankane skal avrundast nedover til nærmaste heile tonn (WT må reknast ut parvis). Det skal lastast på alle lastetankar inkludert sloptankane. Den trimmen vi ønskjer og djuptgåande ved avgang lastehamn, regulerer vi ved å laste WT nr. 1 P&S og CT nr. 4 til slutt.

a) Kva blir deplasementet ved avgang lastehamn, og kor mange tonn olje kan vi laste?
b) Kva blir ønskt djuptgåande framme, akter og midtskips ved avgang? Rekn med vanleg saltvatn (ρ = 1,025) i lastehamna.
c) Kva blir innlasta kvantum i tonn på kvar tank forutan ullasje i m/cm?

18 Eksamen våren 1998

ST Golar Patrida ligg 4. september i Den arabiske golfen og lastar olje med tettleik 0,8900 ved 15 °C. Temperaturen på oljen ved innlastinga er 27 °C.

Vi held på å sluttlaste på CT nr. 1 og nr. 5 da vi les av djupgangar til F = 18,95 m, A = 19,75 m, M = 19,63 m. Det er brakkvatn i lastehamna med tettleik 1,008.

Vi les samtidig av ullasje og temperatur på CT nr. 5: ullasje = 200 cm, temperatur = 27 °C.

Skipet skal laste så mykje som råd for å gå rundt Sør-Afrika for å losse i ei hamn i Nord-Europa.

Det er 480 nautiske mil til den periodiske tropesommarsona i Det arabiske havet. Vidare derfrå er det 1200 nautiske mil til tropesona på 8° N, og derfrå til sommarsona på 20° S er det 1952 nautiske mil.

Dagleg forbruk er rekna til 123 tonn totalt med 15 knops fart.

a) Kor mange tonn olje kan vi enno laste?

Restlasta skal fordelast på CT nr. 1 og nr. 5 slik at skipet ikkje har

trim (*even keel*) når vi er ute av hamna og i sjøvatn med tettleik 1,025. Vi ser bort frå forbruket ut av hamna.

b) Korleis skal restlasta fordelast mellom CT nr. 1 og 5 for å oppnå dette?

c) Kva blir ullasje i cm på CT nr. 5 når han er ferdig lasta, og kor mange tonn er det da på tanken? Oljen har ein temperatur på 27 °C.

d) Før framkomst til Nord-Europa skal oljen varmast opp. Til kva for temperatur kan vi varme opp oljen i CT nr. 5 når vi vil ha 25 cm ullasje på tanken?

e) Rekn ut djupgangane F, A og M før avgang frå kai når vi reknar med at skipet saggar 15 cm etter at det er ferdig lasta.

19 Eksamen hausten 1998

ST Golar Patricia lastar ved oljeterminalen på Kharg Island (N 29°14', Ø 50°19') for lossing i Kure, Japan (N 34°14', Ø 132°32'). Pårekna avgang frå Kharg Island er 8. mai.

Distansen frå Kharg Island til Kure er 6538 nautiske mil, og distansen frå Kharg Island til sommarsona i Kinasjøen er 5200 nautiske mil.

Forbruket på reisa er 130 tonn tungolje per døgn med 15,0 knops gjennomsnittsfart. Vatnet blir produsert med ferskvassgenerator i nok mengder til å dekkje det daglege forbruket.

Ved avgang reknar vi med å ha om bord:

Tungolje:	2850,0 tonn
Ferskvatn:	50,0 tonn
Stores:	250,0 tonn
Smørjeolje:	20,0 tonn

Det skal lastast olje med densitet 0,8840 ved 15 °C. Vi reknar at lastetemperaturen er 50 °C, og vi reknar ikkje med høgare temperatur på reisa. Vi ønskjer 2 % ullasje på alle tankar som skal lastast maksimalt.

a) Kva for deplasement skal vi ha ved avgang Kharg Island, og kor mange tonn olje kan lastast?

b) Kor mange tonn olje kan lastast på CT nr. 3 med 2 % ullasje når temperaturen på oljen er 50 °C?

Dei siste tankane som skal lastast, er WT nr. 2 styrbord og babord og CT nr. 4.

Under sluttlastinga vart djupgangane avlesne til F = 16,47 m, M = 17,56 m, A = 18,77 m, og tettleiken på sjøvatnet vart avlesen til 1,030.

Samtidig målte vi ullasje og temperatur på desse tankane:

WT nr. 2 styrbord	= 16,90 m, temp. 48 °C
WT nr. 2 babord	= 17,00 m, temp. 48 °C
CT nr. 4	= 20,00 m, temp. 50 °C

c) Kor mange tonn olje er det på kvar av desse tankane?

d) Kor mange tonn olje står det att å laste totalt? Ved avgang ønskjer vi ein aktertrim på 1,20 m.

e) Kor mange tonn må da lastast på WT nr. 2 styrbord og babord, og kor mange tonn på CT nr. 4?

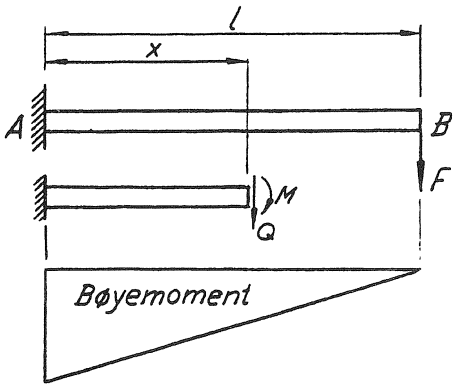
f) Kva for ullasje skal CT nr. 4 ha når han er ferdig lasta og oljen har ein temperatur på 50° C?

g) Kva skal avlesne djupgangar F, M og A vere ved avgang frå Kharg Island når vi reknar med at tettleiken på sjøvatnet framleis er 1,030 og at skipet ikkje har skrogbøying?

12 Skjerkrefter og bøye-moment

For å forstå skjerkrefter og bøyemoment skal vi med fleire enkle døme prøve å klargjere desse omgrepa.

Sjå på ein bjelke med lengda l, som er innspent i venstre enden (A) og belasta med ei kraft F i høgre enden (B), jamfør figur 12.1. Vekta av bjelken ser vi bort frå i dette tilfellet.



Figur 12.1

Vi tenkjer oss at vi legg eit snitt i bjelken i avstanden x frå A. Skjerkrafta Q som verkar i snittet, er lik F, og vi innser at Q er konstant over heile lengda på bjelken.

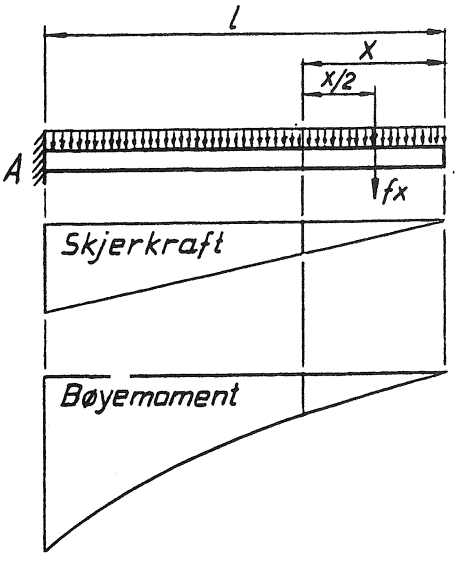
$$Q - F = 0$$
$$Q = F$$

Bøyemomentet i venstre enden blir $M = F \cdot l$. I snittet kan vi setje:

$$M - F \cdot l + F \cdot x = 0$$
$$M = F\,(l - x)$$

Bøyemomentet fordeler seg lineært over bjelken med maksimum i venstre enden.

Figur 12.2 viser ein bjelke som har ei jamn belastning, f. Belastninga kan til dømes vere vekta av sjølve bjelken, som er konstant per lengdeeining.



Figur 12.2

Dersom vi legg inn eit snitt i avstanden x frå B, er skjerkrafta:

$$Q = fx$$

Vi ser at skjerkrafta er lik arealet under belastningskurva.

Momentet i snittet er:

$$M = f \cdot x\frac{x}{2} = \frac{f \cdot x^2}{2}$$

Vi ser at bøyemomentet er lik arealet under skjerkraftkurva til snittet.

Maksimalt bøyemoment i venstre enden er:

$$M_{\max} = \frac{f \cdot l^2}{2}$$

Figur 12.3 viser ein bjelke opplagra i begge endar og belasta med ei kraft, F, på midten. Vi ser bort frå vekta av bjelken.

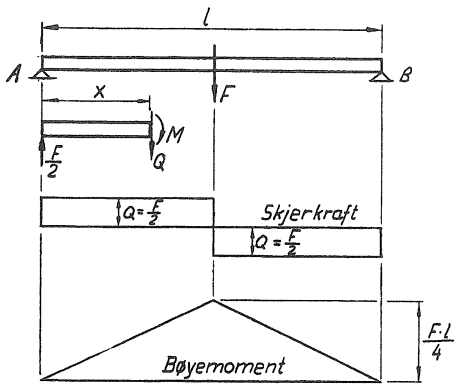
Dersom vi legg inn eit snitt i avstanden x frå A, ser vi at skjerkrafta er lik $F/2$ over heile bjelken, men på midten av bjelken skifter ho forteikn.

$$Q = \frac{F}{2}$$

Bøyemomentet $M = Q \cdot x = \frac{F}{2}x$

Maksimalt bøyemoment får vi ved $x = \frac{l}{2}$

$$M_{\max} = \frac{F \cdot l}{2 \cdot 2} = \frac{Fl}{4}$$



Figur 12.3

Figur 12.4 viser ein bjelke med jamn belastning per lengdeeining, opplagra i begge endar.

Vi får her maksimal skjerkraft i endane og null skjerkraft på midten av bjelken. Dersom vi legg inn eit snitt i avstanden x frå A, finn vi:

$$Q = \frac{fl}{2} - fx = f\left(\frac{l}{2} - x\right)$$

Bøyemomentet som er lik arealet under skjerkraftkurva, blir (sjå figuren):

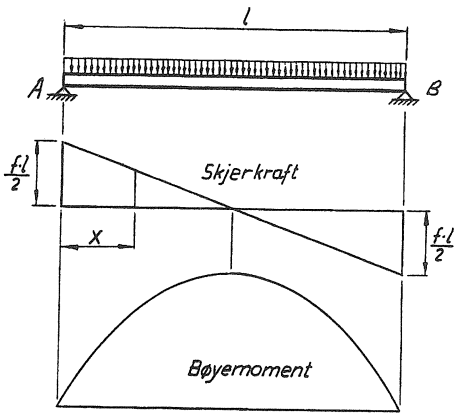
$$M = \{(Q_{\max} + Q)x\}/2$$

$$M = \left[\left\{\frac{fl}{2} + f\left(\frac{l}{2} - x\right)\right\}x\right]/2$$

$$M = \left[\left\{\frac{fl}{2} + \frac{fl}{2} - fx\right\}x\right]/2$$

$$M = \left(\frac{fl}{2} - \frac{fx}{2}\right)x = \frac{flx}{2} - \frac{fx^2}{2}$$

$$M = \frac{fx}{2}(l - x)$$



Figur 12.4

Maksimalt bøyemoment ved $x = l/2$: $M_{\max} = \frac{fl^2}{8}$

Desse fire døma med belastning av ein bjelke er grunnlaget for det vidare arbeidet med skjerkrefter og bøyemoment på skip.

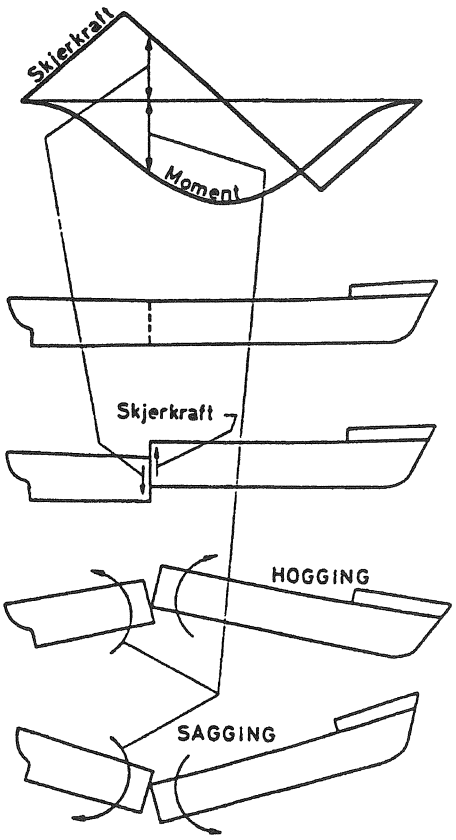
Eit skip kan reknast som ein bjelke som blir belasta med ulike typar

belastningar. I stille vatn er det lastfordelinga som er avgjerande for korleis skjerkrefter og bøyemoment fordeler seg på skipsskroget. Oppdriftskrafta og vekta av dei enkelte seksjonane er ikkje jamt fordelte over lengda på skipet. I ein seksjon kan til dømes oppdriftskrafta vere større enn vekta, og i ein annan seksjon kan vekta vere større enn oppdriftskrafta.

Om vi tenkjer oss eit skip delt med eit snitt til dømes ved 1/4 av lengda, lyfter vanlegvis den eine delen seg, og den andre delen ligg djupare. Samtidig endrar dei to delane trim. For å halde skipet saman i snittet må det verke krefter og moment som igjen gir materialspenning i skroget. Kreftene som held skroget saman, er skjerkreftene. Dessutan må det i skroget vere eit indre moment som hindrar at dei to delane dreiar seg om snittpunktet. Når bøyemomentet fører til at delane tippar frå kvarandre, kallar vi det *hogging*. Momentet fører til strekkrefter i dekket og trykkrefter i botnen. Når bøyemomentet fører til at delane tippar mot kvarandre, kallar vi det *sagging*. Momentet fører til trykkrefter i dekket og strekkrefter i botnen, sjå figur 12.5.

Figur 12.5 viser at for dette skipet er skjerkreftene størst ved 1/4-lengdene og lik null midtskips. Det svarer til at dersom skipet blir kutta midtskips, flyt dei to halvdelane med same gjennomsnittlege djuptgåande som før. Bøyemomentet er størst der skjerkrafta er null, og dei to halvdelane tippar derfor i motsett retning og får såleis ulik trim.

Nedanfor skal vi sjå på tre skipstypar i ulike lastetilstandar.

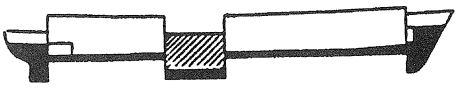


Figur 12.5

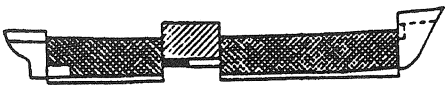
Skip med maskineri midtskips

Figur 12.6 a viser skipet i ballasta tilstand. Det tunge maskineriet og skarpene har større vekt enn dei tomme lasteromma. Skjerkreftene og momenta er vanlegvis moderate.

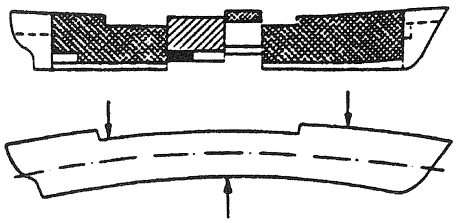
På figur 12.6 b har skipet fulle lasterom. Vekta i lasteromma blir tyngre enn det lette maskineriet. Skipet kan no samanliknast med ein bjelke som er opplagra på midten. Vi ser at vi får eit *hoggingsmoment*, sjå figur 12.6 c. Dersom skipet i tillegg har tomme djuptankar nær midtskips, kan det bli utsett for stort hoggingsmoment i lasta tilstand.



Figur 12.6 a



Figur 12.6 b



Figur 12.6 c

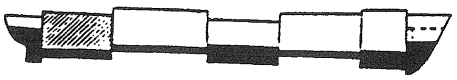
Skip med maskineri akter

I tom tilstand må slike skip ha stor ballastkapasitet i framskipet for å få *baugen ned.* Ei slik vektfordeling er uheldig fordi hoggingsmomentet kan bli stort, sjå figur 12.7 a.



Figur 12.7 a

Ei meir jamn fordeling av ballast i store dobbelbotntankar i heile lengda på skipet, eventuelt i sidetankane under dekk, er betre, sjå figur 12.7 b. Ein større djuptank midtskips er også gunstig for skip med maskineriet akter.



Figur 12.7 b

Figur 12.7 c viser skipet i lasta tilstand. Med jamn lastfordeling i romma får vi ei gunstig belastning på skroget. Malm eller anna tung last bør ikkje liggje i skarpt avgrensa haugar midt under lukeopninga fordi det gir store lokale påkjenningar og ei uheldig langskipspåkjenning på skroget.



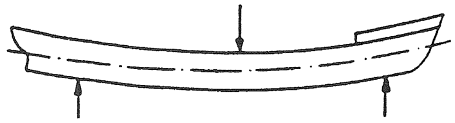
Figur 12.7 c

Tankskip

Tankskip har maskinrommet og også ofte pumperommet akter. Vektene i akterskipet er som oftast vesentleg mindre enn oppdrifta for akterskipet. For at skipet ikkje skal trimme på «nasen» må vi plassere framme unødvendig store djuptankar og tørrlasterom, som må haldast forholdsvis tomme når skipet har last inne. Figur 12.8 a viser eit tankskip i lasta tilstand. Heile tankpartiet får underskot av oppdrift, medan endane får overskot. Skroget blir belasta som bjelken som er vist på figur 12.8 b. Vi får *sagging* med trykkspenningar i dekket og strekkspenningar i botnen.

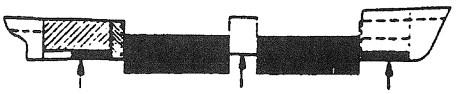


Figur 12.8 a



Figur 12.8 b

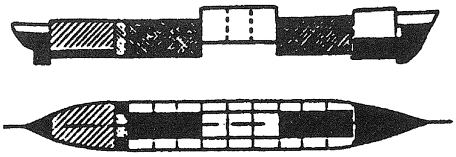
Dersom vi aukar lengda på lastetankområdet akterover og framover ved å redusere lengda på maskinrommet og dei tomme partia i framskipet, reduserer vi saggingsmomentet.



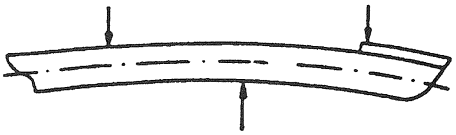
Figur 12.8 c

Dersom volumet av lastetankane er større enn nødvendig, bør vi få eit område innanfor 0,4 L midtskips med overskot av oppdrift, sjå figur 12.8 c. I fall lastelengda er stor, må vi ikkje ha for mange tomme tankar konsentrerte midtskips for å unngå hoggingsmoment i lasta tilstand, men fordele dei innanfor 0,4 L midtskips.

I ballasta tilstand er det svært stor fare for å belaste skipet uheldig. Maskinrommet har større vekt enn oppdrift. Dersom vi fyller ballast i endane utan at vi samtidig lastar ned midtpartiet på skipet, kan vi få store hoggingmoment, sjå figur 12.9 a og b.



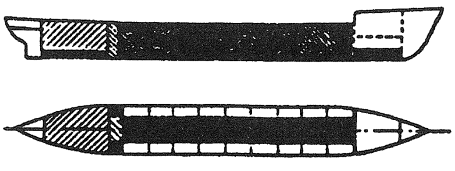
Figur 12.9 a



Figur 12.9 b

For å få jamna ut belastningskurva for eit ballasta skip bør ballasta fordelast mest mogeleg jamt over lastetanklengda når ballasta svarer til 50 % av dødvekta til skipet, sjå figur 12.9 c. I fall ballastmengda er mindre, bør skipet lettast noko meir i området utanfor 0,4 L midtskips. Dersom vi har ei ballastmengd som svarer til 60 % av dødvekta til skipet, bør ballasta konsentrerast meir mot endane av tankområdet.

Det er vanleg at byggjeverkstadene leverer utrekningar som viser god vektfordeling av last og ballast i dei ulike lasteromma og tankane. På den måten kan vi skreddarsy ulike last- og ballastplanar for skipet.

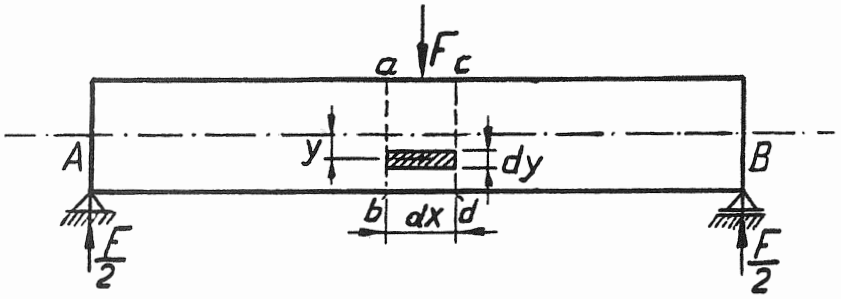


Figur 12.9 c

Kva delar av skroget ber mest av langskipspåkjenningane?

La oss sjå på ein bjelke som er opplagra i begge endar, figur 12.10. La ab og cd vere to parallelle seksjonar der planet er perpendikulært på planet AB. Avstanden mellom dei er dx.

Vi belastar bjelken med ei kraft F på midten av bjelken, figur 12.11. Opplagerkrafta blir $F/2$ i kvar ende. Vi ser no at bjelken bøyer seg ned. Dei to seksjonane ab og cd er framleis perpendikulære på AB, men vi ser at dei no lagar ein vinkel dØ med kvarandre. Den delen av bjelken som ligg over AB, er samanpressa, og den del av bjelken som ligg under AB, er strekt. I laget AB er det korkje trykk eller strekk. Dette laget blir kalla *det nøytrale laget* eller *den nøytrale aksen.*

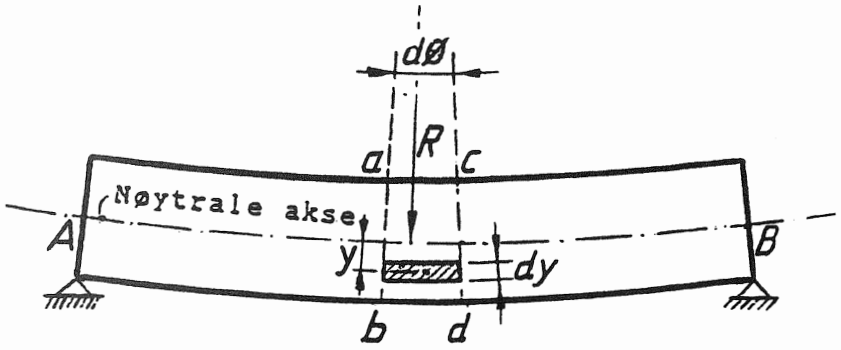


Figur 12.10

La oss gå ut frå at bogen av den nøytrale aksen har radius R. Studer eit lag med tjukkleik dy som er i avstanden y frå den nøytrale aksen. Vi har da desse samanhengane:

Opphavleg lengd av laget = $dx = R \cdot d\varnothing$

Lengd av laget etter bøying = $(R + y)d\varnothing$

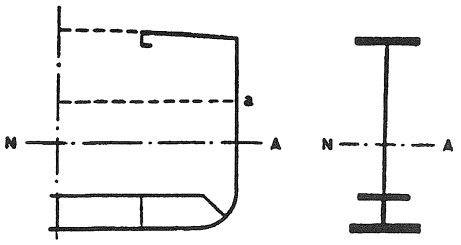


Figur 12.11

Vi ser at dess større avstanden er frå den nøytrale aksen, dess meir blir bjelken strekt, det vil seie at strekkspenninga blir proporsjonal med avstanden frå den nøytrale aksen. På same måten ser vi at på oversida av den nøytrale aksen er trykkspenninga proporsjonal med avstanden frå den nøytrale aksen.

Det vil seie at det er dei ytre laga i bjelken som ber påkjenningane. Langs den nøytrale aksen er det inga påkjenning.

På figur 12.12 ser du tverrsnittet av langskipsstyrkedelane i eit dobbeltbotna fartøy. Ved sida av er det teikna ein bjelke som har same tverrsnittsflate, same nøytrale aksen og same styrken.



Figur 12.12

Når bjelken blir utsett for eit langskips bøyemoment, ber dei laga som ligg lengst frå den nøytrale aksen, mest. Overført til skipet får det øvste dekket som er lengst frå den nøytrale aksen, størst påkjenning. Dernest kjem den ytre botnen. Dersom vi legg inn eit heilt dekk ved a, flytter det den nøytrale aksen høgare opp i fartøyet, og påkjenningane på det øvste dekket blir mindre. Den nøytrale aksen bør ikkje liggje vesentleg lågare enn halve sidehøgda av skipet over kjølen.

Langskipspåkjenningar i bølgjer

Når eit skip er utsett for store bølgjer, aukar langskipspåkjenningane sterkt. Vi gå ut frå at dei største påkjenningane kjem når skipet går på tvers av bølgjer med ei bølgjelengd som er omtrent lik lengda av skipet. Her kan vi tenkje oss to tilfelle:

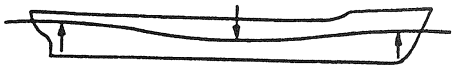
1 Skipet får ein bølgjetopp midtskips
2 Skipet får ein bølgjedal midtskips

Figur 12.13 viser eit skip med ein bølgjetopp midtskips og bølgjedalar i endane. Vi får overskot av oppdrift midtskips og overskot av vekt i endane. Skipet blir utsett for eit hoggingsmoment.



Figur 12.13

På figur 12.14 får vi den motsette situasjonen. Her har skipet ein bølgjedal midtskips og bølgjetoppar ved endane. Skipet blir utsett for eit saggingsmoment.



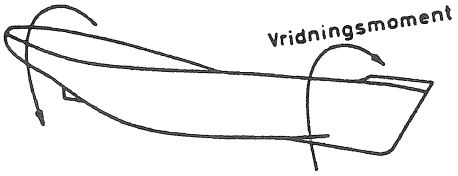
Figur 12.14

Momenta som skipet får på grunn av bølgjer, adderer seg til dei momenta skipet har i stille vatn og som kjem av vekt- og lastfordelinga på skipet. Saggingsmomentet i bølgjer er vanlegvis 10–20 % større enn hoggingsmomentet i bølgjer. Når skipet kjem i grov sjø, er det vanleg å leggje baugen mot bølgjene, og farten blir ofte redusert til minste styrefart. Ein slik framgangsmåte reduserer ikkje bølgjemomentet som skipet blir utsett for. Dersom vi ikkje heilt sikkert veit at lastfordelinga er slik at stillevassmomentet er svært lite og heller litt på hoggingsida enn på saggingsida, bør vi i grov sjø leggje skipet mest mogeleg parallelt med bølgjekammane og la det drive. Jamvel om skipet slingrar noko under desse forholda, sikrar vi det mot store bølgjemoment.

Når skipsbyggjaren skal rekne ut styrken til eit skip, tek han omsyn til at skipet blir utsett for bølgjer.

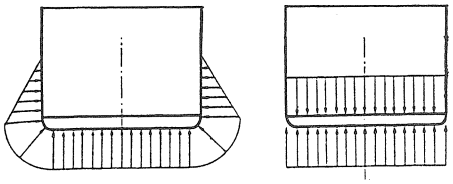
Andre påkjenningar

Når eit skip går på skrå mot bølgjene, blir det også utsett for eit *vridingsmoment*, sjå figur 12.15. Vridingsmomentet kan gi skade i dekket dersom skipet har store luker. Dei største vridingsmomenta får vi med sjøen på *låringa*.

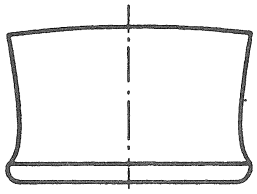


Figur 12.15

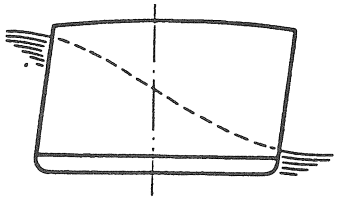
Ujamn lastfordeling i tverrskips retning innanfor lasteromma kan gi vridingsmoment. Vasstrykket mot botnen og sidene av skipet er alltid perpendikulært mot yttersidene av skipet. På figur 12.16 har vi med piler vist korleis vasstrykket fordeler seg. I stille vatn er dei trykka som verkar inn mot midten av skipet, like store på begge sider av fartøyet. Trykket prøver å tvinge skipssidene innover, sjå figur 12.17. For å ta opp trykket blir det bygd sterke spant og plateberarar i skipssida. Dei blir lagra i botnen og dekket. Avstivingssystemet hindrar at skipssidene blir deformerte. Når skipet går på skrå mot bølgjene, blir det eit vridingsmoment på skroget, som prøver å deformere tverrsnittet på skipet, sjå figur 12.18. Dei mange tverrskipsrammene skal hindre slike deformasjonar. Tverrskipsskotta har her ein viktig funksjon.



Figur 12.16

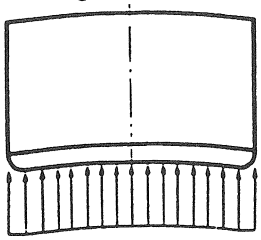


Figur 12.17

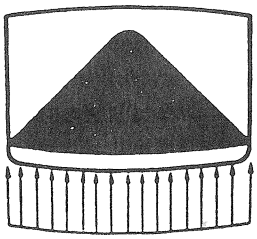


Figur 12.18

Dei vertikale oppoverretta kreftene som er viste på figur 12.16, svarer til den oppdrifta skipet har på denne staden. Dersom vekta og oppdrifta ikkje er i likevekt, kan botnen bli inntrykt som vist på figur 12.19. Likeins kan ei tung malmlast som er dårleg fordelt, trykkje ned botnen, sjå figur 12.20. Tunge kolli må av same grunn leggjast på eit godt underlag, slik at kreftene blir fordelte mest mogeleg.



Figur 12.19



Figur 12.20

Kravet til større fart også i grov sjø fører med seg at skipet kan bli utsett for *botnslag* når det er i ballast, sjå figur 12.21. For ikkje å få botnslag bør skipet ha ein ballastkapasitet på meir enn 25 % av det fulle deplasementet for skipet.

Når baugen på skipet går opp og ned i bølgjene, varierer trykkreftene mot baugen sterkt og fører til at platene får ei inn-/utrørsle. Denne rørsla kallar vi *panting*. Stor fart i grov motsjø kan gi stor pantingskade.



Figur 12.21

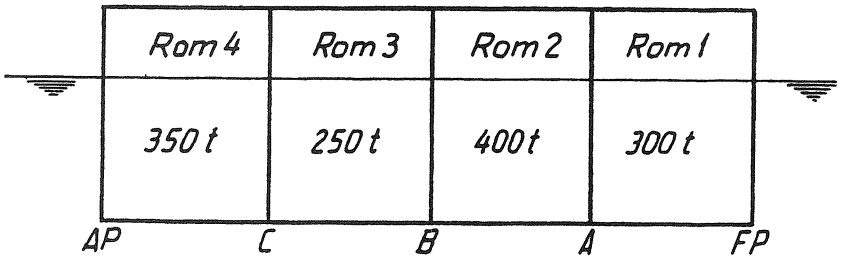
Døme på utrekning av skjerkrefter og bøyemoment på ein lekter

Ein rektangulær lekter med lengd 60 m er inndelt i fire like store rom. Deplasementet i tom tilstand er 700 tonn, sjå figur 12.22. Lekteren tek om bord desse lastene, som er jamt fordelte i romma:

Rom 1: 300 tonn
Rom 2: 400 tonn
Rom 3: 250 tonn
Rom 4: 350 tonn

Skipet ligg *even* etter lasting. Lasta er jamt fordelt i romma.

a) Teikn diagram over belastninga.
b) Rekn ut skjerkreftene i snitta A, B og C og teikn skjerkraftkurva.
c) Rekn ut momenta i snitta A, B og C og teikn bøyemomentkurva. Finn maksimum bøyemoment.
d) Set opp skjema for utrekning av skjerkraft og bøyemoment.



Figur 12.22

Løysing:
a)

$\Delta = \Delta_{\text{tomt skip}} + \text{Last}$

$\Delta = 700 + (300 + 400 + 250 + 350) = 2000$ tonn

Vi reknar ut vekta av tom lekter per meter $= \frac{700}{60} = 11{,}666$ t/m

Ettersom lasta er jamt fordelt i romma, kan vi rekne ut vekta per meter i dei respektive romma:

$$\text{Vekt per meter} = \frac{\text{vekt av last i rom}}{\text{lengd av rom}} + \text{vekt av «tom» lekter per meter}$$

Rom 1: $\frac{300}{15} + 11{,}666 = 31{,}666$ t/m

Rom 2: $\frac{400}{15} + 11{,}666 = 38{,}333$ t/m

Rom 3: $\frac{250}{15} + 11{,}666 = 28{,}333$ t/m

Rom 4: $\frac{350}{15} + 11{,}666 = 35{,}000$ t/m

Oppdrifta er jamt fordelt over heile lengda på skipet. Vi reknar ut oppdrift per meter:

$$\text{Oppdrift per meter} = \frac{\Delta}{L} = \frac{2000}{60} = 33{,}333 \text{ t/m}$$

Når vi teiknar vektkurva og oppdriftskurva for skipet, kan vi sjå korleis kreftene er fordelte langs skroget.

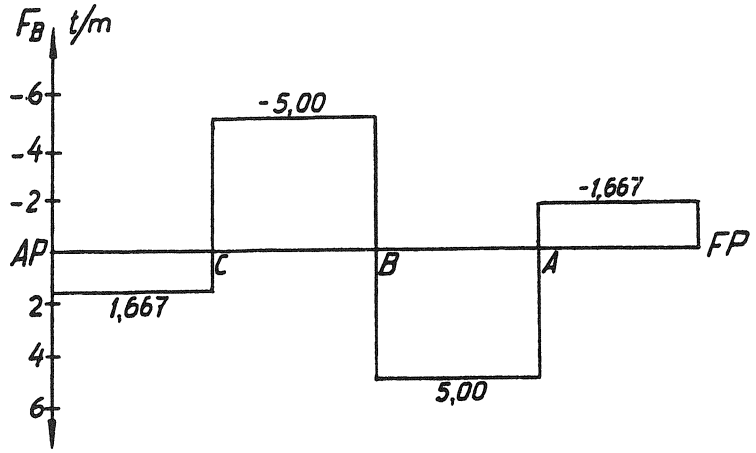
Belastninga på skroget er lik differansen mellom vekta og oppdrifta.

$$F_B = F_V - F_O$$

Vekta er ujamt fordelt langs skroget, medan oppdrifta i dette tilfellet er jamt fordelt langs skroget. For dei enkelte romma finn vi:

Rom 1: $F_B = 31{,}666 - 33{,}333 = -1{,}667$ t/m
Rom 2: $F_B = 38{,}333 - 33{,}333 = 5{,}000$ t/m
Rom 3: $F_B = 28{,}333 - 33{,}333 = -5{,}000$ t/m
Rom 4: $F_B = 35{,}000 - 33{,}333 = 1{,}667$ t/m

Belastningskurva er teikna på figur 12.23. Vi har valt positiv retning nedover.



Figur 12.23

Vi merkar oss at belastningskurva har like store areal over og under nullinja. Areala over nullinja representerer overskot av oppdrift. Areala under nullinja representerer overskotet av vekt.

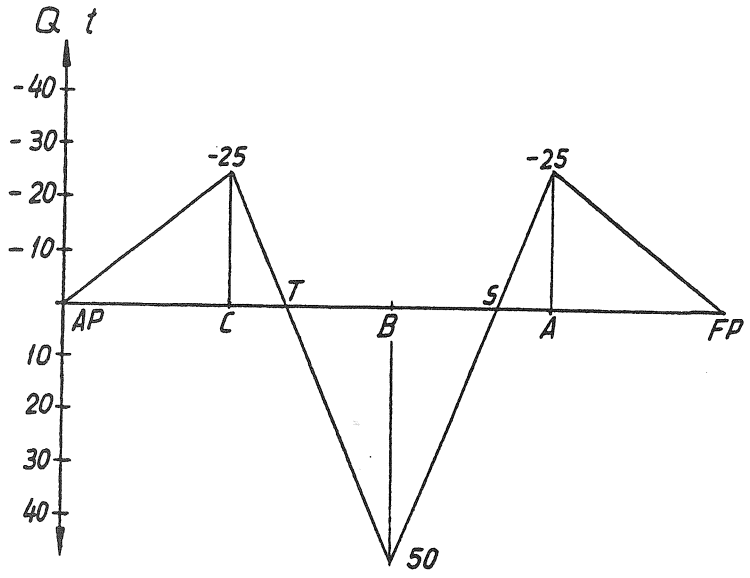
b)
Skjerkrafta finn vi når vi integrerer belastningskurva frå ein av endane til snittet. Vi vel her å rekne alle avstandar frå FP.

$$Q = \int F_B \cdot dx$$

I skipstekniske utrekningar blir integralet redusert til å rekne ut arealet av trekantar, firkantar og trapes. Areala må reknast med forteikn.

$$
\begin{aligned}
Q_A &= -1{,}667 \cdot 15 &&= -25{,}00 \text{ tonn}\\
Q_B &= Q_A + Q_{A\text{-}B} = -25{,}00 + 5 \cdot 15 &&= 50{,}00 \text{ tonn}\\
Q_C &= Q_B + Q_{B\text{-}C} = 50{,}00 + (-5) \cdot 15 &&= -25{,}00 \text{ tonn}\\
Q_{AP} &= Q_C + Q_{C\text{-}AP} = -25{,}00 + 1{,}667 \cdot 15 &&= 0{,}00 \text{ tonn}
\end{aligned}
$$

Skjerkraftkurva er teikna på figur 12.24.



Figur 12.24

c)
For å finne bøyemomenta integrerer vi skjerkraftkurva frå ein av endane til snittet. Vi vel her å rekne alle avstandar frå FP.

$$M = \int Q \cdot dx$$

Som når vi reknar ut skjerkraft, reduserer vi integrasjonen til å rekne ut areal av trekantar, firkantar og trapes. Bøyemomentet må reknast med forteikn.

$$
\begin{aligned}
M_A &= \frac{-25 \cdot 15}{2} &&= -187{,}5 \text{ tm}\\
M_B &= M_A + M_{A-B} = -187{,}5 + \frac{50-25}{2} \cdot 15 &&= 0\\
M_C &= M_B + M_{B-C} = 0 + \frac{50-25}{2} \cdot 15 &&= 187{,}5 \text{ tm}\\
M_{AP} &= M_C + M_{C-AP} = 187{,}5 + \frac{-25 \cdot 15}{2} &&= 0
\end{aligned}
$$

Bøyemomentkurva har eit maksimum eller minimum der skjerkraftkurva er null. I snittpunkta S og T er skjerkrafta null. Vi finn momenta i desse snitta ved å rekne ut avstanden frå A til S og frå B til T etter reglane for formlike trekantar.

Avstand AS = x

$$\frac{x}{25} = \frac{15 - x}{50}$$

$$x = 5$$

Avstand BT = y

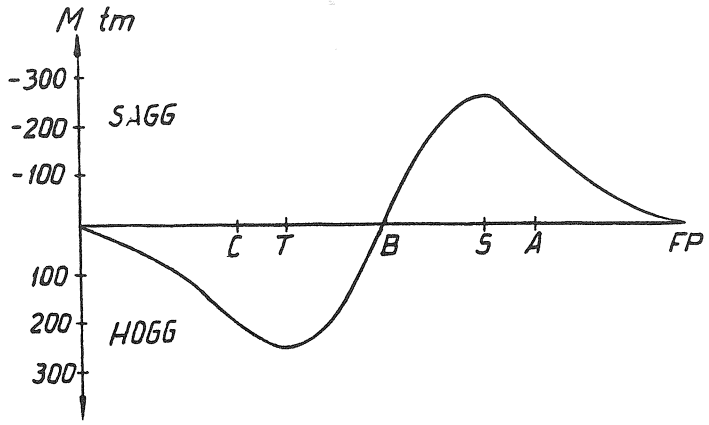
$$\frac{y}{50} = \frac{15 - y}{25}$$

$$y = 10$$

$$M_S = M_A + M_{A-S} = -187,5 + \frac{-25 \cdot 5}{2} = -250 \text{ tm}$$

$$M_T = M_B + M_{B-T} = 0 + \frac{50 \cdot 10}{2} = 250 \text{ tm}$$

Momentkurva er teikna på figur 12.25.



Figur 12.25

Momentkurva viser at vi har saggingsmoment i fremre delen av skipet og hoggingsmoment i aktre delen. I denne typen dømе lastar vi ofte slik at bøyemomentet er størst midtskips og skjerkreftene størst ved 1/4-lengdene. Dømet viser at det skal forholdsvis små vektdifferansar til før vi får situasjonar der fordelinga av skjerkrefter og moment blir heilt ulik ei vanleg oppfatning.

d)
Skjema for å rekne ut skjerkraft og bøyemoment.

Nr	F_{Sek}	DW_S	F_T	F_{OS}	B_{Sek}		Q_S	Q_M	L_S	M_{For}		M_S
FP							0					0
R1	175	300	475	500	–25	+	/2	–12,5	15	–187,5	+	
A							–25					–187,5
R2	175	400	575	500	75	+	/2	12,5	15	187,5	+	
B							50					0
R3	175	250	425	500	–75	+	/2	12,5	15	187,5	+	
C							–25					187,5
R4	175	350	525	500	25	+	/2	–12,5	15	–187,5	+	
AP							0					0

Nr. = Spant- og romnummer

F_{Sek} = Vekt av seksjonen, her lik konstant = $\frac{\Delta_{tomt} \cdot L_S}{L} = \frac{700 \cdot 15}{60} = 175$ tonn

DW_S = Vekt av lasta i seksjonen

F_T = Total vekt av seksjonen = $F_{Sek} + DW_S$

F_{OS} = Oppdrift av seksjonen = konstant = $\frac{\Delta \cdot L_S}{L} = \frac{2000 \cdot 15}{60} = 500$ tonn

B_{Sek} = Belastning i seksjonen = $F_T - F_{OS}$

Q_S = Skjerkraft i stille vatn. Pilene viser korleis vi summerer algebraisk frå snitt til snitt.

Q_M = Gjennomsnittleg skjerkraft i seksjonen = algebraisk sum /2, pilene viser korleis vi gjer utrekninga

L_S = Lengd av seksjonen

M_{For} = Momentendring over seksjonen = $Q_M \cdot L_S$

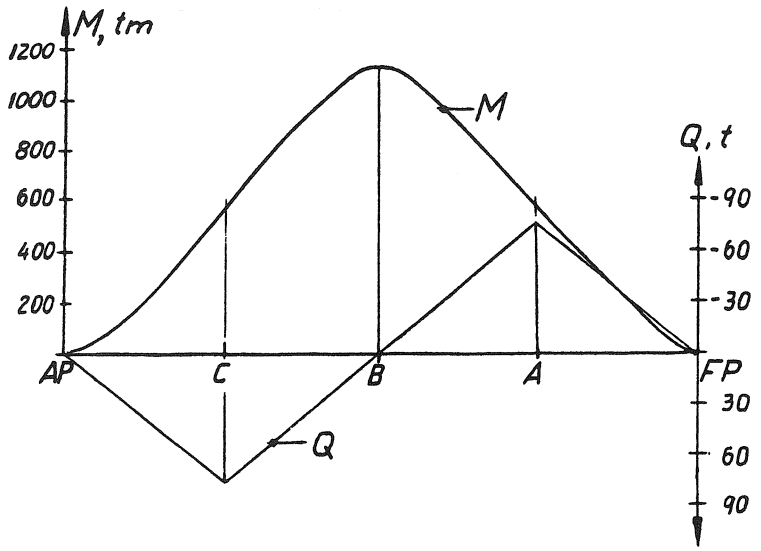
M_S = Bøyemoment i stille vatn. Pilene viser korleis vi summerer algebraisk frå snitt til snitt.

Vi skal no endre lastetilstanden for lekteren. For å sjå korleis det verkar på skjerkrefter og bøyemoment skal vi bruke skjemaet ovanfor.

Lasta blir plassert slik:
Rom 1: 250 tonn
Rom 2: 400 tonn
Rom 3: 400 tonn
Rom 4: 250 tonn

Nr	F_{Sek}	DW_S	F_T	F_{OS}	B_{Sek}	Q_S	Q_M	L_S	M_{For}	M_S
FP						0				0
R1	175	250	425	500	–75	/2	–37,5	15	–562,5	
A						–75				–562,5
R2	175	400	575	500	75	/2	–37,5	15	–562,5	
B						0				–1125
R3	175	400	575	500	75	/2	37,5	15	562,5	
C						75				–562,5
R4	175	250	425	500	–75	/2	37,5	15	562,5	
AP						0				0

Skjerkraftkurva og bøyemomentkurva er teikna på figur 12.26.



Figur 12.26

Når vi samanliknar skjerkraft- og bøyemomentkurver for dei to lastetilstandane, ser vi at påkjenningane på skroget er heilt ulike. Vi får no eit saggingsmoment som er seks gonger større enn i den tidlegare lastetilstanden, og skjerkreftene er tre gonger større enn tidlegare. Døma viser at det er nødvendig å ha kontroll med påkjenningane på skroget. Vi har rekna ut tilstanden for skipet i stille vatn. I bølgjer blir påkjenningane enda større.

Slike utrekningsskjema var vanlege for rundt tjue år sidan. Dei krev at vi kjenner oppdrifta av kvar seksjon for ein viss djupgang og trimtilstand. For Golar Patricia har vi slike opplysningar. Her var skipet oppdelt i tretten seksjonar. Dei tillatne grenseverdiane for skjerkrefter og bøyemoment vart oppgitt av skipsbyggjaren. Verknaden av bølgjer var teken inn i grenseverdiane slik at vi kunne samanlikne direkte med dei stillevassverdiane som vart utrekna. Utrekningsmetoden var arbeidskrevjande. For kvar endring vi gjorde, var det nødvendig å rekne ut alt på nytt. Slike manuelle utrekningar blir ikkje lenger aksepterte.

Lastfordelingsinstrument

Ei forsvarleg fordeling av lasta i langskipsretning var vanlegvis ikkje noko problem så lenge skipa var forholdsvis små. I 1950- og 1960-åra vart nye byggjemetodar og sterkare materiale tekne i bruk. Skipa vart større, og behovet for å kontrollere påkjenningane på skroget gjorde at det vart utvikla lastfordelingsinstrument av ulike typar. Slike instrument er i prinsippet rekneapparat til å rekne ut trim og stabilitet, og til å kontrollere påkjenningar på skroget ved ulik fordeling av last og ballast.

Dei første som kom på marknaden, var *eittsnittsinstrumenta*. Ein føresetnad for å bruke dei var at lasta var nokolunde jamt fordelt over heile lengda på skipet, slik at største bøyemoment skjedde i nær midtskips. Etter kvart som skipa vart større, spesielt tankskipa, vart det klart at eittsnittsinstrumenta ikkje kunne brukast for å kontrollere skrogkrefter og moment. I slutten av 1960-åra kom *fleirsnittsinstrumenta,* som gjorde det mogeleg å kontrollere ujamn fordeling av last og ballast. Fleirsnittsinstrumenta gir opplysningar om langskipspåkjenningane i fleire snitt

og gjer det mogeleg å kontrollere utviklinga i bøyemoment- og skjerkraftkurva over heile lengda på skipet. Dei er baserte på visse forenkla føresetnader, spesielt når det gjeld skjerkreftene. Ut frå styrkeutrekningar av skroget og venta påkjenningar i bølgjer blir det langt inn avgrensingar i skjerkreftene og bøyemomenta. Instrumentet reknar i prinsippet ut samla skjerkraft i skipssider og skott, medan den tillatne skjerkrafta varierer med dei belastningane som kjem. Problema vart løyste ved å gi opp ei øvre og ei nedre skjerkraftgrense på instrumentpanelet.

Lastfordelingsinstrumenta måtte skreddarsyast til kvart skip.

I dag blir det brukt datamaskinprogram som kan køyrast på ein vanleg PC. Vi legg opplysningar om skipet inn i ein database og tastar last- og ballastfordelinga inn i programmet. I prinsippet kan vi leggje inn så mange snitt vi måtte ønskje. Bonjean-kurver gjer det mogeleg å simulere påkjenningar med ulik trim på ein enkelt måte. Når vi bruker slike kurver, kan vi også lettare simulere verknaden av bølgjer på ein lastetilstand og ta verknaden med i dei tilrådde avgrensingane for skjerkrefter og bøyemoment som blir oppgitt for stille vatn. Klassifikasjonsselskapa kontrollerer og eventuelt godkjenner programma.

Døme på bruk av datamaskinprogram for å rekne ut skjerkrefter og bøyemoment

Loading Report for: M/T «Y»

Condition: Loaded

Harbour: Draugen Date:

Tank No.	Wing tk. P Weight tonn	Lt. w. t/m³	Cent.tk. C Weight Tonn	L.t.w. t//m³	Wing tk.S Weight tonn	L.t.w. t//m³
1	4686,8	0,820	9 262,5	0,820	4719,6	0,820
2	4840,2	0,820	10 583,8	0,820	4825,7	0,820
3	–	–	10 576,2	0,820	–	–
4	4842,5	0,820	10 551,1	0,820	4829,7	0,820
5	4866,6	0,820	10 600,5	0,820	4840,0	0,820
6	4809,6	0,820	9 089,9	0,820	4802,5	0,820
Slop	1563,1	0,820	–	–	1564,9	0,820

No	ITEM	WEIGHT Tonn	NO	ITEM	WEIGHT Tonn	NO	ITEM	WEIGHT Tonn
19	WB FP	24,8	31	WBDB 5S	104,4	43	DO 32P	10,2
20	WBWT 3P	0,0	32	WBAP	1261,4	44	DO 33S	0,0
21	WBWT 3S	0,0	33	WBUA P	0,0	45	LO 26S	30,0
22	WBWT 7P	472,9	34	WBUA S	0,0	46	LO 27S	39,0
23	WBWT 7S	455,9	35	FO 18P	346,7	47	LO 28S	13,3
24	WBDB 1P	0,0	36	FO 19P	2,1	48	LO 34	7,0
25	WBDB 1S	0,0	37	FO 20 S	2,0	49	MISC	172,8

26	WBDB 2P	0,0	38	FO 21S	56,2	50	FW 9P	75,0
27	WBDB 2S	0,0	39	FO 22S	70,6	51	FW 9S	35,0
28	WBDB 4P	91,1	40	FO 23S	35,4	52	STOR F	150,0
29	WBDB 4S	97,8	41	DO 24S	31,6	53	STOR A	300,0
30	WBDB 5P	111,0	42	DO 25S	6,1			

Spec.Grav.SW 1,025 T/Cub.m, Temp.DK: 0,0 Deg.C, Temp.SW: 0,0 Deg.C

Results:

DW	= 115 857,5 tonn,	114 033,0 longtons	Cargo	: 111 855,2 tonn
Disp	= 136 726,8 tonn	134 573,6 longtons	Ballast	: 2619,3 tonn
Trim	= –0,14 m	0 feet –5,5 inches	Fuel Oil	: 513,0 tonn
Dr.F	= 14,53 m	47 feet 7,9 inches	Diesel Oil	: 47,9 tonn
Dr.M	= 14,44 m	47 feet 4,4 inches	Lub Oil+Misc	: 262,1 tonn
Dr.A	= 14,39 m	47 feet 2,4 inches	Fresh Water	: 110,0 tonn
Defl	= –0,02 m	0 feet –0,7 inches	Stores	: 450,0 tonn
Kmt	= 18,00 m	List(+port)=0,2° (1856 tm)		GZ 10° = 0,68 m
Kg	= 12,04 m	Ver.Moment = 1 646 324 tm		GZ 20° = 1,44 m
Fs	= 2,28 m	F.S.Moment= 312 064 tm		GZ 30° = 1,77 m
Kgcorr	= 14,32 m	Tot. Moment = 1 958 388 tm		GZ 40° = 1,72 m
Gmcorr	= 3,68 m			GZ 50° = 1,18 m
				GZ 60° = 0,35 m

	Shear Forces:					**Bending Moments:**		
Frame	Uncorrected			Corrected		– Hogging / + Sagging		
No	tonn	% Sea	% Hbd	% Sea	% Hbn	tonn m	%Sea	%Harbour
92	– 1270	22	20	-	-	7 380	5	4
85	1212	22	16	-	-	7 347	3	2
78	3142	49	38	-	-	– 63 118	17	13
71	– 4571	56	49	-	-	– 39 989	12	9
64	– 2133	32	27	-	-	68 520	22	15
57	536	9	7	-	-	94 388	30	21
50	3390	44	37	-	-	20 350	9	6
49	4056	52	44	-	-	11 751	5	4
71	– 4571	56	49 % Max Shear Force					
58	% Max Bending Moment					96 128	30	21

Skjerkrefter og bøyemoment er utrekna for åtte snitt langs skroget og for dei største verdiane som finst. I tillegg til utrekningane kan ein få fram kurver som synest korleis skjerkrefter og bøyemoment varierer langs skipsskroget.

Arbeidsoppgåver

1 Ein rektangulær lekter med lengd 32 m og lettskips deplasement på 352 tonn lastar i fire rom som har same storleik:
Rom 1: 192 tonn
Rom 2: 224 tonn
Rom 3: 272 tonn
Rom 4: 176 tonn
Rekn ut og teikn skjerkraft- og bøyemomentdiagram. Set opp utrekningane i eit skjema.

13 Behandling av last og belastningar i lasteutstyr

Spesielle stykkgodsskip

Skip som blir bygde i dag, er ofte konstruerte for å transportere spesielle laster. Det ligg grundige marknadsanalysar til grunn, der det blir teke omsyn til forhold som

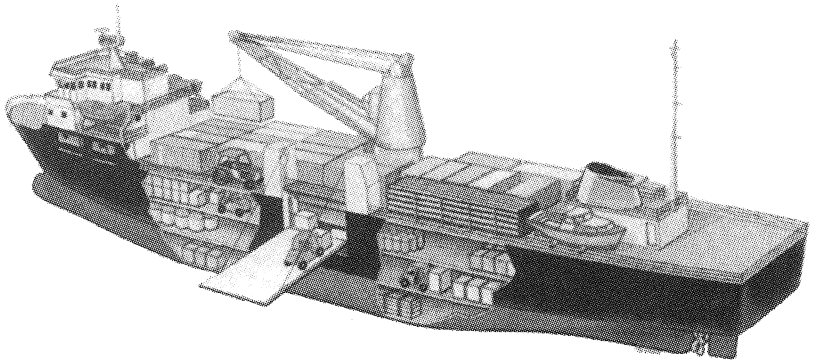
- spesielle eigenskapar ved lasta
- hamneforhold og avgrensingar i ulike farvatn
- krav til styrke
- krav til tryggleik
- krav til mannskapet

Stykkgodslast omfattar mange ulike vareslag. Emballasjen kan vere sekker, kartongar, kassar, tønner, fat, ballar og liknande (broken cargo). I stykkgodsfarten har det vorte vanleg med einingslaster. Med det meiner vi at lasta er samla i praktiske einingar som kan handterast på rasjonell måte med truck, trailer eller kran. Den største fordelen er at lasta kjem fram som ei samla eining frå avskiparen til mottakaren, og det blir mindre fare for at lasta skal ta skade. Eingongspallar har vorte meir og meir vanlege som underlag for mange typar einingslaster. Lasta på pallane er stabla slik at ho skal vere stabil under heile transporten. Lasta blir sikra mot å gli ut med nett, band og tape. No er også krympefilm, ein gjennomsiktig plastfolie som blir lagd over heile pallen og lasta, vanleg. Etter at plasten er oppvarma ei kort stund med strålevarme, sluttar han tett om lasta. I tillegg til å halde lasta stabil vernar han ho mot vêr og vind (og tjuveri). Felles internasjonale standardar med omsyn til storleik, styrke og vekt har tvinga seg fram (ISO-standardar) for mange typar einingslaster. Transporteiningar som pallar, containerar og trailerar er vanlegvis standardiserte. Standardiserte einingar gjer at vi kan utnytte plassen betre, laste og losse sikrare og sikre lasta om bord betre. Det har gjort at dei konvensjonelle stykkgodsskipa er i ferd med å bli borte. I småskipsfarten er det framleis vanleg med konvensjonelle skip. I linjefarten har det vorte vanleg med containerskip og roroskip. Skip i lausfart må tilpasse seg ulike typar last, og desse skipa er ofte konvensjonelle.

Palleskip

Dei første skipa som vart konstruerte med sikte på å behandle lasta mekanisk, var palleskipa. Dei var utstyrte med sideportar og lastehei-

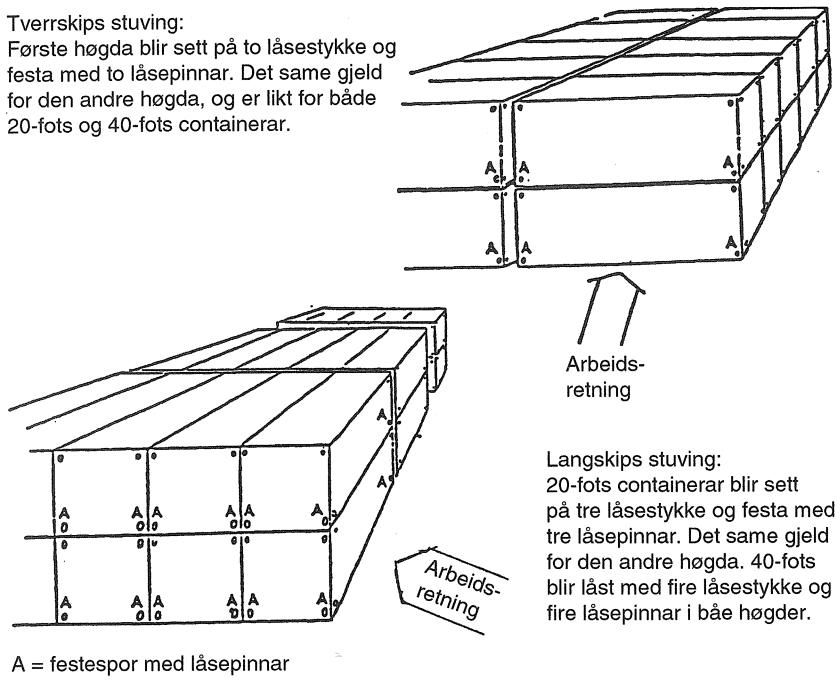
sar. Lasta vart køyrd om bord med truckar (gaffeltruckar) eller leverte via ei plattform til vidare plassering om bord. Figur 13.1 viser eit kombinert fryse-, palle- og containerskip. Det går med fryselast (fisk) ein veg og tek pallar, containerar og stykkgods som returlast. Om bord blir det vanlegvis brukt truckar som kan ladast opp elektrisk. Dei mest brukte pallane er europallane, med standardmål 0,8 x 1,2 m, eller skipspallane med måla 1,2 x 1,6 m. To europallar svarer til éin skipspalle. Pallekapasiteten blir oppgitt i skipspallar. Palleskipa har som regel fleire dekk med standardiserte høgder. I tillegg har palleskipa ofte luker og kraner slik at dei kan laste eller losse på konvensjonell måte.



Figur 13.1 Fryse-, palle- og containerskip (med løyve frå Det Stavangerske Dampskipsselskap)

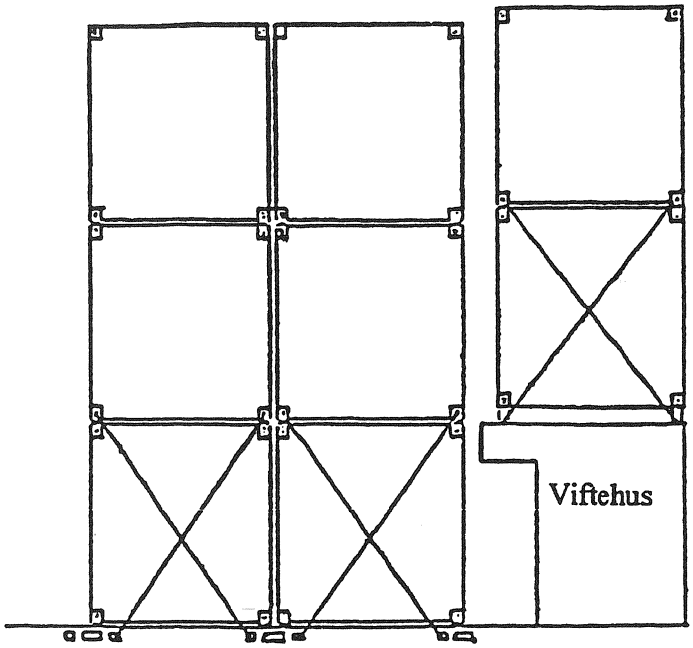
Containerar – containerskip

Containerar blir transporterte med mange typar skip saman med anna last, og skip som er spesialbygde for å transportere containerar, har vorte meir og meir vanlege. I linjefarten har containerskipa teke over omtrent all frakt av stykkgods. Farten til desse skipa er frå 18 til 23 knop, men somme av dei kan gjere opp til 27 knops fart. Containerkapasiteten blir rekna i TEU, som står for «twenty-foot equivalent unit». Dei nyare skipa (cellulære) har ein kapasitet på rundt 3000 TEU, med djuptgåande på om lag 18,30 m. På somme linjer kan storleiken på skipa vere opp til ca. 4700 TEU. Containerane er standardiserte med breidd og høgd 8 fot og lengd 20 fot eller 40 fot. Dei er konstruerte for ei maksimal bruttovekt på 20 tonn og 30 tonn. Containerane er utstyrte med hjørnebeslag (festespor) av ein spesiell konstruksjon. Dei blir brukte til feste når containerane blir lasta og lossa og som sikring under transporten. Containerane blir stuva langskips eller tverrskips. Dei blir sette oppå kvarandre i festespora (hjørnebeslaga) og låste med spesielle låsar kalla låsepinnar (twistlocks). Det er spesielle reglar for kor mange låsepinnar som skal brukast. Dei nedste containerane blir sette i festespor som er sveiste fast eller nedfelte i dekket. Festespora i dekket er tilpassa standardiserte containerar, sjå figur 13.2.



Figur 13.2 Sikring av containerar

Når containerane blir stuva i høgda, skal dei sikrast med kjetting eller strekkfiskar. Containerar som blir stuva på dekk, skal sikrast med kjetting eller strekkfiskar. Figur 13.3 viser korleis strekkfiskane blir brukte når containerane er stuva langskips. Både 20 fots og 40 fots containerar skal låsast med fire låsestykke i tillegg til to strekkfiskar frå hjørnet i andre høgda til dekket i kvar ende. Når containerane blir stuva på viftehus og liknande, skal dei sikrast som for tre høgder. Kjølecontainerar har etter kvart også vorte vanlege. Dei er isolerte og er vanlegvis utstyrte med eige kjøleaggregat og blir stuva på dekk og tilkopla det elektriske anlegget på skipet. Kjøleaggregatet kan vere innebygd i containeren, eller vere ei separat eining som er montert på containeren. Nedkjølinga skjer når lufta sirkulerer ved hjelp av vifter. Det finst også kjølecontainerar som kan vere tilkopla eit sentralt kjøleanlegg.

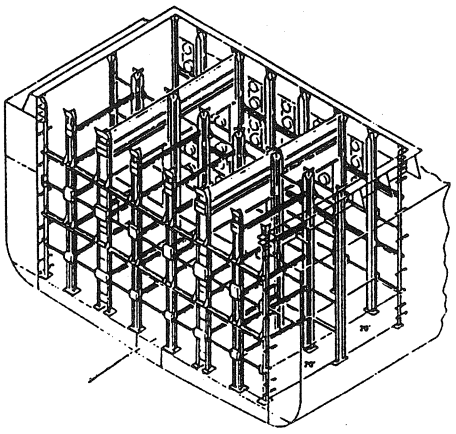


Figur 13.3 Sikring med strekkfiskar

Containerane blir oftast lasta og lossa med kraner frå land, men mange containerskip er utstyrte med kraner slik at dei kan laste og losse med eiga hjelp. Dei spesialbygde containerskipa har luker som går i flukt med sidene i romma. Det gjer at skipet må forsterkast langs sidene med spesielle vengtankar der det er lagt inn ekstra styrke, og lukene må ha ekstra styrke for å tole vekta av containerane.

Cellulære containerskip

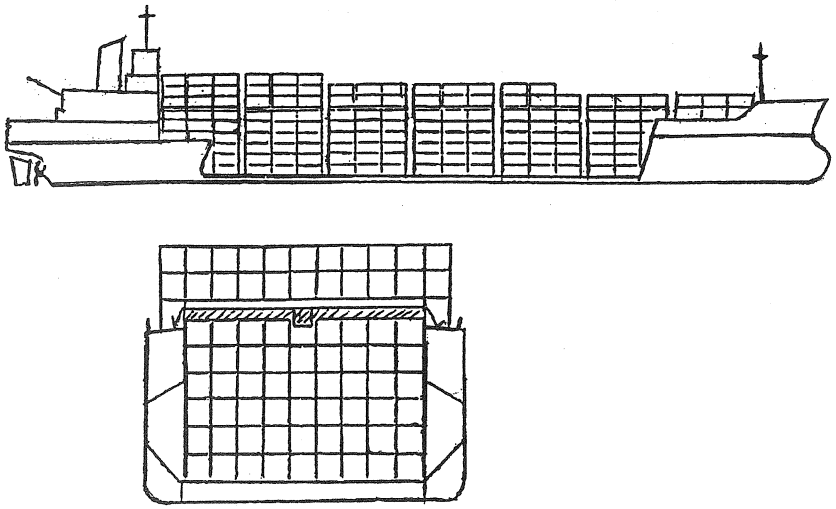
Nyare containerskip blir vanlegvis bygde med celleguides. Det er spesielle støttestativ som containerane blir stabla i, og dei blir kalla cellulære containerskip. Dermed blir det mogeleg å stable containerar i store høgder utan tidkrevjande sikring av kvar container, sjå figur 13.4. ISO-standard tillèt seks containerar i høgda i romma og tre i høgda på dekket. Med ekstra forsterking av hjørnestøttane i containerane kan det stuvast ni i høgda i romma og fire i høgda på dekket. Dei spesialiserte containerskipa krev spesielle containerhamner for lasting og lossing. I fleire hamner har det vorte nødvendig med spesielle dataprogram for å laste og losse containerar slik at lasta blir behandla sikkert og rasjonelt. Det blir stilt store krav til planlegging, koordinering og oppfølging. Planlegginga skjer ved kontoret i land. I laste- og lossehamnene kan det vere eigne lasteinspektørar som tek seg av alt arbeid i samband med lasting, lossing, bunkring og andre hamneoppgåver. Førehandsplanane blir sende til skipet, der skipsføraren kan akseptere eller forkaste forslaget. Skipsføraren må alltid setje omsynet til tryggleik for skip og mannskap først, og dersom han finn det nødvendig, kan han gjere endringar som blir oversende til den ansvarlege planleggjaren. Til vanleg er oppgåva for offiserane på skipet å kontrollere at det blir lasta eller lossa etter dei planane som er vedtekne, og at lasta blir forsvarleg sikra for transport.



Figur 13.4 Cellguidesystem

Bulk-/containerskip

Kombinerte bulk-/containerskip er skip som blir brukte i spesielle fartsområde der returlasta kan vere ulike bulklaster, sjå figur 13.5. Romma tek ni containerar i breidda, og bruk av cellguides i romma gjer det mogeleg å stuve seks containerar i høgda. På vêrdekket blir det stuva elleve containerar i breidda i to eller tre høgder. Containerkapasiteten er om lag 1700 TEU. Skipa er utstyrte for å kunne kople til over 700 frysecontainerar. Dersom lasta er laus, kan det vere ei ulempe med cellguides, men i samband med sugelossing er dei neppe til noko hinder.



Figur 13.5 Bulk-/containerskip

Kombinert roll-on-/roll-off-, container- og palleskip

Kombinerte skip som kan laste alle typar stykkgods, er vanlege i mange farvatn. Figur 13.5b på side 292 viser eit kombinert skip som går i Nordsjøfart (Astrea av Bergen). Skipet kan laste eller losse over ein rampe akter, gjennom sideporten og gjennom lukene.

Planlegging for å laste stykkgods

Før vi lastar, må romma vere reingjorde og ventilerte slik at dei er fri for lukt. Etter at vi har lossa ferdig, må romma klargjerast. Ofte må dei først feiast før dei kan spylast. Skadd og tilsølt dunnasje skal kastast. Det vanlege er å spyle med vatn, men der romma er spesielt skitne, kan det vere nødvendig å bruke vaskemiddel. Somme vareslag kan setje lukt i rommet, da kan det vere nødvendig med desinfeksjonsmiddel for å fjerne lukta. Romma må vere tørre før det blir teke last om bord. Når vi meiner romma er klare til lasting, bør vi melde frå til avskiparen (Notice of Readiness) om at skipet er klar til lasting. Dunnasje, avstemplingsmiddel og lasteutstyr som skal brukast når vi skal laste, skal vere på plass. For vareslag som krev spesielt reine og luktfrie rom, skal rommet inspiserast av ein inspektør frå avskiparen. Når rommet er funne i orden, blir det utskrive eit sertifikat (Certificate of Cleanness).

Forhold som vi må ta omsyn til i planlegginga:

1 Sikre at skipet får nok stabilitet på heile reisa.
2 Halde lastelinjereglane slik at skipet ikkje blir overlasta.
3 Sikre at skipet har ein rimeleg trim på heile reisa.
4 Plassere lasta etter dei eigenskapane ho har, slik at lasta ikkje tek skade eller skader anna last.
5 Ta spesielt omsyn til farleg last og følgje segresjonsreglane.
6 Ikkje overstuve, slik at lasta kan lossast i rett rekkjefølgje.
7 Separere lasta når det er fleire mottakarar av same last.
8 Fordele lasta slik at vi kan laste og losse mest mogeleg jamt i alle luker eller rom.

9 Ta omsyn til belastninga på dekk og luker og tanktopp når vi plasserer tunge kolli.
10 Fordele lasta langskips slik at vi ikkje går ut over grensene for skjerkrefter og bøyemoment.
11 Stuve, sikre og ventilere lasta slik at ho ikkje blir skadd undervegs.

I god tid før vi kjem til lastehamna, bør det liggje føre ei oppgåve over lasta om bord slik at lasteoffiseren kan få rimeleg tid til planlegging og prøvelasting. Det skjer ikkje alltid. Svært ofte har vi lita oversikt over lastemengda før skipet kjem til kai. For skip i linjefart er det vanlegvis ein ansvarleg lasteinspektør som planlegg lasting og lossing, slik tilfellet er for spesielle containerskip. Skipsføraren blir gjord kjend med ein førebels lasteplan, som han kan akseptere eller gjere endringar i dersom han finn det nødvendig. I småskipsfarten og i lausfart er det lasteoffiseren som planlegg lastinga og lossinga. Tryggleik for skipet og mannskapet skal alltid ha første prioritet.

Lasting av stykkgods

Skipet har ansvaret for lasta når ho passerer rekkja på skipet. Det vil seie at lastemengda og den tilstanden lasta har, må kontrollerast av folk om bord på skipet eller av spesielt oppnemnde folk frå land. Den tilstanden lasta har, er alltid eit ansvar som ligg på skipet, og skipsoffiserane har plikt til å kontrollere og eventuelt avvise last som er skadd, eller som ikkje er emballert slik at ho kan tole transporten.

Agenten for skipet ser vanlegvis til at eit stevedorfirma stiller laste- eller lossearbeidarar til disposisjon for skipet, og eit tallyfirma som kan vere ansvarleg for mengda av godset som blir lasta eller lossa. Det er vanlegvis éin tallymann ved kvar luke eller ved kvart rom. Han skal kontrollere at talet på lasta som blir tald, stemmer med lastepapira. Dersom det er manko, skade på last eller last som ikkje er i samsvar med lastepapira, skal han alltid kontakte offiserane på skipet. Dei bør kontrollere at laste- eller lossearbeidarane bruker reiskap som ikkje skader lasta eller som er til fare for tryggleiken. Stopp i lasting eller lossing på grunn av forhold ved mottak eller levering av gods skal vi ta opp med stevedoreformannen. Vi bør journalføre alt som skjer i samband med laste- eller losseoperasjonar. Det er også viktig å dokumentere stopp på grunn av vêrforholda.

Styrmannskvittering – konnossement

Somme stader er det vanleg at det blir skrive ut ei styrmannskvittering (*mates receipt*) når eit vareslag er lasta om bord. Merknader som ein måtte ha, til dømes manko, skade osv., skal førast på kvitteringa. Styrmannskvitteringa er grunnlaget for å skrive ut konnossementet (*Bill of Lading*). Merknader som er førte på styrmannskvitteringa, skal også førast på konnossementet. Konnossementet er eit verdipapir som kan seljast og kjøpast, og det er ikkje alltid at avskiparen aksepterer merknadene, noko som kan føre til at verdien kan bli forringa. Merknader som blir førte på styrmannskvitteringa, bør vere lagde fram for avskipa-

ren eller ein representant for han. Dersom skipsføraren aksepterer eit reint konnossement som ikkje er i tråd med styrmannskvitteringa, blir skipet halde ansvarleg for manko, skade osv.

Manifest – generaloversikt

All last som skipet har teke om bord, blir registret i lister som vi kallar manifest. Dei inneheld alle relevante opplysningar om lasta, som mengd, vekt, merke, mottakar osv. Manifesta blir utskrivne i fleire eksemplar. Eitt eksemplar skal vere om bord i skipet, eitt går til agenten i lossehamna (og vidare til stevedorfirmaet), eitt går til tollstyresmaktene. Før framkomst i lossehamna må skipsføraren arbeide ut ei generaloversikt (eit standardformular) som gir ei kort oversikt over last, stores og mannskapseffektar. Denne lista skal overleverast til tollstyresmaktene.

Lasteplan

Etter kvart som lasta blir stuva på plass, blir ho teikna inn på ein lasteplan. Planen skil seg vanlegvis frå den førebels lasteplanen som vi laga da vi planla lastinga. Planen bør teiknast i fargar der gods til ulike lastehamner er tydeleg merkt. Vi sender ein kopi av lasteplanen saman med ei oversikt over lasta i dei enkelte romma (lukelistene) til lossehamnene. Ein godt utarbeidd lasteplan gjer det ofte overflødig å bruke lukelister. Lasteplanen blir brukt i lossehamna til å planleggje lossinga. Derfor er det viktig at det kjem klart fram kvar ulike lasteparti er plasserte i rommet eller på dekket. Figur 13.6 viser lasteplanen for eit kombinert roll-on-/roll-off-, container- og palleskip i austersjøfart, og figur 13.6 b (se side 293) viser ein lasteplan for eit konvensjonelt stykkgodsskip. For containerskip er det teke i bruk dataprogram som teiknar ut oversikter og skriv ut lister over kvar dei ulike containerane er i skipet. Slike oversikter erstattar dei vanlege lasteplanane.

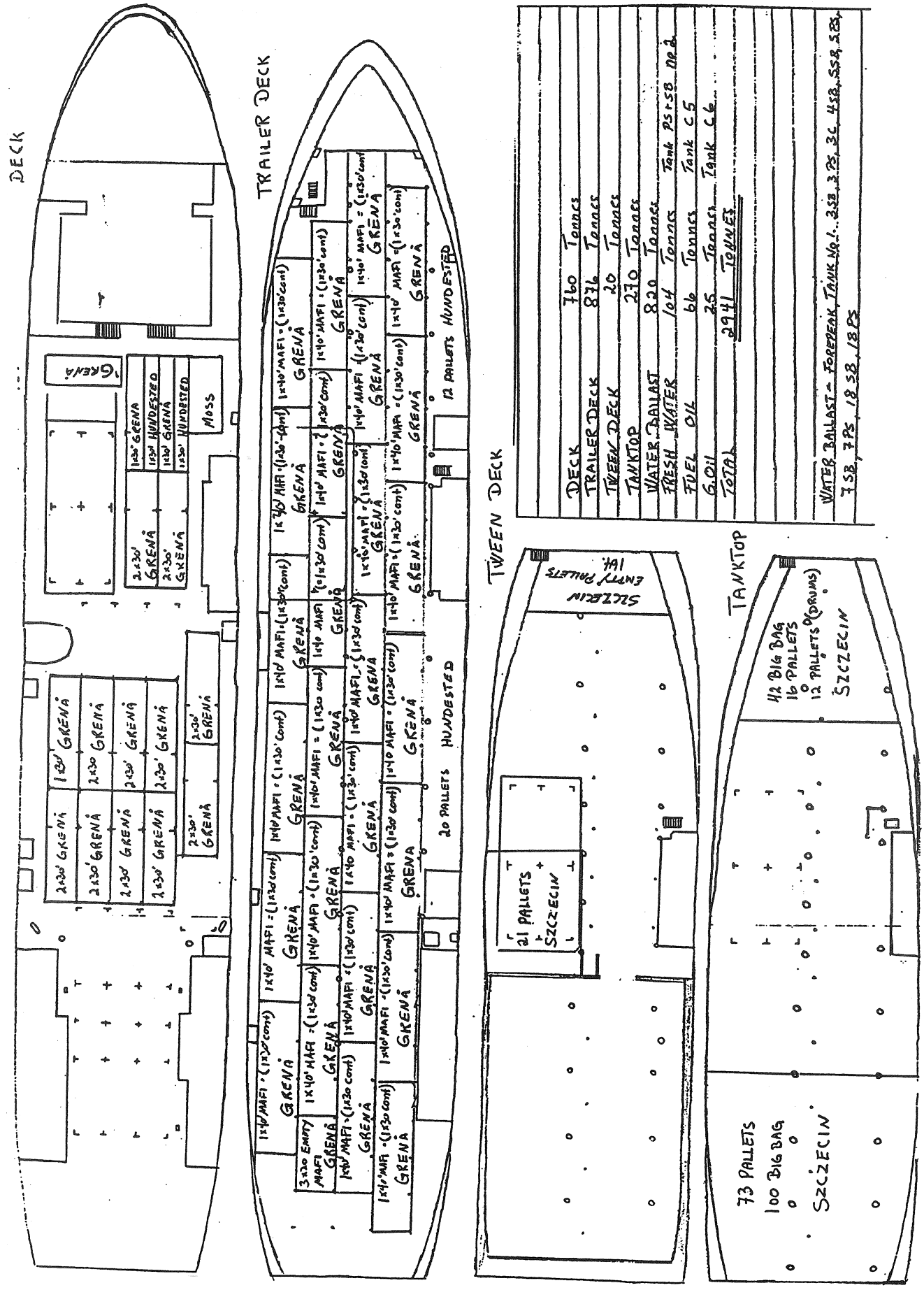
Oversikt lasteplan (med referanse til figur 13.6 b):
Lastehamn: New York

Tonn i kvart rom:

Lossehamn	Rom 1	Rom 2	Rom 3	Rom 4	Rom 5	Djuptank	Total
Antwerpen	500	626	500	300	374		2300
Amsterdam	500	344	200	150	156		1350
Hamburg	370	500	130	1746		838	3584
I alt:	1370	1470	830	2196	530	838	7234

Om bord ved avgang	Tonn
Last i alt	7234
Brensel olje	576
Ferskvatn	360
Ballastvatn	–
Stores, osv.	250
Total dødvekt	8420

Djuptgåande framme: 7,70 m, djuptgåande akter: 8,16 m, trim: 0,46 m akterleg
Største GZ: 0,60 ved 52°



Figur 13.6 Lasteplan for eit kombinert roll-on-/roll-off-, container- og palleskip

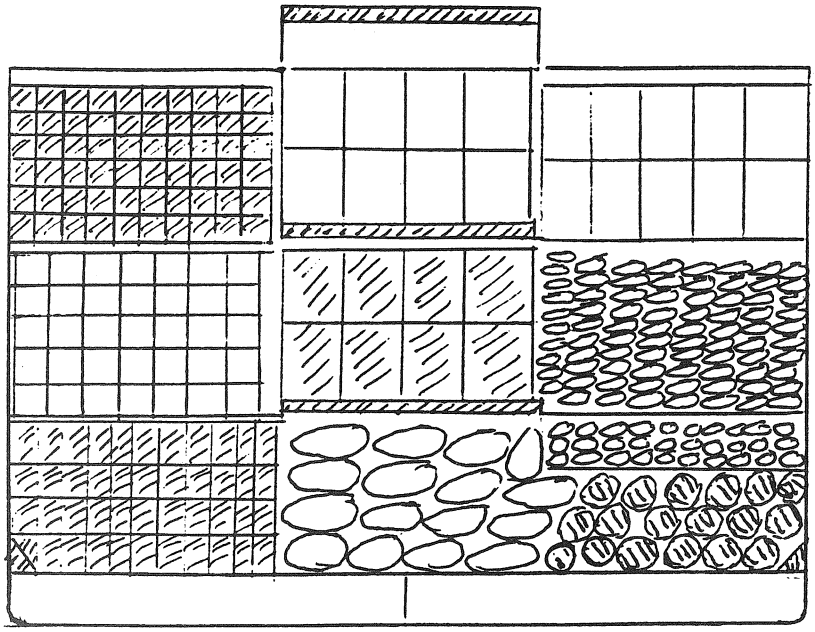
Stuasje – sikring av last

Når vi skal stuve laust stykkgods, plasserer vi vanlegvis tung last i botnen av skipet og lettare last oppe i skipet. Vi må alltid ta omsyn til stabilitet og trim. Emballasjen til godset kan også vere avgjerande for kvar i skipet det bør stuvast. Laust stykkgods omfattar mange ulike vareslag. Sekker og ballar er vanlegvis robuste laster som toler store høgder. Kassegods kan også stuvast i høgda, medan kartongar ikkje kan stuvast i for store høgder eller belastast med tyngre last over.

Særleg utsette varer bør stuvast oppe i skipet (i eit mellomdekk) nær midtskips der det er minst rørsle (den nøytrale aksen). Stablingshøgda er ein viktig faktor. Når vi stuvar for høgt, blir det nedste laget utsett for store trykkrefter som kan skade både emballasjen og innhaldet. Fuktig last bør stuvast i underrom. Vi må vere spesielt påpasselege med last som luktar og som kan gi luktskade på anna last. For farleg gods må vi halde oss til dei separasjonsreglane som er tilrådde. Der det er nødvendig, bruker vi dunnasje mellom dei ulike vareslaga for å jamne ut, skilje og få luftsirkulasjon. På eldre skip kan det vere nødvendig å byggje opp avsatsar i rommet for at lasta skal kunne stuvast plant og ikkje ta skade. Stuasjen må vere kompakt, slik at lasta ikkje kan forskyve seg. Dersom vi har pallelaster om bord, kan det vere nødvendig å sikre lasta mot å forskyve seg med surring, eller bruke gummiputer som kan blåsast opp. For ikkje å skade putene dersom det er kvasse kantar som stikk ut frå lasta, blir det ofte brukt kryssfinerplater mellom lasta og gummiputene. Kryssfinerplater blir no ofte brukte i staden for dunnasje. Støtter som kan regulerast, strekkfiskar og kjetting med kjettingstrammarar (bendebjønn) er vanleg utstyr brukt for å stemple lasta. Det er viktig å separere lasta for ikkje å blande last til ulike hamner eller mottakarar. Merkeband, presenningar, dunnasje og ulike stuasjemetodar blir brukte for å lette sorteringsarbeidet.

Blokkstuasje

Her blir lastepartia stuva i blokker som blir separerte frå kvarandre med fargeband, nett, dunnasje eller kryssfinerplater. Dersom vi bruker horisontal blokkstuasje, lastar vi partia i eitt eller to lag som dekkjer eit større areal. Denne metoden blir helst brukt for tyngre einingar. Når vi bruker vertikal blokkstuasje, stuvar vi mest mogeleg i høgda, men vi bør ikkje stuve høgare enn at laste-/lossearbeidarane kan nå lasta utan å bruke stillas. Vertikal blokkstuasje held lastepartia godt skilde, og i mange tilfelle er det unødvendig med ekstra separasjon. I sjølve lukeopninga kan vi stuve større einingar som containerar eller andre einingslaster som er lette å losse. Dermed kjem vi lettare til dei ulike blokkene. Det blir tilrådd å bruke vertikal blokkstuasje. Figur 13.7 viser eit døme på blokkstuasje.



Figur 13.7 Vertikal blokkstuasje

Lastesikringsmanual (Cargo Securing Manual)

SOLAS-konvensjonen inneheld reglar om korleis ei last skal sikrast. Kapittel VI del A gjeld for skip som fører stykkgods og spesielle bulklaster. Reglane gjeld for transport av laster som kan vere til fare for skipet og mannskapet.

Lasteinformasjon

Avskiparen skal forsyne skipsføraren eller ein representant for han med nødvendig informasjon om lasta i god tid før lastinga, slik at ein kan ta rådgjerder med omsyn til sikker stuasje og transport. Viktige reglar er:

- For stykkgods og einingslaster skal det vere gitt ein generell omtale av lasta, bruttovekta av lasta og av lasteeininga og alle relevante eigenskapar lasta har. Reglane som samsvarer med «Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing», skal vere tilgjengelege.
- Last og einingslaster som blir stuva på eller under dekk, skal vere lasta og sikra så langt råd er på heile reisa, slik at vi ikkje får skade på lasta, at lasta ikkje er til fare for skip og mannskap, og slik at vi ikkje taper last over bord.
- Last som er stuva i lasteeiningar (cargo units), skal vere pakka og sikra inne i eininga slik at vi på heile reisa kan hindre skade på skip og mannskap.
- Vi skal ta spesielle omsyn når vi lastar og transporterer tunge kolli med unormale fysiske dimensjonar for å sikre oss at det ikkje blir strukturell skade på skipet, og sikre skipet nok stabilitet på heile reisa.
- Når vi lastar og transporterer lasteeiningar på roroskip, skal vi ta spesielle omsyn til sikringsarrangementet om bord.
- Containerar skal ikkje ha større vekt enn den maksimale bruttovekta

som er oppgitt på merkeplata på containeren.
- Lasteeiningar inkludert containerar skal vere lasta, stuva og sikra på heile reisa i samsvar med lastesikringsmanualen.

På grunnlag av SOLAS-konvensjonen har IMO arbeidd ut retningslinjer for korleis ei last skal stuvast og sikrast. For å kunne følgje desse reglane skal skipa ha ein godkjend lastesikringsmanual om bord (Cargo Securing Manual). I Noreg er det Sjøfartsdirektoratet som godkjenner manualen. Manualen har
- oversikt over faste lastesikringsmiddel
- oversikt over transportable lastesikringsmiddel
- behandling og sikringsinformasjon
- informasjon om krefter som verkar på lasteeiningar (cargo units)
- stuving og sikringsinstruksjonar
- generelle reglar om korleis ei last skal stuvast og sikrast
- vedlikehald og inspeksjonsskjema for sikringsmiddel (logg)

Faste lastesikringsmiddel kan omfatte
- feste for containerar på vêrdekk, hovuddekk, mellomdekk og tanktopp
- faste støtter og ringar for å surre last

Type, merke med teikningar og forklaringar skal vere vedlagde, likeins ei oversikt over kvar dei er plasserte.

Transportable lastesikringsmiddel kan omfatte
- kjettingsurringar
- luftputer
- strekkfiskar
- stropper med låseinnretningar
- bendebjønn
- transportable støtter
- sjaklar og ringar
- lokalisering og plassering av midla, og belastninga dei kan tole
- døme på korrekt bruk av dei transportable sikringsmidla på ulike einingar som einingslaster, køyretøy og andre godseiningar

Generelle reglar for sikring av last

1 Lasta bør sikrast i samsvar med vedtekne prinsipp idet vi tek omsyn til dynamiske krefter som måtte utvikle seg under transporten, og dei verst tenkjelege vêrforholda.
   - Vi bør ta omsyn til lastetype, plassering om bord og sikringsarrangement
   - Vi må sjå til at det blir jamn kraftbelastning
   - Dersom vi er i tvil, bør vi verifisere at vi bruker ein akseptert sikringsmetode
   - Sikringsmidla bør vere tilpassa lasta vi skal transportere

2 Før vi lastar bør vi sjekke at
   - det aktuelle dekksområde er reint og fritt for olje og feitt
   - last og transporteiningar eller køyretøy er eigna for transport
   - vi har nok sikringsmiddel om bord

3 Sikringsmidla bør vere
- tilgjengelege i nok mengd, inkludert reserve
- formålstenlege
- sterke nok
- praktiske og halde ved like

4 Lasta skal vere ferdig sikra før skipet forlèt kaia. Sikringa bør vere basert på forsvarleg planlegging, utføring og inspeksjon. Det personellet vi bruker til å sikre lasta, bør vere kvalifisert og ha røynsle, og dei bør ha praktisk kjennskap til bruken og innhaldet i lastesikringsmanualen. Skipsføraren skal ta omsyn til planlegging og inspeksjon ved stuasje og sikring av lasta, basert på opplysningar om lasta.
Når lasta skal plasserast, skal vi ta omsyn til stabiliteten til skipet slik at vi kan redusere faren ved store akselerasjonar så mykje som råd. Vi skal vere spesielt merksame på den strukturelle styrken til skipet. Vi kan vente store akselerasjonar framme og akter i skipet, men uvanleg store akselerasjonar kan også komme andre stader på grunn av stor GM.

5 Dersom det praktisk er råd, skal lasteeiningar (*cargo units*) ha ei fråsegn om stuasje og sikring (Cargo Stowage and Securing Declaration), som fastslår at lasta er forsvarleg stuva og sikra, idet ein har teke omsyn til dei retningslinjene som er gitt av IMO/ILO om pakking av last i fraktcontainerar eller køyretøy. Til vanleg skal last som blir frakta i containerar, køyretøy, lekterar, jernbanevogner og andre transporteiningar, vere forsvarleg pakka og sikra i desse einingane. Vi bør bruke eksperthjelp dersom vi vurderer det slik at ei last er uvanleg og krev spesielle omsyn med tanke på plassering, sikring og vêrforhold.

6 Dersom den vakthavande offiseren finn at lasta i ei lasteeining ikkje er forsvarleg sikra, skal vi ta nødvendige rådgjerder slik at vi slepp flytte lasta. Dersom det ikkje er mogeleg på grunn av sjølve lasta eller på grunn av manglande sikringspunkt, skal vi ikkje ta lasteeininga om bord.

7 Sikringsmiddel og arrangement skal vere formålstenlege slik at lasta ikkje flytter på seg og kan vere til fare for skipet. Vi bør passe på at surringar ikkje blir slakke fordi lasta blir samanpressa eller deformert på reisa. Last med liten friksjonskoeffisient bør også stuvast kompakt tvers over for at ho ikkje skal forskyve seg. Formålstenlege materiale som dunnasje og kryssfinerplater bør brukast for å auke friksjonen.

8 Lasteeiningar, hengande last (kjølelast osv.) og svært høge lasteeiningar har på grunn av høgt tyngdepunkt lett for å tippe over. Dersom det er mogeleg, bør vi stuve denne lasta på stader der rørsla er minst, det vil seie i senterlinja på skipet, midtskips eller på dekk nær vasslinja.

9 Det skal vere sikker tilkomst til sikringsmidla, sikringsutstyret og kontrollfunksjonane på heile reisa. Gangvegar og nødutgangar frå stader under køyredekket skal haldast klare til bruk.

10 Vi skal ikkje ta bort surringar før skipet er fortøydd til kai med mindre skipsføraren gir løyve til det.

11 Last skal ikkje hindre kontrollfunksjonar av akterdører, tilkomst til innretningar eller brannutstyr.

12 Skipet skal berre føre farleg gods i samsvar med sertifikat for farleg gods (Certificate of Compliance for Dangerous Goods).

13 Farleg gods skal vere skilt, stuva og sikra i samsvar med IMDG-koden og dei reglane som gjeld for skipet.

Metode for å rekne ut krefter i semistandardiserte og ikkje-standardiserte sikringsarrangement

Metoden skal ikkje brukast for containerar.

Definisjonar:
- *MSL* = Maximum Securing Load. Blir brukt for tillaten belastning for utstyr som blir nytta til å sikre lasta
- *SWL* = Safe Working Load, kan erstatte *MSL* dersom ho er likeverdig med eller er større enn den styrken *MSL* gir opp
- Når vi skal rekne ut styrken, bruker vi ein sikringsfaktor (Safety Factor) på 1,5.
- Utrekna styrke, $CS = \frac{MSL}{1{,}5}$

Tommelfingerregel:

Den totale verdien av *MSL* på sikringsinnretninga på kvar side av lasteeininga skal vere lik vekta av lasteeininga (vekta av lasteeininga i kN).

Vi går her ut frå ein akselerasjon på 9,81 m/s^2. Metoden tek ikkje omsyn til effekten av den uheldige vinkelen som surringa lagar, eller til den ujamne fordelinga av krefter som verkar på surringsmidla eller effekten av friksjon med underlaget.

Surringar tverrskips bør ikkje lage vinklar over 60° med dekket, og vi bør bruke eit eigna materiale for å sikre at underlaget har nok friksjon. Det kan vere nødvendig å bruke tilleggssurringar med større vinkel enn 60° for å sikre at lasta ikkje tippar, men slike surringar blir ikkje rekna med under denne regelen.

Utrekningsmetode

Eksterne krefter på ei lasteeining i langskipsretning (X), tverrskipsretning(Y) og vertikal retning (Z) kan finnast av formelen:

$$F(x,y,z) = ma\,(x,y,z) + Fw\,(x,y) + Fs(x,y)$$

der $F(x,y,z)$ = langskips, tverrskips og vertikale krefter
m = massen av lasteeininga

a(x,y,z) = langskips, tverrskips og vertikal akselerasjon
Fw(x,y) = langskips og tverrskips krefter på grunn av vind
Fs(x,y) = langskips og tverrskips krefter på grunn av verknader frå sjøen (overvatn, skvalp, skvett)

For eit skip har vi denne tabellen over akselerasjonar som byggjer på Annex 13 IMO Res A714(17).

Transverse acceleration, m/s²

Long. position	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Long. acc. m/s²
Deck, high	7,76	7,76	7,54	7,43	7,32	7,32	7,43	7,54	7,76	8,09	8,09	4,15
Deck, low	7,10	7,10	6,89	6,67	6,67	6,67	6,67	6,89	7,10	7,32	7,32	3,17
Tween-deck	6,45	6,45	6,12	6,01	5,90	5,90	6,01	6,12	6,45	6,78	6,78	2,19
Lower hald	6,01	6,01	5,79	5,57	6,46	5,46	5,57	5,79	6,01	6,45	6,45	1,64
Vertical acceleration m/ s²												
	8,31	8,31	6,78	5,46	4,70	4,70	5,46	6,78	8,31	10,05	10,05	

Long. position er gitt i delar av lengda på skipet $L = x/L$
Vi ser at dei vertikale akselerasjonane er størst i baugen av skipet.
Akselerasjonane gjeld for GM <= 1,25.
Akselerasjonane er gyldige for ein fart på 15 knop med GM < 1,15 m.
Dersom farten blir redusert, minkar akselerasjonane. Ein reduksjon frå 15 til 10 knop reduserer akselerasjonane med 15 % (sjå tabellen). Med større GM-verdi aukar tverrskips akselerasjon med ein faktor som er gitt i forhold til B/GM, der B = breidda på skipet.

Speed, knots	9	12	15	18
Correction factor	0,8	0,9	1,0	1,1

Correction factors for B/GM < 13

B/GM	7	8	9	10	11	12	13
On deck, high	1,56	1,40	1,27	1,19	1,11	1,05	1,00
On deck, low	1,42	1,30	1,21	1,14	1,09	1,04	1,00
Tween-deck	1,26	1,19	1,14	1,09	1,06	1,03	1,00
Lover hald	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,02	1,00

Vi bør merke oss:
Dersom skipet kjem i slingreresonans med ein amplitude over + 30°, kan vi komme over dei akselerasjonane som er oppgitt tverrskips. Vi bør setje i verk tiltak for å unngå slike situasjonar.

I motsjø med stor fart og botnslag kjem vi over dei akselerasjonane som er oppgitt langskips og vertikalt. Vi bør vurdere å redusere farten.

Med sjøen på låringa og med ein stabilitet som ikkje i vesentleg grad er større enn dei minimumskrava vi aksepterer, kan vi vente store rulleamplitudar (utslag) og større tverrskipsakselerasjonar enn oppgitt. I slike tilfelle bør vi vurdere å endre kursen.

Krefter på grunn av vind og sjø på lasteeiningar kan vi tilnærma rekne som

vindkraft = 1 kN/m²
verknad av sjø = 1 kN/m²

Krefter frå sjøen (skvalp, skvett) tek vi berre med for dekkslast som er opp til 2 m over dekk eller for last på lukene.

For dette skipet har vi desse opplysningane:
Length OA = 95,55 m
Length, L = 86,84 m
Breadth moulded, B = 16,30 m
Depth moulded, D = 10,45 m (to forcastle deck)
Depth moulded, D = 7,75 m (to main deck)
Depth moulded, D = 4,90/6,12 m (to tween decks)
Draft, T = 5,80 m
Speed, V = 15 knop
GM, range of values = 0,15–1,645 m

Døme 13.1
Ei lasteeining med masse 30 tonn med dimensjonane L = 4 m, B = 4 m og H = 3 m er plassert på framdekket 0,6 · L. Skipet har ein fart på 15 knop og GM = 1,25 m. Rekn ut langskips, tverrskips og vertikale krefter.

Løysing:
Utrekning av langskips krefter:
B/GM =16,30/1,25 = 13,04, det vil seie correction factor = 1,0

Vindareal = B · H = 4 · 3 = 12 m²

Høgd for sjøpåverknad opp til 2 m
Areal for sjøkrefter = B · 2 = 4 · 2 = 8 m²

Langskips akselerasjon, frå tabell: $a(x)$ = 4,15 m/s²
m = massen i tonn = 30 tonn

Langskips vindkraft = 1 kN · 12 = 12 kN
Langskips sjøkraft = 1 kN · 8 = 8 kN
Langskips kraft, $F(x) = ma(x) + Fw(x) + Fs(x)$ = 30 · 4,15 + 12 + 8 = 144,5 kN (+/–)

Utrekning av tverrskips kraft:
Vindareal = $L \cdot H$ = 4 · 3 = 12 m²
Areal for sjøkrefter = L · 2 = 4 · 2 = 8 m²

Tverrskips akselerasjon frå tabell = 7,43 m/s²
Tverrskips kraft, $F(y) = ma(y) + Fw(y) + Fs(y)$ = 30 · 7,43 + 1 · 12 + 1 · 8 = 242,9 kN (+/–)

Vertikal akselerasjon frå tabell = 5,46 m/s²
Vertikal kraft : $F(z) = ma(z)$ = 30 · 5,46 = 163,8 kN (+/–)

Balansering av krefter og moment

Balanserte utrekningar bør gjerast for
- tverrskips gliding
- tverrskips velting (tipping)
- langskips gliding ved redusert friksjon i langskips retning

For symmetriske sikringsarrangement er ei utrekning nok.

Døme 13.2
Lasteeininga i døme 13.1 er plassert på dekk med gummimatter som underlag og er sikra med fire stk. 13 mm kjetting på kvar side. Kvar kjetting har *MSL* = 104 kN. Surring for vertikal vinkel 30° er fest ca. 2,5 m tvers ut frå eininga, og surring for vertikal vinkel 45° er fest ca. 0,5 m tvers ut frå eininga. Langskips vinklar er 60° og 45°.

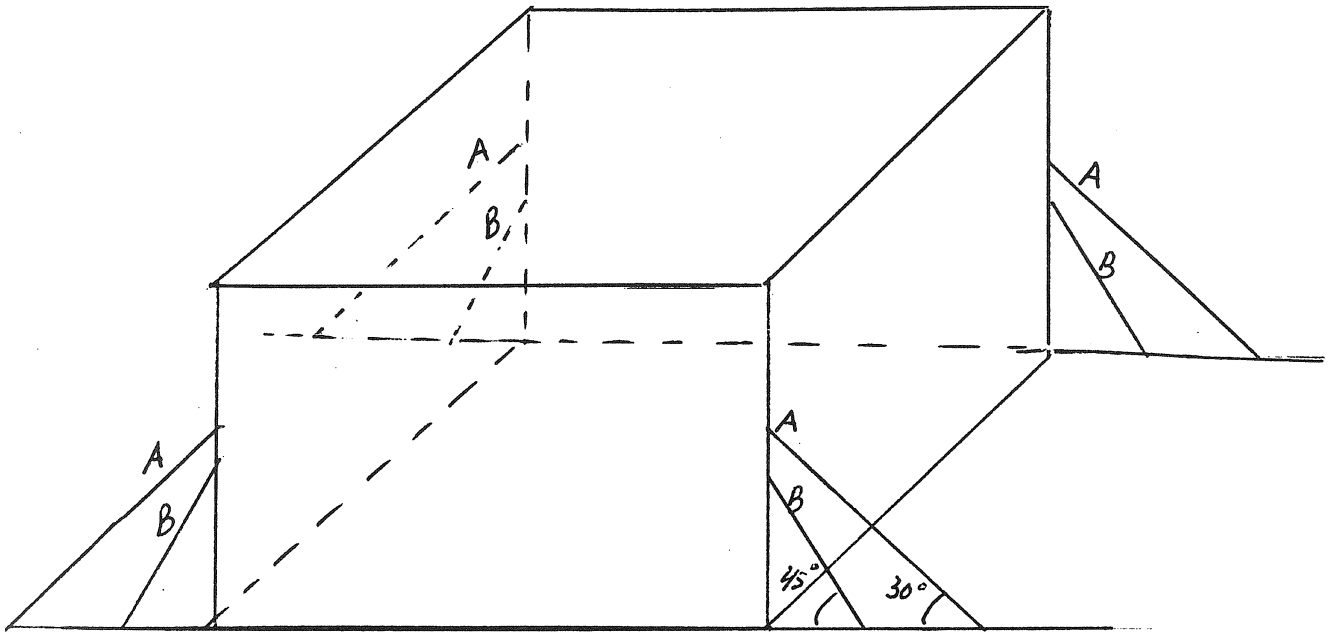
Tverrskips gliding

For å hindre gliding må desse forholda vere oppfylte:

$$F(y) <= \mu\, m\, g + n\, CS_A f_A + n\, CS_B f_B + \ldots\ldots + n\, CS_n f_n$$

der
$F(y)$ = pårekna tverrskips kraft frå lasta
n = talet på surringar (sikringar) av same type
μ = friksjonskoeffisient
m = masse av lasteeining (cargo unit) i tonn
g = tyngdeakselerasjon = 9,81 m/s²
CS = utrekna styrke av tverrskips arrangement (kN)
f = ein funksjon av μ og den vertikale vinkelen som surringa lagar (a)

Figur 13.8 viser tverrskips sikring mot gliding.



Figur 13.8 Tverrskips sikring mot gliding

Når vi skal rekne ut styrken, bruker vi sikringsfaktor = 1,5

$$CS = \frac{MSL}{1{,}5}$$

$$f = \mu \sin a + \cos a$$

Medrekna verdiar for μ:
Stål mot tre eller stål mot gummi, $\mu = 0{,}3$
Stål mot stål, tørt $\mu = 0{,}1$
Stål mot stål, våt $\mu = 0$

Koeffisienten f kan vi finne av tabell:
Vertikal vinkel a i gradar

μ	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,3	0,72	0,84	0,93	1,00	1,04	1,04	1,02	0,96	0,87	0,76	0,62	0,47	0,30
0,1	0,82	0,91	0,97	1,00	1,00	0,97	0,92	0,83	0,72	0,59	0,44	0,27	0,10
0	0,87	0,94	0,98	1,00	0,98	0,94	0,87	0,77	0,64	0,50	0,34	0,17	0,00

For kjettingen finn vi MSL = 104 kN

$$CS = \frac{104}{1,5} = 70 \text{ kN}$$

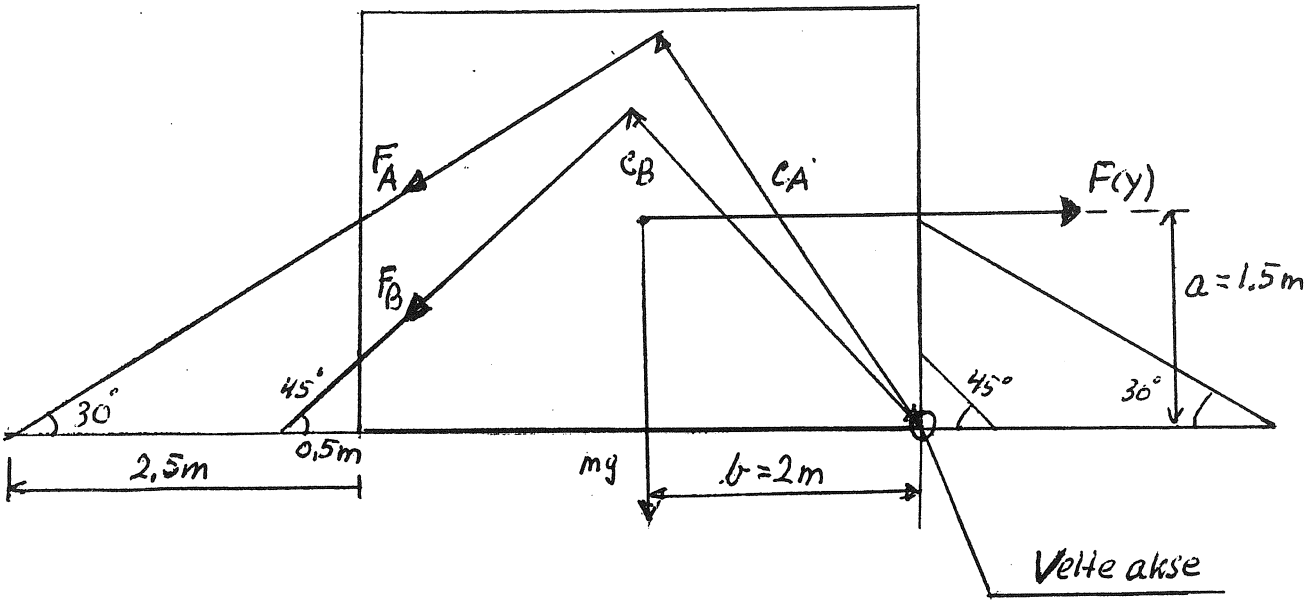
Av tabellen finn vi f_A = 0,90 for 45° og f_B = 1,02 for 30°

Tverrskipskrafta er utrekna i døme 13.1 til 242,9 kN.

Sikringskrafta = F (sik)
F (sik) = $\mu\, m\, g + n\, CS_A f_A + n\, CS_B f_B + \ldots\ldots + n\, CS_n f_n$
F(sik) = 0,3 · 30 · 9,81+ 2 · 70 · 0,9 + 2 · 70 · 1,02 = 357,1 kN

Vi ser at F(y) < F(sik) og lasteeininga er sikra mot tverrskips gliding.

Tverrskips velting (tipping)
Figur 13.9 viser situasjonen ved velting



Figur 13.9 Situasjonen ved velting (tipping)

Sjå figur 13.9
Momentet som verkar til velting M(velt) = $F(y) \cdot a$

Moment som hindrar velting = $mg \cdot b + F_A \cdot c_A + F_B \cdot c_B$

$F_A = n\, CS_A$
$F_B = n\, CS_B$

Moment som hindrar velting M(hind) = $mg \cdot b + n\, CS_A \cdot c_A + n\, CS_B \cdot c_B$

Sikring mot velting krev at M(velt) <= M(hind)

a = moment arm for krafta F(y)
b = moment arm for stabil stilling
c = moment arm for sikringskrefter

Moment arm $c_A = 6{,}5 \cdot \sin 30° = 3{,}2$ m

Moment arm $c_B = 4{,}5 \cdot \sin 45° = 3{,}2$ m

M(hind) = $30 \cdot 9{,}81 \cdot 2 + 2 \cdot 70 \cdot 3{,}2 + 2 \cdot 70 \cdot 3{,}2 = 1484{,}6$ kN

M(velt) = $242{,}9 \cdot 1{,}5 = 364{,}4$ kN

M(velt) < M(hind), og lasteeininga står stødig.
Her ville momentet av eininga = mgb = $30 \cdot 9{,}81 \cdot 2 = 588{,}6$ kN vore meir enn nok til å hindre velting.

Langskips gliding

Under normale forhold er det nok med tverrskips surringar også for å hindre gliding langskips. Dersom det er tvil, kan ein rekne ut tilstanden ved:

$$F(x) <= \mu(mg - F(z)) + n\,CS_A f_A + n\,CS_B f_B + \ldots.. + n\,CS_n f_n$$

der $F(x)$ = langskips kraft = 144,5 kN
$F(z)$ = vertikal kraft = 163,8 kN
f_A = 0,76 frå tabell
f_B = 0,90 frå tabell
CS = utrekna langskips sikringskraft, rekna til 0,5 CS = $0{,}5 \cdot 70 = 35$ kN

144,5 kN <= 0,3 ($30 \cdot 9{,}81$-163,8) + $2 \cdot 35 \cdot 0{,}6 + 2 \cdot 35 \cdot 0{,}90 = 155{,}35$ kN
Det vil seie at det ikkje er fare for gliding i langskips retning.

Stuasje og sikring av containerar

Lastesikringsmanualen har instruksjonar for korleis containerar skal sikrast. Nokre viktige reglar:

1 Alle lause sikringsmiddel skal brukast slik manualen seier.
2 Låsemekanismen (*twistlocks*) kan anten vere høgrelåst eller venstrelåst. Det blir tilrådd å berre bruke éin type om bord.
3 Alle låsemekanismar som er i bruk, skal vere låste. Låsar som ikkje er skikkeleg låste, kan resultere i
   – overbelastning på sikringsmidla
   – skade på containerar eller tap av containerar
4 Containerar som er skadde, skal ikkje takast om bord.
5 Last som er stuva i containerane, skal pakkast og sikrast inne i containeren. Dei same reglane som gjeld for å stuve og sikre konvensjonelt stykkgods, bør gjelde for last inne i containeren.
6 Det nedste laget av containerar bør ikkje komme i kontakt med dunnasje som ligg under.
7 Folk som arbeider i lasteområdet, skal ha på seg hjelm og verneskor.
8 Lasta skal sikrast og sikringa fjernast medan skipet ligg ved kai eller ligg trygt oppankra.

9 Stablehøgda må ikkje vere større enn det som gjeld for skipet.
10 Dersom det ikkje er brukt surring på dei stadene det er krav om, kan det resultere i
   – overbelastning på låsemekanismen
   – skade på containerane eller tap av containerar
11 Dersom GM er større enn det som er gitt som maksimum, resulterer det i
   – større tverrskips akselerasjonar
   – overbelastning på sikringsmidla
   – overbelastning på skipsskroget
   – skade på containerane

Krefter som verkar på containerane

Den viktigaste faktoren er tverrskips akselerasjon, a_t. Det er spesielt GM som verkar inn på tverrskips akselerasjon i tillegg til kor høgt oppe i skipet vi er.

Tverrskips kraft, $F(y) = ma_t + Fw + Fs$

der m = massen av stabelen
a_t = tverrskips akselerasjon
Fw = vindkraft i samsvar med tabellen nedanfor
Fs = mogeleg sjøpåverknad (overvatn, skvalp, skvett) på dei fremste containerane. Denne storleiken finn vi direkte eller ved å leggje til 20 % av krafta på containerar på dei fremste containerane

Standard vindkrefter på ISO-containerar:

ISO vindkraft per tir av utsette containerar	20-fots containerar	40-fots containerar
	18,5 kN	37,0 kN

Stuasje og sikring av transportable tankar

Med transportable tankar meiner vi her tankar som ikkje er fast sikra om bord, som har kapasitet på meir enn 450 l, og som er feste til eit stabiliserande underlag med utstyr som gjer dei eigna til å transportere væsker, faste stoff eller gassar.

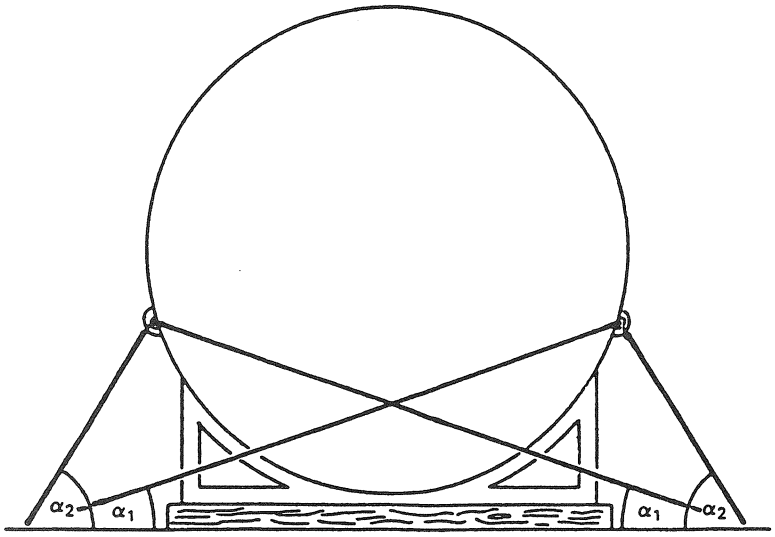
Generelle reglar

- Transportable tankar bør vere konstruerte for å bli lasta eller lossa utan at vi må fjerne det stabiliserande underlaget, og dei skal kunne tole å bli lyfte i land og om bord for å fyllast opp.
- Tankar som skal brukast til å transportere farleg gods, må tilfredsstille krava i IMDG-koden. Slike tankar skal ha sertifikat.
- Under transport skal tankar ikkje ha så stor ullasje (tomrom) at væskerørsla kan skade dei.
- Transportable tankar bør vere utstyrte med arrangement for å lyfte dei og sikre dei om bord.

- Skipsføraren bør ha informasjon om dimensjonane av tanken, og dersom han inneheld farleg gods, også informasjon i samsvar med IMDG-koden.
- Bruttovekta av tanken bør vere oppgitt.
- Opplysningar om tanken er fast sikra til ein plattformbasert container eller ei ramme, og om han er utstyrt med sikringsinnretningar.
- Tankar bør stuvast i langskips retning, og dei må ikkje komme utanfor skipssidene.
- Tankar må stuvast slik at dei ikkje hindrar sikker tilkomst til nødvendig utstyr.
- Tankar må ikkje stuvast slik at dekket eller lukene blir overbelasta.

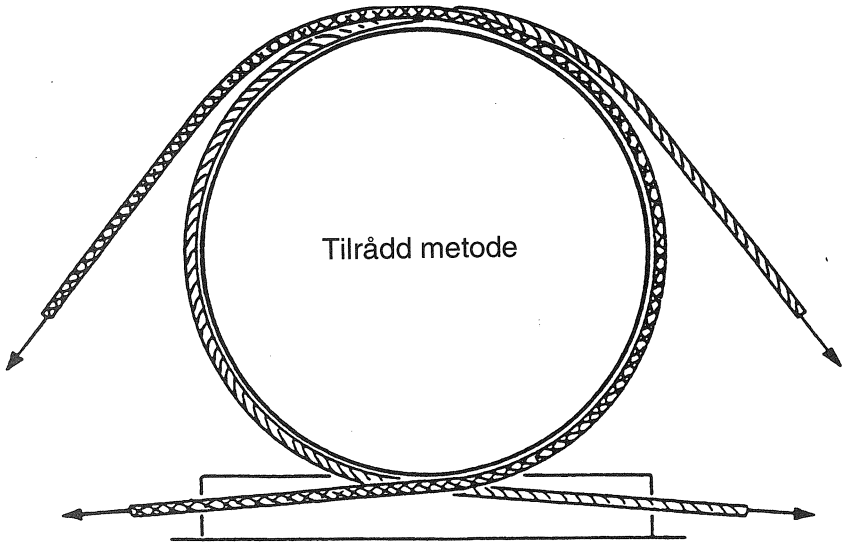
Sikring mot gliding og velting (tipping)

Ikkje standardiserte transportable tankar bør sikrast slik at dei kan tole tverrskips og langskips krefter som kan gjere at dei glir eller veltar. Surringsvinklane bør ikkje vere over 25° (α_1) for å hindre gliding, og ikkje mindre enn 45° til 60° (α_2) for å hindre velting, sjå figur 13.10.



Figur 13.10 Sikring av transportable tankar

Tankar som ikkje er feste til eit underlag med stor friksjon, bør sikrast med treverk som vi legg mellom tanken og dekket for å auke friksjonen. Tankar som må førast under dekk, bør stuvast slik at dei kan setjast direkte på plass. Sikringsfesta må vere sterke nok og tydeleg merkte. Tankar som ikkje har sikringsfeste, bør sikrast slik det er vist på figur 13.11.



Figur 13.11. Tankar som ikkje har feste for surringar

Standardiserte transportable tankar (tankcontainerar; ISO-standard) skal sikrast med dei sikringsmidla skipet er utstyrt med, idet vi tek omsyn til den høgda tanken har over dekket, og til ullasje (tomrommet) i tanken.

Under transporten må vi med jamne mellomrom sjå etter og stramme surringane.

Stuasje og sikring av transportable behaldarar

Med transportable behaldarar meiner vi behaldarar som ikkje er fast sikra om bord, som har ein kapasitet på 1000 l eller mindre (og ikkje er ein transportabel tank), der lengda, breidda og høgda har ulike dimensjonar og ulik fasong, og som blir brukte til å transportere gassar eller væsker. Skipsføraren skal ha den same informasjonen om behaldarar som om tankar. Behaldarane bør stuvast i langskips retning på eller under dekk. Dunnasje bør brukast som underlag for at behaldaren ikkje skal stå direkte på ståldekket. Dei bør stuvast og kilast fast for å hindre rørsle med mindre dei er plasserte i ei ramme som ei eining. Behaldarar som inneheld flytande væsker, bør stuvast i opprett stilling slik at dei lagar ei blokk stuva saman i ei grind eller ein kasse ved hjelp av passande treverk. Behaldarane bør vere avstiva for å hindre rørsle, og grinda eller kassen må sikrast med surringar. Liggjande behaldarar må sikrast på same måten som tankar, sjå figur 13.11.

Stuasje og sikring av rullande last

Rullande last er last som er forsynt med hjul på belte, inkludert slike som blir brukte for å transportere andre laster, så nær som trailerar og vogntog, men inkludert bussar, militære køyretøy med eller utan belte, traktorar, anleggsmaskinar osv.

Generell tilråding

- Rom der rullande last skal stuvast, må vere rein og fri for olje og feitt.
- Rullande last bør vere forsynt med festepunkt eller tilsvarande arrangement som er sterkt nok til å feste surringar.
- Når ei rullande last ikkje er forsynt med festepunkt, bør stader som kan brukast til å feste surringar, vere tydeleg merkte.
- Rullande last som ikkje er forsynt med gummihjul eller belte med ei nedre overflate som aukar friksjonen, bør alltid stuvast på eit treunderlag (dunnasje) eller på andre materiale som aukar friksjonen, som gummimatter og liknande. Dersom den rullande lasta er utstyrt med bremser, skal dei vere sette på når lasta er stuva på plass.
- Rullande last bør sikrast med surring av eit sterkt materiale med tilsvarande styrke og forlengingseigenskapar som stålwire eller kjetting.
- Dersom det er mogeleg, bør ei rullande last stuvast nær skipssida eller på ein stad der det er nok festepunkt for surringar, eller lasta må vere stuva fast med ei anna passande last, som containerar eller einingslaster.
- For å unngå at ei rullande last lear på seg bør ho stuvast langskips. Dersom ho blir stuva tverrskips, kan det vere nødvendig å bruke ekstra surring. Hjula bør blokkerast for å hindre rørsle.
- Last som er stuva på rullande einingar, må vere forsvarleg sikra til plattformer eller til sidene av eininga dersom det er festepunkt for surringar. Rørlege komponentar som bommar, armar eller liknande skal vere låste og sikra.

Stuasje og sikring av tunge lyft

Tunge lyft som transformatorar, lokomotiv og liknande må vere forsvarleg stuva og sikra. Skipsføraren må få informasjon om tunglyftet slik at han kan planleggje ei sikker plassering og sikre lyftet. Informasjonen bør minst innehalde

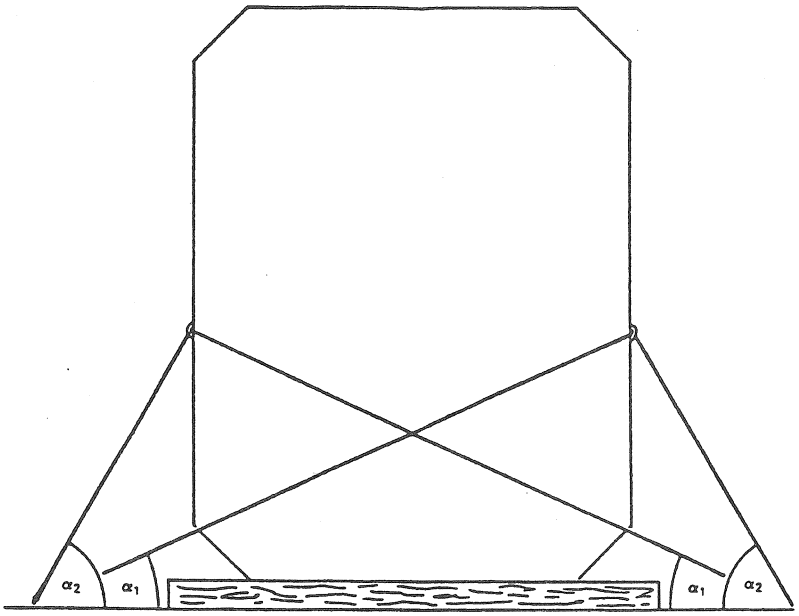
- bruttovekt
- hovuddimensjon med teikning eller bilete dersom det er mogeleg
- lokalisering av tyngdepunktet
- underlagsarrangement og spesielle tiltak
- festepunkt for lyfting og surring og detaljar om styrken

Når tunglyftet skal plasserast om bord, må vi ta omsyn til dei påkjenningane lyftet kan bli utsett for under transporten. Vi bør hugse på at akselerasjonane er minst i midtseksjonen av skipet under vêrdekket (den nøytrale aksen). Dei største akselerasjonane har vi i framskipet og akterskipet. Når tunge lyft er stuva på dekk, bør vi ta omsyn til den utsette «vêrsida» på reisa. Tunge lyft bør stuvast langskips, og slik at vi ikkje får punktbelastningar som kan skade dekket. Det kan vere nødvendig å lage ei ramme av treverk eller av stål for å fordele vekta.

Sikring mot gliding og velting

Dersom tunglyftet ikkje er forsynt med trerammer eller ikkje står på gummihjul eller eit materiale med tilsvarande stor friksjonskoeffisient,

bør vi leggje treverk mellom underlaget og tunglyftet for å auke friksjonen. Surringane må vere ordna slik at tunglyftet ikkje glir eller veltar. Dei optimale vinklane for surring er om lag 25° mot gliding og om lag 45–60° mot velting, sjå figur 13.12.



Figur 13.12 Sikring av tunglyft

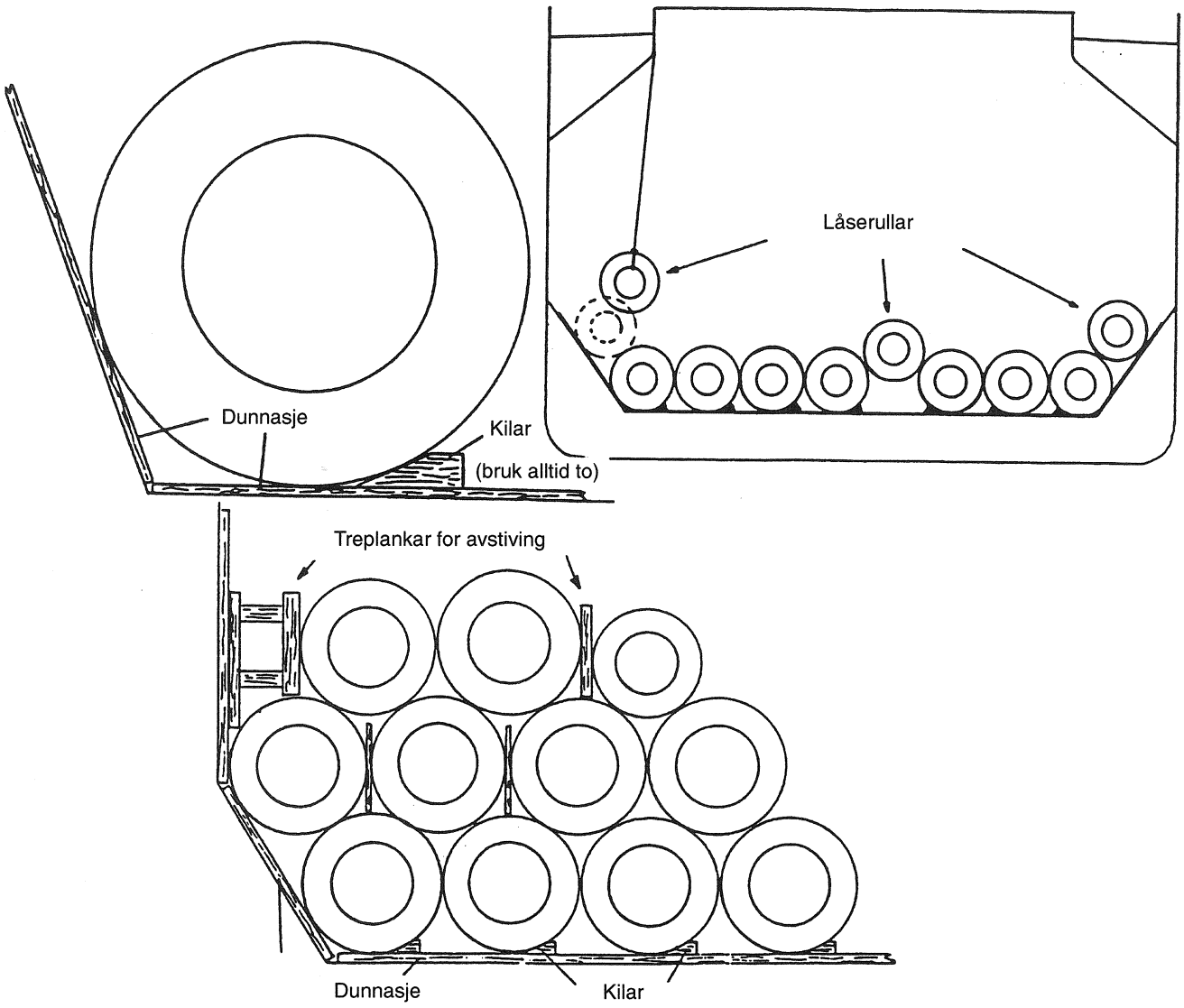
Dersom tunglyftet er trekt på plass med sklibord innsette med gris for å redusere friksjonen, må vi auke talet på surringar tilsvarande for at lyftet ikkje skal gli. Det kan vere nødvendig sveise fast festepunkt dersom vinklane for surring er større enn dei som er tilrådde for å hindre gliding. Dersom det er fare for overvatn på reisa, kan det vere nødvendig å bruke ekstra surring. Når tunglyftet stikk utover skipssida, må vi sikre med ekstra surringar både langskips og vertikalt. Vi bør hugse på at festepunkt for transport på veg eller jernbane ikkje alltid kan brukast for å sikre ei slik last om bord. Tunglyft utan festepunkt bør sikrast som vist på figur 13.11. Surringane bør vere arrangerte slik at belastninga på dei blir jamt fordelt, og under heile overfarten må vi inspisere og stramme surringar som har vorte slakke. Dersom det er mogeleg, bør vi rekne ut dei belastningane tunglyftet kan bli utsett for med den metoden vi har vist tidlegare.

Stuasje og sikring av rullar med platestål

Vertikal stuasje byr ikkje på spesielle sikringsproblem og blir ikkje vidare kommentert. Her skal vi sjå litt på korleis vi sikrar liggjande rullar. Rullar med platestål har ofte ei bruttovekt over ti tonn. Reglar for stuving:

- Rullane bør stuvast nedst i botnen av skipet og helst i tirar frå side til side.
- Rullane bør stuvast langskips på dunnasje som ligg tverrskips. Kilar kan brukast som stopparar når vi lastar og lossar, sjå figur 13.13.

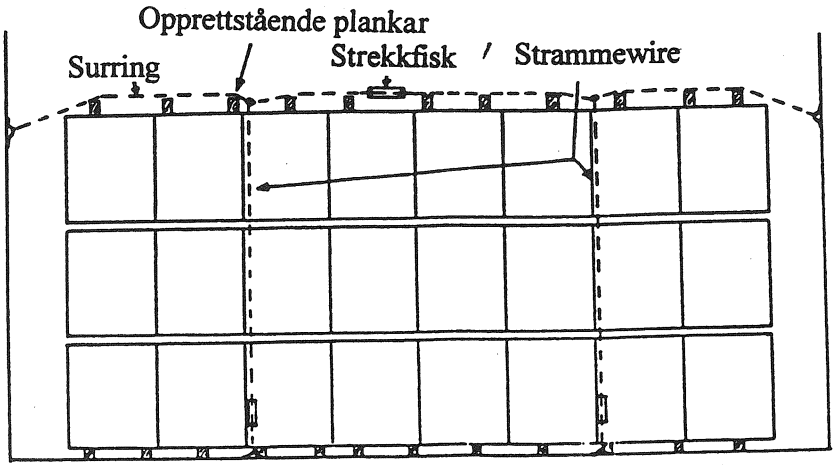
- Den siste rullen i kvar tir bør liggje mot dei to nærmaste underliggjande rullane slik at heile rada blir låst fast.
- Ledig plass mellom rullane i den øvste tiren må sikrast forsvarleg, sjå figur 13.13.



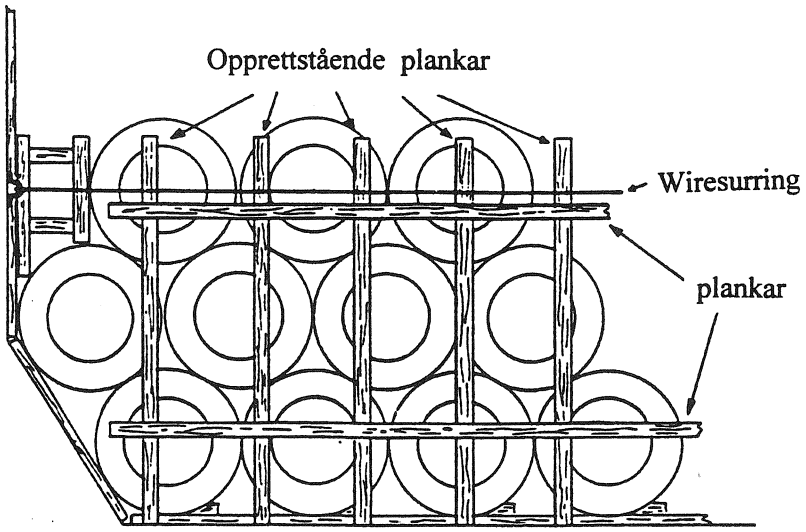
Figur 13.13

Surringar

Formålet med surringar er at rullane skal verke som ei urørleg blokk. Som ein regel bør topptirane på dei tre siste enderadene med rullar surrast fast. Figur 13.14 viser surringar ovanfrå. Det blir tilrådd å bruke ei konvensjonell surring med wire og plank. Figur 13.15 viser korleis enderada kan sikrast med plankar og wiresurring.



Figur 13.14 Surring slik ho ser ut ovanfrå



Figur 13.15 Sikring og surring slik det ser ut frå enden

Stuving og sikring av tunge metallprodukt

Med tunge metallprodukt meiner vi produkt laga av metall, som jernbarrar, rør, plater, wirekveilar osv. Når vi transporterer slike produkt, kan skipet bli utsett for

- overbelastning på skroget dersom vi går ut over grensene for lovleg belastning
- overbelastning som eit resultat av kort rulleperiode på grunn av stor GM
- forskyving av lasta på grunn av dårleg sikring med dårleg stabilitet og skade på skipet som resultat

Tilråding

1 Romma må vere reine, tørre og fri for olje eller feitt når vi lastar produkta.

2 Lasta bør fordelast jamt for ikkje å få uheldig belastning på skroget.
3 Vi må ikkje laste meir enn det som er lovleg på dekk og tanktopp.
4 Vi bør ta desse omsyna:
   - Produkta bør stuvast kompakt frå side til side. Bruk plankar mellom produkta dersom det er nødvendig.
   - Produkta bør stuvast til eit jamt nivå dersom det er råd.
   - Toppflata av lasta bør sikrast.
   - Avstivinga bør vere av eit sterkt treverk med stor nok dimensjon til å tole akselerasjonskreftene. Avstivarane skal vere plasserte for kvart spant, men ikkje med større intervall enn 1 m.
5 Last av tynne planter og mindre parti kan vekselvis stuvast langskips og tverrskips. Friksjonen bør aukast med tørr dunnasje eller andre materiale mellom laga.
6 Rør, stenger og rullar bør stuvast langskips for ikkje å skade skipet dersom lasta forskyv seg.
7 Lasta, spesielt det øvste laget, kan sikrast ved å laste anna last på toppen, eller med wire, stempling eller liknande metodar.
8 Når tunge metallprodukt ikkje blir stuva frå side til side i skipet, må vi setje i verk spesielle tiltak for å sikre stuasjen på ein forsvarleg måte.
9 Når det er nødvendig å sikre toppflata av lasta, bør surringane vere uavhengige av kvarandre, og dei bør gi eit vertikalt trykk på overflata av lasta og vere plassere slik at ingen del av lasta er usikra.
10 Wirekveilar bør stuvast flatt slik at kvar kveil kviler på ein som ligg under. Kveilane i laga over bør stuvast slik at dei overlappar kvarandre. Topplaget må sikrast som nemnt tidlegare.

Retningslinjer for å laste tømmerstokkar under dekk

1 Før vi lastar må vi kontrollere dimensjonane på tømmeret, lukene og romma. Vi bør arbeide ut ein førebels lasteplan på grunnlag av dei opplysningane vi har, slik at kapasiteten i romma kan utnyttast maksimalt. Dess betre stuasjen i romma er, dess meir last kan vi ta på dekk.
2 Vi må forvisse oss om at det lasteutstyret som skal brukast, toler vekta av tømmerstokkane.
3 Brønnar, sluk og pumpekapasitet må kontrollerast før vi lastar. Det er viktig for tryggleiken at lensesystema er i orden. Det blir tilrådd å ha ei transportabel lensepumpe klar dersom brønnane og sluka tettar seg til.
4 Rør og utstyr i rommet må vernast mot skade.
5 Skipsføraren må forvisse seg om at opning og lukking av ventilar for fri fylling (high ballast dump valves) til ballasttankane blir notert i dagboka for skipet. Dersom det er nødvendig med slike ballasttankar for å lette lastinga, er det eit krav i dei internasjonale lastelinjereglane frå 1966 at tankane skal vere utstyrte med ein manuell stengjeventil i overbordleidningen. Skipsføraren bør sikre seg at fylleventilane blir overvaka slik at tankane ikkje blir oppfylte ved eit uhell. Dersom ventilane står opne, kan vatn trengje inn og gi krenging eller forskyve lasta, eller i verste fall kan skipet gå rundt.

Tiltak under lastinga

1 Kvart hiv med tømmer bør heisast om bord nær skipssida for at det ikkje skal komme svingingar i hivet.
2 Vi må ta omsyn til mogeleg skade på skipet og til tryggleiken for lastearbeidarane. Tømmerstokkane bør ikkje vere i svingande rørsle når dei blir låra i rommet. Lukekarmane bør brukast for å stoppe ei svinging.
3 Det blir tilrådd å stuve tømmerstokkane kompakt i langskips retning med dei lengste stokkane mot endane av rommet. Dersom det er ledig plass mellom stokkar som er stuva i den fremste delen av rommet, og stokkar som er stuva i aktre delen av rommet, bør mindre stokkar stuvast tverrskips for å fylle tomrommet tvers over rommet.
4 Dersom stokkane berre kan stuvast langskips i ei lengd, bør alle tomromma framme eller akter fyllast med stokkar som blir stuva tverrskips tvers over rommet.
5 Tverrskips tomrom skal fyllast opp etter kvart som vi lastar.
6 Den butte enden (den tjukkaste enden) av stokken bør stuvast vekselvis slik at vi får ein jamn stuasje.
7 Vi bør ikkje stuve stokkane opp i høge haugar (pyramidar). Dersom rommet er breiare enn lukekarmen, kan vi unngå å hope opp stokkar i haugar dersom vi forskyv stokkar mot endane av rommet på styrbord og babord side. Ei slik forskyving må starte så tidleg som råd når vi lastar (etter at vi har lasta til ei høgd på rundt 2 m over tanktoppen) og må brukast under heile lasteoperasjonen.
8 Det kan vere nødvendig å bruke lause taljer og blokker for å manøvrere stokkane på plass i rommet. Vi må forvisse oss om at augeboltar og festeringar er sterke nok. Vi må ikkje overbelaste utstyret.
9 Mannskapet på skipet må halde forsvarleg vakt når det blir lasta, for å forvisse seg om at skipet ikkje tek skade. Skadar som kan ha innverknad på sjødugleiken til skipet, skal utbetrast før avgang.
10 Når tømmeret er stuva til ei høgd på om lag 1 m under lukekarmane i framkant og akterkant av rommet, bør storleiken på stokkane reduserast for å lette sluttlastinga.
11 Tømmerstokkar i sjølve lukekarmen bør stuvast så kompakt som råd slik at heile kapasiteten blir utnytta.
12 Etter at vi har lasta, bør vi sjå over skipet etter mogeleg skader. Lensebrønnane bør peilast for å fastslå at skipet er tett.

Dekkslast

Reglane for å føre dekkslast finn vi i regelverket frå Skipskontrollen og i Code of Safe Practice for Ships Carrying Timber Deck Cargos. Skip som fører dekkslast med ei samla vekt på over 3 % av dødvekta for skipet eller maksimalt 30 tonn dersom 3 % er større, skal ha om bord godkjende stabilitetsoppgåver for at dei kan føre slik last. Stabilitetsoppgåvene skal innehalde opplysningar om største vekt og utstrekning av dekkslast som skipet kan føre utan fare for stabiliteten. Tyngdepunktet for køyretøy blir fastsette etter den minst gunstige plasseringa om bord. Tyngdepunktet for tyngre køyretøy skal normalt ikkje vere lågare enn 2,0 m over dekk, og for personbilar normalt ikkje lågare enn 0,75 m over dekk. Vekta av trelast på dekk i avgangstilstanden skal reknast å vere lik vekta av den tyngste trelasta skipet skal føre. Når skipet er lasta som nemnt over, men med 10 % forråd og bunkers, skal vekta reknast lik våtvekta av denne trelasta. Dersom skipet fører ei dekkslast som kan

samle opp vatn, skal det også sendast inn ei utrekning av ein lastetilstand med tillegg av oppsamla vatn i lasta. Skipet skal aldri vere lasta djupare enn til sommarlastelinja. Dekkskonstruksjonen må vere slik at det ikkje kan samle seg opp store mengder vatn der.

Reglane frå Skipskontrollen inneheld eigne krav til stabilitet og utstyr for ulike typar skip. Desse generelle krava gjeld for alle skip:

1 Lukeopningar på vêrdekket som er tildekte av last, skal vere lukka og skalka i samsvar med forskriftene. Ventilatorar og luftrør skal vere effektivt verna.
2 Dekkslasta skal vere forsvarleg stuva slik at overvatnet får fritt avløp frå dekk, og lasta skal vere plassert og surra slik at ho ikkje kan forskyve seg.
3 Surringar skal kunne strammast og frigjerast på ein lettvint måte på reisa.
4 Når dekkslasta er plassert slik at den effektive høgda av skansekledningen eller rekkverket blir redusert, skal det lagast til passasjar eller haldtau.
5 Utgangar frå innreiingar og maskinrom inkludert nødutgangar skal ikkje blokkerast av dekkslasta, og lasta skal ikkje plasserast slik at ho hindrar rask bruk av redningsreiskapane.
6 Tankar og rennesteinar skal alltid kunne peilast.
7 Dekkslasta skal vere plassert slik at ho ikkje hindrar oss i å navigere og manøvrere skipet. Lasta skal ikkje sjenere utsynet frå brua, skjerme for lanterner og signal eller gjere det vanskeleg å bruke påbode utstyr eller hindre tilkomst til ankerutstyr, ankerspel, vinsjar eller fortøyingsarrangement.

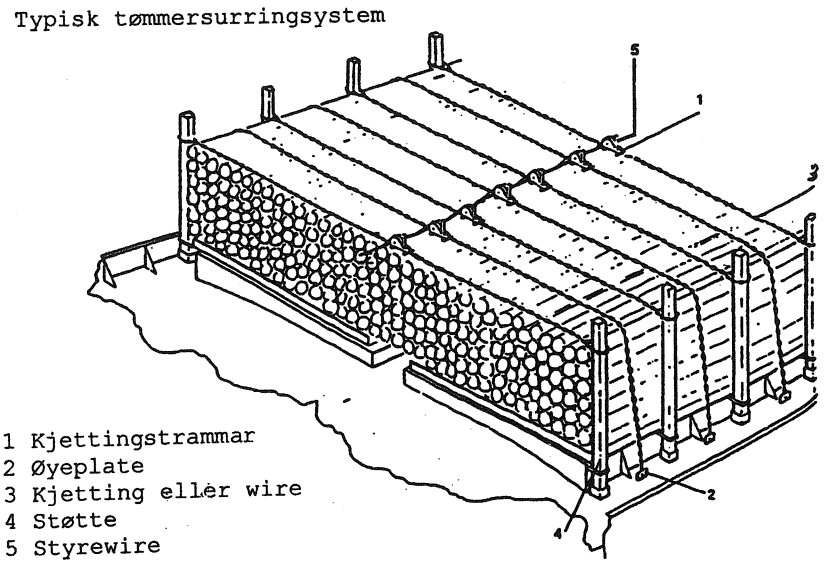
Tømmer på dekk

Skip som fører trelast, får ei ekstra oppdrift. Lastelinjekonvensjonen tillèt at skip som er godkjende for å føre trelast, kan laste til eit mindre fribord. Slike skip har eit eige lastemerke for trelast. Desse generelle reglane gjeld for å føre trelast på dekk:

1 Når vi lastar tømmerstokkar på dekk, må vi forvisse oss om at luker og alle opningar i vêrdekket er forsvarleg skalka. Ventilatorar og luftrør må sikrast mot skade medan vi lastar og på reisa. Vi må forvisse oss om at vatn ikkje kan trengje inn gjennom ventilatorane på reisa.
2 Lasta må stuvast kompakt og stemplast av dersom det er nødvendig. Vi må sjå til at utstyr som blir brukt for å kunne navigere skipet på ein trygg måte, ikkje blir skadd når vi lastar eller på reisa. Det må vere trygg tilkomst til mannskapsrom, maskinrom og andre rom som blir brukte i arbeidet om bord.
3 Støtter langs skansekledningen som må brukast for å sikre lasta, skal vere sterke nok utan å vere sterkare enn sjølve skansekledningen. Avstanden mellom støttene må tilpassast lengda av tømmerstokkane, men bør ikkje vere over 3 m. Støttene skal vere forankra i sterke vinklar, stålsoklar eller tilsvarande. Skipet kan eventuelt bruke permanente konstruksjonar som støtter.

4 Når lasta har nådd ei høgd av eitt lag over lukene, bør ho sikrast med wiresurringar tvers over skipet med korte mellomrom i heile lastelengda, slik at
   - surringane blir feste til ei støtte og deretter lagde rundt to eller fleire babord- og styrbordstøtter, i same høgd som lasta for å dekkje heile lengda av lasta
   - surringane må ha nok slakk, slik at dei tømmerstokkane som ligg over, strammar surringane utan å lage uorden i laga under, men slik at det blir ein innoverretta samanbindande effekt. Det kan vere nødvendig med ekstra surringar av tilsvarande type for høge dekkslaster eller når tømmerstokkane er svært store
5 Når vi har lasta ferdig, skal lasta sikrast med uavhengige surringar tvers over skipet med jamne mellomrom. Kvar surring skal festast med sjaklar til augeplater plasserte langs skansekledningen, til feste i dekket eller til andre sikre festepunkt.
6 Surringane må strammast helt teit med strekkfiskar eller andre strekkmiddel.
7 Surringane skal vere slik at dei kan løysast med eit enkelt handgrep dersom det blir nødvendig å kvitte seg med dekkslast, men likevel slik at dei ikkje kan løysast ved eit uhell.

Når skipet er i ei vinterperiodisk sone om vinteren, skal den gjennomsnittlege høgda av dekkslasta over vêrdekket ikkje vere over ein tredel av den største breidda på skipet. Figur 13.16 viser eit døme på korleis vi kan surre og sikre tømmer på dekk. Figur 13.16 b på side 296 viser eit fotografi av eit skip som lastar tømmer i rom og på dekk.



Figur 13.16 Tømmer på dekk

Ventilasjon av lasterom

Det er nødvendig å ventilere lasteromma av mange årsaker:

- fjerne lukt og skadelege gassar
- ta bort varme og fukt frå lasta
- jamne ut temperaturskilnader og hindre kondens

Når eit skip er ferdig lasta og lukene skalka, er atmosfæren i rommet den same som i lastehamna. Når skipet på reisa kjem til andre klimatiske forhold, får skipet raskt den temperaturen som lufta omkring har. Lasta i rommet som er avstengt, held i stor grad på den opphavlege temperaturen. La oss gå ut frå at skipet har lasta i ei hamn der lufta har vore varm og fuktig. Da er også lasta og lufta i rommet varm og inneheld mykje fukt. Når skipet segler mot eit kaldare område, blir skipssidene og dekket avkjølte. På same måten blir lufta i rommet som kjem i kontakt med dei kalde skipssidene og dekket, avkjølt. Frå meteorologien veit vi at det er temperaturen i lufta som avgjer kor mykje fukt (vassdamp) ho kan innehalde. Dess høgare temperaturen er, dess meir fukt kan lufta innehalde. Luft som blir avkjølt, kan ikkje halde på den fukta ho hadde, og det blir utvikla kondens. Dersom vi opnar lasteromsluka, oppdagar vi at det dryp frå undersida av dekket, det renn vatn langs skipssidene, og overflata av lasta kan bli fuktig. Kondens på last kan føre til skader, til dømes store mugg- og soppskadar på lange reiser. Dersom skipet på reisa hadde ventilert rommet slik at lufta stadig vart fornya, hadde lasta etter kvart tilpassa seg temperaturen og fukta, og vi kunne unngått kondens.

Ein vanleg ventilasjonsmetode som blir brukt når skip går frå varmt til kaldt klima, er å ventilere så mykje som råd. La oss gå ut frå at skipet lastar i ei hamn der lufta er kald. På ei reise mot varmare område blir skipssidene og dekket oppvarma. Dersom vi bruker same metoden som ovanfor og ventilerer for å jamne ut temperaturskilnaden, hadde vi fått kondens på sjølve lasta. Årsaka er at den varme lufta som vart ført ned i rommet, vart avkjølt av den kalde lasta, og det fører til kondens. Her hadde det vore betre å stengje av ventilasjonen heilt for å unngå kondens. Vi hadde da fått eit anna problem, nemleg lukt og gassar frå last som kan skade anna last i det same rommet. Ein vanleg ventilasjonsmetode som blir brukt når skipet går frå kaldt til varmt klima, er å ventilere om natta ettersom temperaturskilnadene er minst da. Dersom den som skal ta mot lasta, kan prove at ein skade på lasta kjem av mangelfull ventilasjon, kan skipet bli halde ansvarleg. For å sikre at lasta er i god stand er det viktig å kjenne til korleis og kvifor vi må ventilere lasteromma. Vi må også ha kjennskap til eigenskapar ved lasta. Med omsyn til fukt kan vi dele lasta i to hovudtypar:

- hygroskopiske stoff
- ikkje-hygroskopiske stoff

Hygroskopiske stoff har den eigenskapen at dei trekkjer til seg fukt frå lufta og gjer ho om til væske. Mange vegetabilske stoff som korn, mjøl, bomull, tre, tobakk og liknande har denne eigenskapen. Når vi lastar i tørt klima og skipet på reisa passerer gjennom område med varmt fuktig klima, trekkjer lasta til seg fukt. Det kan auke vekta på lasta temmeleg mykje. Dersom vi lastar slike laster i eit varmt fuktig klima, inneheld lasta mykje fukt. Når skipet på reisa passerer kaldare område, gir lasta frå seg fukt i form av kondens. Vi bør vere merksame på at det i

mange naturprodukt skjer ein biologisk prosess som produserer varme, vassdamp, karbondioksid og andre skadelege gassar. Ventilasjonen har som oppgåve å fjerne fukt, varme og skadelege gassar.

Ikkje-hygroskopiske stoff er faste stoff som stål og stålprodukt, maskinar, hermetikkboksar og liknande. Kondens på slike laster kan gi rustskadar og fargeendringar. Dersom vi lastar ei slik last i eit kaldt klima og på reisa kjem inn i eit varmt fuktig klima, kan vi få kondens.

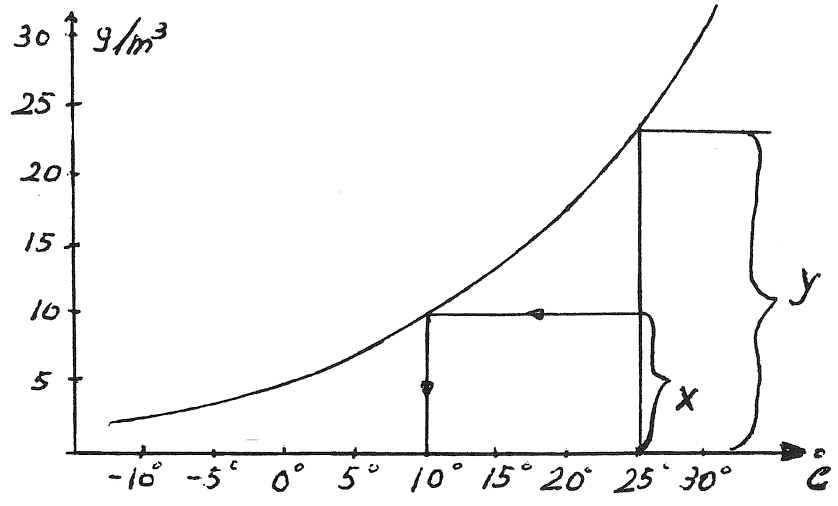
Litt meteorologi

Evna hjå luft til å ta opp vassdamp er avhengig av temperaturen. Tabellen viser kor mykje vassdamp (g/m³).

Temperatur °C	Vassdamp g/m³
– 10	2,4
0	4,8
5	6,8
10	9,4
15	12,8
20	17,3
25	23,0
30	30,3

Vi legg merke til at innhaldet av vassdamp frå 5 °C og oppover er omtrent likt talverdien av temperaturen. Den mengda vassdamp som lufta inneheld, kan vi gi i g/m³. Vi kallar det for den absolutte fukta. Det krev spesielt utstyr for å finne den absolutte fukta, og nemninga blir sjeldan brukt direkte. I praksis bruker vi relativ fukt.

Den relative fukta blir oppgitt i prosent og er lik forholdet mellom det aktuelle innhaldet av vassdamp som lufta har, og innhaldet av vassdamp lufta kan ha ved metting. Luft som er metta, har 100 % relativ fukt. På grunnlag av opplysningane i tabellen kan vi teikne opp ei kurve som viser mettingskurva for vassdampen, sjå figur 13.17.



Figur 13.17 Mettingskurve for vassdampen

Døme:
Ein luftmasse, x, ved 25 °C inneheld 9,4 g/m³ vassdamp.
Ved denne temperaturen kan massen maksimalt innehalde y = 23 g/m³ vassdamp før han er metta.

Den relative fukta blir: $= \frac{x \cdot 100}{y} = \frac{9{,}4 \cdot 100}{23} = 40{,}9\ \%$

Vi ser også at dersom luftmengda blir avkjølt til 10 °C, blir ho metta. Den temperaturen som ein luftmasse må avkjølast til for å bli metta, kallar vi doggpunktstemperaturen. Dersom vi kjenner temperaturen og doggpunktet til ein luftmasse, veit vi kor mange gradar luftmassen må avkjølast før han blir metta. Det er kjent frå meteorologien at doggpunktet og den relative fukta kan finnast ved hjelp av eit psykrometer (eit vått og eit tørt termometer). Det kan vi bruke når vi skal ventilere eit rom. Når vi kjenner temperaturen på lufta i lasterommet og doggpunktstemperaturen til lufta på dekk, kan vi bruke denne regelen:

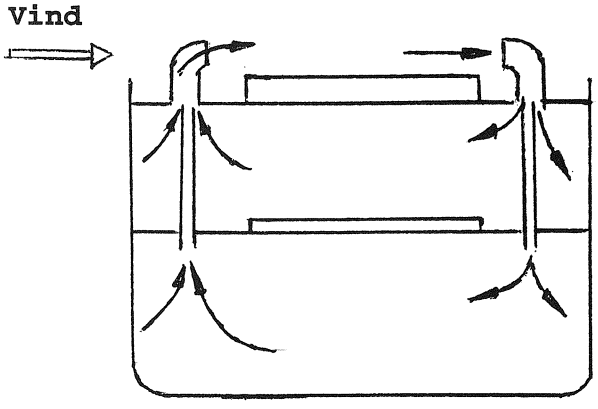
Når doggpunktstemperaturen til lufta på dekk er lågare enn temperaturen på lufta i rommet, kan vi ventilere.

Dersom lasta omfattar hygroskopiske stoff, kan regelen vere usikker. Ein sikrare regel er å måle doggpunktet til den lufta som blir sogen ut frå rommet, og samanlikne denne med doggpunktet til lufta som blir blåst inn. Vi får da regelen:

Når doggpunktet til lufta i rommet er høgare enn doggpunktet til lufta på dekk, kan vi ventilere utan fare for kondens.

Naturleg ventilasjon

Når rommet blir ventilert utan hjelp av vifter, kallar vi ventilasjonen naturleg. Eldre skip hadde fire luftrør til kvart rom, to på kvar side. Røra vart førte ned i romma med opning til dekka. På toppen var røra utstyrte med ei hette som kunne dreiast. I dårleg vêr med overvatn var det nødvendig å setje på ei seglduksheтte for at det ikkje skulle komme vatn i romma. Hettene som kunne dreiast, vart snudde etter vinden slik at det røret som førte luft ned, stod i le med opninga mot vinden, og det røret som førte luft ut, stod i lovart med opninga frå vinden. Da fekk vi betre luftsirkulasjon (sugeeffekt) enn om opningane var plasserte motsett. Figur 13.18 viser korleis ventilasjonssystemet verka.

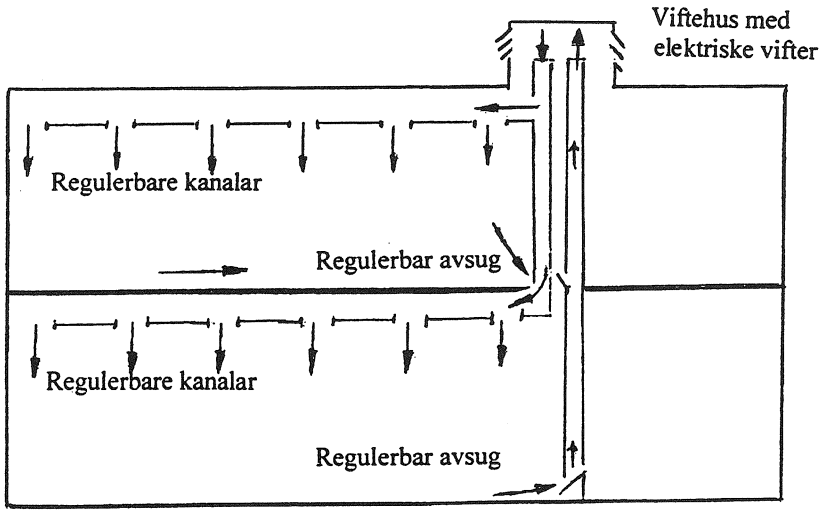


Figur 13.18 Naturleg ventilasjonssystem

Den naturlege ventilasjonen hadde mange manglar. Luftsirkulasjonen gjennom lasta var dårleg. Til overflateventilasjon kunne systemet verke bra, til dømes på kollaster der det berre skulle vere overflatesirkulasjon for å fjerne metangass. Laster som korn treng betre ventilasjon for å fjerne varme og fukt som kan få kornet til å spire, og mange stoff krev at fukta blir halden mest mogeleg konstant for at dei ikkje skal tørke ut. I dårleg vêr var det ikkje mogeleg å ventilere. Det naturlege ventilasjonssystemet er no meir eller mindre historie, og nyare skip er utstyrte med avanserte ventilasjonssystem der temperaturen og fukta kan kontrollerast svært nøye.

Mekanisk ventilasjon

Moderne skip er utstyrte med mekaniske ventilasjonssystem som er plasserte på dekket i godt verna viftehus. Elektriske vifter blåser luft inn i romma og fordeler ho i heile lengda av rommet gjennom kanalar som kan regulerast oppe under dekk. Det blir lagt avsug i senterlinja av rommet lågt nede, og ei elektrisk vifte syg lufta ut. Dei er ofte konstruerte slik at lufta kan resirkulerast. Det er vanleg at viftene kan startast og stoppast frå eit kontrollpanel. Figur 13.19 viser korleis systemet kan vere konstruert.



Figur 13.19 Mekanisk ventilasjonssystem (langskipssnitt)

Avfuktingsanlegg

Nyare skip har installert avfuktingsanlegg i samband med ventilasjonssystemet. Det finst fleire typar av desse anlegga. Det mest vanlege er å fjerne fukt ved å la lufta frå lasteromma passere gjennom eit kjøleelement. Vassdampen i lufta blir kondensert, og den tørre lufta kan resirkulerast i romma. Det ligg ein viss fare i bruken av slike anlegg, for dersom den relative fukta i romlufta blir for låg, kan lasta tørke ut. Helst bør lasta på heile reisa ha omtrent uendra fukt. Dekksoffiserane må setje seg nøye inn i korleis slike anlegg skal brukast.

Belastning på lasteutstyr

Skipskontrollen har også eit regelverk om laste- og losseutstyr. Det byggjer på ILO-konvensjon nr. 152. Alle styrkeutrekningar byggjer på Norsk Standard. Laste- og lossereiskapar som blir brukte om bord, skal ha sertifikat. Sertifikatet blir utskrive av ein sakkunnig person som skal vere godkjend av Sjøfartsdirektoratet. Vi skil mellom to typar sakkunnige personar:

- type A: sakkunnig person godkjend for førstegongssertifisering
- type B: sakkunnig person godkjend for periodisk sertifisering og sertifisering etter mindre reparasjonar av eksisterande laste- og losseutstyr

Nokre viktige punkt i regelverket frå Skipskontrollen:

Føring av kontrollbok og riggprotokoll

1 Ettersyn og tilsyn av laste- og losseinnretningar skal førast inn i ei kontrollbok fastsett av Sjøfartsdirektoratet i samsvar med den rettleiinga som er trykt i denne boka.
2 For å halde oversikt med dagleg overhaling og utskifting av laste- og lossereiskapar skal overstyrmannen på fartøyet, eventuelt føraren, fylle ut dei data det er krav om i del V i kontrollboka.
3 På fartøy med omfattande laste- og losseinnretningar kan overstyrmannen på skipet føre ein eigen riggprotokoll i staden for å fylle ut del I i kontrollboka. Protokollen skal ha rubrikkar for nemninga (namn, dimensjonar, merke, S.W.L., tal, sertifikatnummer) på den delen som er overhalt eller utskift, og plass til forklarande merknader, dato og underskrifter.
4 Kontrollboka, sertifikata og ein eventuell riggprotokoll skal alltid vere tilgjengelege for Skipskontrollen, styresmaktene i andre land og sakkunnige personar. Dei skal vere tilgjengelege i minst fem år frå datoen for siste notering.
5 Dersom det kjem skade på laste- og losseinnretningar, skal den skadde, utskifte delen liggje saman med sertifikatet, og Skipskontrollen skal kontaktast så snart det lèt seg gjere.

Merking av laste- og losseinnretningar

Bommar

1 Laste- og losseinnretningar og reiskapar skal vere merkte (meisling, køyrning, stålstempel) med den lovlege arbeidsbelastninga (S.W.L. = Safe Working Load) og sertifikat- eller merkenummer. Bommar og kraner skal merkjast med referansenummer som svarer til den plasseringa dei har i riggarrangementet eller situasjonsplanen, NS 2609, skjema 3, eller tilsvarande.
2 Bommar skal merkjast med lovleg arbeidsbelastning (S.W.L.) med enkelt part og for 15° vinkel, eller med den lågaste vinkelen større enn 15° som bommen eller bommane på grunn av arrangementet om bord kan senkast til. Døme: Nr. 3 S.W.L. 5 T 15°. Dersom den same

bommen kan lyfte 10 tonn når han er rigga med ei fast blokk og ei laus blokk, dobbelt part, blir merkinga slik: Nr. 3 S.W.L. 5–10 T 15°.

3 Tunglyftsbommar skal merkjast med den minste vinkelen og den største lasta bommen og reiskapane kan tole. Døme: S.W.L. 60 T 30°.

4 Dersom det er fare for steiling, må også den største tillatne bomvinkelen vere oppgitt. Døme: S.W.L. 15 T 15–60°.

5 Når to bommar arbeider saman i eit kopla bompar (union purchase), skal det vere innslått ei spesiell merking for det på eit eige skilt, oppsett på ein høveleg stad, mellom bommane eller mastene. Døme: Nr 3 + 4 S.W.L. (U) 2 T. (Her kan bom nr. 3 og bom nr. 4 koplast til eit bompar. Den maksimale lasta som kan lyftast, er 2 tonn.)

6 Bomnummer og S.W.L. skal skrivast med 80 mm høge tal og bokstavar, medan bomvinkelen kan vere oppgitt med tal som er 60 mm høge. Merkinga skal vere varig.

Kraner

1 Kraner med konstant S.W.L. for alle radiar skal merkjast med krannummer, tillaten arbeidsbelastning (S.W.L.) og minste og største radius for denne belastninga. Døme: Nr. 5 S.W.L. 5 T 4–14 M. (Kran nr 5 kan lyfte maksimalt 5 tonn med radius frå 4 til 14 m.)

2 Dersom S.W.L. varierer med radius på kranarmen, skal krana vere merkt med største og minste tillatne arbeidsbelastning og tilsvarande radius. Døme: Nr. 5 S.W.L. 15 T 5 M, S.W.L. 5 T 15 M. (Kran nr. 5 kan lyfte maksimalt 15 tonn med 5 m radius og maksimalt 5 tonn med 15 m radius.)

3 Krannummeret og S.W.L. skal vere skrivne med 80 millimeter høge tal og bokstavar, medan kranradius kan skrivast med 60 millimeter høge tal og bokstavar.

Det skal finnast handbøker om bord for alle typar kraner. Kranhandboka skal innehalde ei arrangementsteikning og ein fullstendig omtale om S.W.L. og S.W.M (Safe Working Moment), av minimum og maksimum kranarm eller bomvinkel osv.

Reiskapar og lause delar

1 Reiskapar og lause delar skal vere merkte i samsvar med krava nedanfor, og merkinga skal vere plassert slik at det er mogeleg å lese ho i heile den praktiske levetida til reiskapen.

2 Blokker, kjettingar, ringar, krokar, sjaklar, svivlar og liknande skal vere merkte med S.W.L.

3 Ståltau skal leverast med sertifikat der det er oppgitt eller påført kva for bom eller kran og kva for formål (mantel, toppreip, gjerde og liknande) ståltauet skal brukast for. Dersom ikkje heile ståltauet blir brukt til det formålet som er oppgitt, skal den lengda som blir brukt og ein eventuell rest, vere oppgitt i sertifikatet. Denne merknaden skal daterast og signerast av ein sakkunnig person ved førstegongskontroll og seinare av overstyrmannen, eventuelt av føraren dersom han er den einaste dekksoffiseren om bord.

4 Stropper skal merkjast med lovleg arbeidsbelastning med tydelege tal og bokstavar, anten på sjølve stroppen eller på ei plate eller ein ring av varig materiale som er fest til stroppen, eller den lovlege ar-

beidsbelastninga skal vere oppgitt på plakatar slik at det er lett å lese for alle. Ståltau utstyrt med presslås (talurit) skal merkjast med lovleg arbeidsbelastning (S.W.L.), som skal vere innslått på tauet.

5 Lyfteåk, grabbar og liknande skal merkjast med lovleg arbeidsbelastning (S.W.L.) i tillegg til vekta.

6 Ein sakkunnig person skal kontrollere at laste- og losseinnretningar er merkte i samsvar med denne paragrafen (§ 15 i regelverket frå Skipskontrollen).

Ettersyn og kontroll

1 Vi skal sjå over laste- og losseinnretningar minst ein gong kvar tolvte månad. Det årlege ettersynet skal omfatte kontroll og funksjonsprøving i tillegg til visuell kontroll med omsyn til strekk, slitasje, tæring, brot og sprekkar. Dersom delar blir utskifte, skal det nye sertifikatnummeret førast inn i kontrollboka og det gamle fjernast. Ein sakkunnig person eller overstyrmannen eller maskinsjefen på skipet (eller føraren på mindre fartøy) skal stå for det årlege ettersynet og føre kontrollboka.

2 Kvart femte år skal vi sjå etter og prøve laste- og losseinnretningane på skipet inngåande. Ettersynet skal vanlegvis omfatte fullstendig nedrigging og opning eller demontering av alle innretningar og reiskapar, slik at alle komponentar kan kontrollerast for sprekkar, slitasje, tæring og brot. Det femårlege inngåande ettersynet skal gjerast av ein autorisert eller kvalifisert verkstad. Ein sakkunnig person skal stå for dette ettersynet og skrive ut nye sertifikat og føre inn merknader i kontrollboka.

3 Dersom noko må endrast eller fornyast, skal det gjerast på ein autorisert verkstad.

Det er viktig å halde ved like laste- og losseutstyret. Det er ikkje nok å utsetje all inspeksjon til det er absolutt nødvendig. Tidlegare da offiserar og mannskap var om bord på det same skipet i lang tid, hadde ein god kontroll med utstyret. Men etter som seglingstidene vart kortare, vart det nødvendig å komme fram til gode vedlikehaldsrutinar, og i dag er det vanleg å bruke databaserte vedlikehaldsprogram. Slike system inneheld teikningar og arbeidsforklaringar for korleis vi skal gjere ettersynet og kontrollen. Programma inneheld også opplysningar om reservedelar, typar, merke, forhandlarar osv.

Reglar for bruk av laste- og losseinnretningar om bord

1 Før laste- og losseinnretningar blir tekne i bruk etter førstegongskontrollen og etter det femårlege inngåande tilsynet, skal Skipskontrollen kontrollere kontrollboka, sertifikatet og sjå til at det ligg føre ei tilfredsstillande riggteikning (eventuell kranhandbok) om bord. I tillegg skal Skipskontrollen prøve og kontrollere sikringsinnretningane på laste- og losseinnretninga.

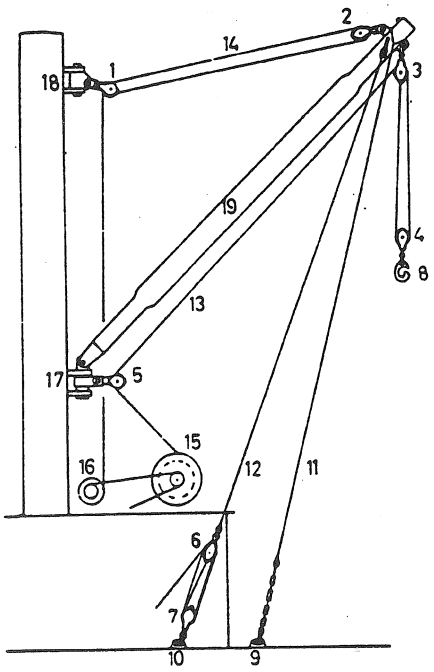
2 Før vi lastar og lossar og når vi bruker laste- og losseinnretningane, skal vi ettersjå dei så langt det er nødvendig og føre merknader inn i dekksdagboka.

3 Laste- og losseinnretningar må aldri belastast ut over den lovlege arbeidsbelastninga.
4 Kraner og bommar skal berre brukast til å heise og låre last i vertikal retning, med mindre det klart går fram av kontrollboka eller kranhandboka at arrangementet er spesielt bygd for annan bruk (til dømes kopla bommar).
5 Når vi bruker bommar eller kraner for å køyre av eller på luker, skal mantelwiren gå via ei kasteblokk plassert vertikalt under lasteblokka eller kranskiva.
6 Når vi bruker laste- og losseinnretninga på fartøyet, er skipsføraren ansvarleg for at det blir brukt passande reiskapar.
7 Ingen person må setjast til arbeid i område der det blir lasta eller lossa.
8 Vi må vere særleg aktsame når arbeidsplassen i lasterommet er avgrensa til plassen under lukeopninga.

Lyfteutstyr – kraftfordeling

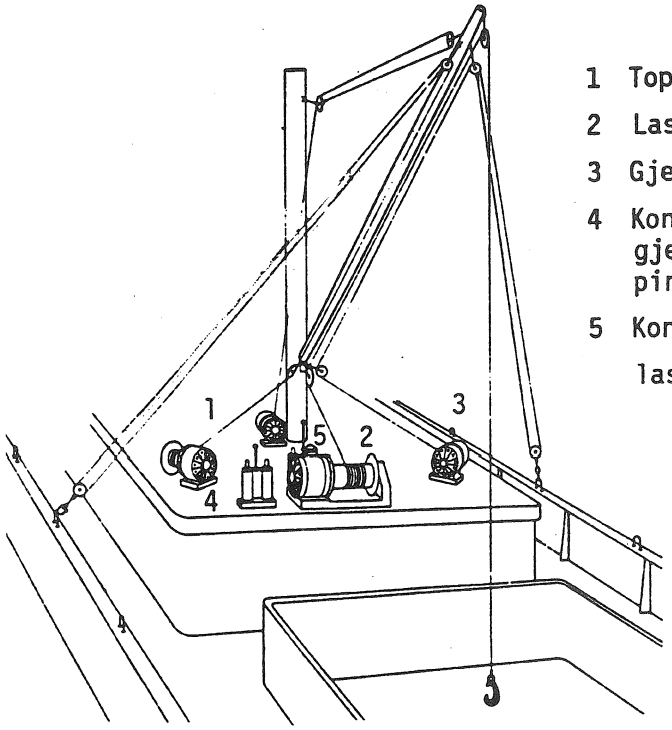
Lyfteutstyr kan delast inn i to hovudgrupper:
1 bommar
2 kraner

På konvensjonelle stykkgodsskip var det vanleg med faststående bommar som var rigga slik at dei kunne koplast saman. Utviklinga har gått i retning av svingande bommar, som er mest vanleg på mindre skip i dag. Figur 13.20 a viser ei skisse av ein enkel bom, og 13.20 b viser ein svingande bom av Brattvaag-typen. Slike bommar er rimelege i innkjøp og kan erstatte dyre kraner. Figur 13.21 a viser kopla bommar (union purchase). Den eine bommen er rigga over luka og den andre over kaia. I ei slik kopling er S.W.L. langt mindre enn for enkle bommar eller svingande bommar, men dei er raske, og kopla bommar har vore den mest brukte metoden om bord på stykkgodsskip. På nyare skip er kraner mest vanlege. Roterande kraner er mest praktiske, og denne typen blir brukt på stykkgodsskip. Figur 13.21 b viser ei skisse av roterande kraner. To og to kraner eller alle fire kan koplast saman. På bulkskip og spesialskip blir det ofte brukt portalkraner. Slike kraner kan køyre i langskipsretninga på skjener, og dei er utstyrte med utliggjarar som kan svingast. Lasta blir ført rettlinja, og laste-/lossefarten kan bli stor. Kranene er tunge og gjer at skipet får eit høgt tyngdepunkt. Dei er også dyre i innkjøp.



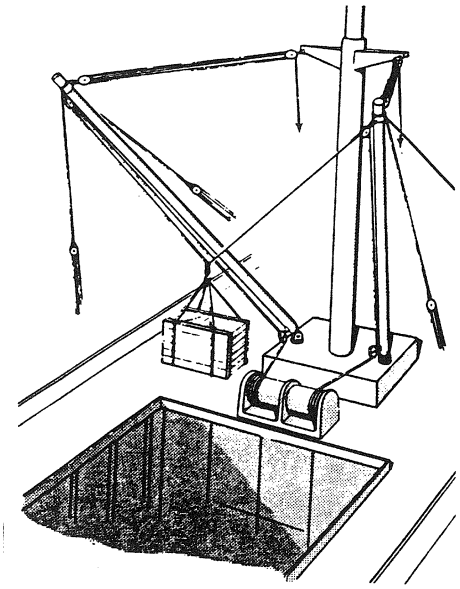
1 Topprepblokk, mast
2 Topprepblokk, bomnokk
3 Lasteblokk
4 Høneblokk
5 Fotblokk
6 Gjerderblokk
7 Gjerderblokk
8 Lastkrok
9 Preventerfeste
10 Gjerderfeste
11 Preventer
12 Gjerder
13 Manteltau/lastetau
14 Toppreip
15 Lastevinsj
16 Toppingvinsj
17 Bomnål
18 Toppetaubeslag
19 Bom

Figur 13.20 a Enkel bom

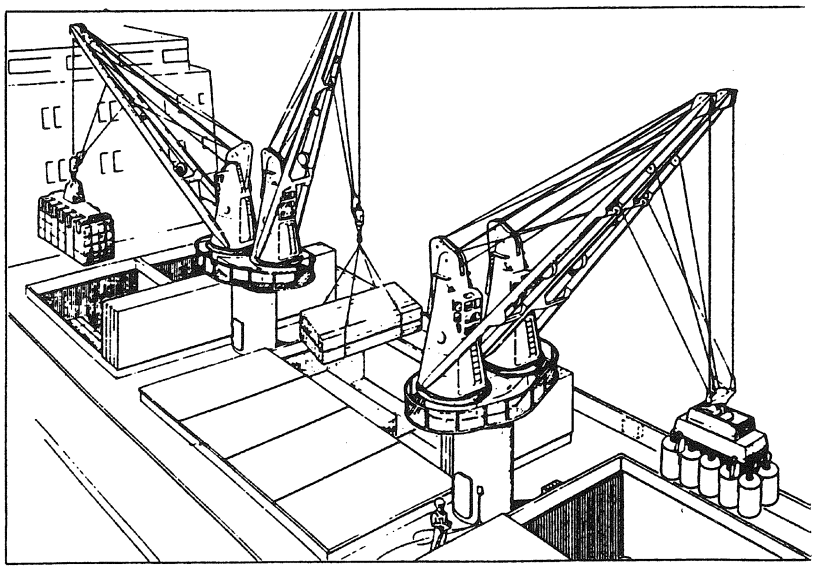


1 Toppingvinsj
2 Lastevinsj
3 Gjerdervinsj
4 Kontrollar for gjerder- og toppingvinsj
5 Kontrollar for lastevinsj

Figur 13.20 b Svingande bom



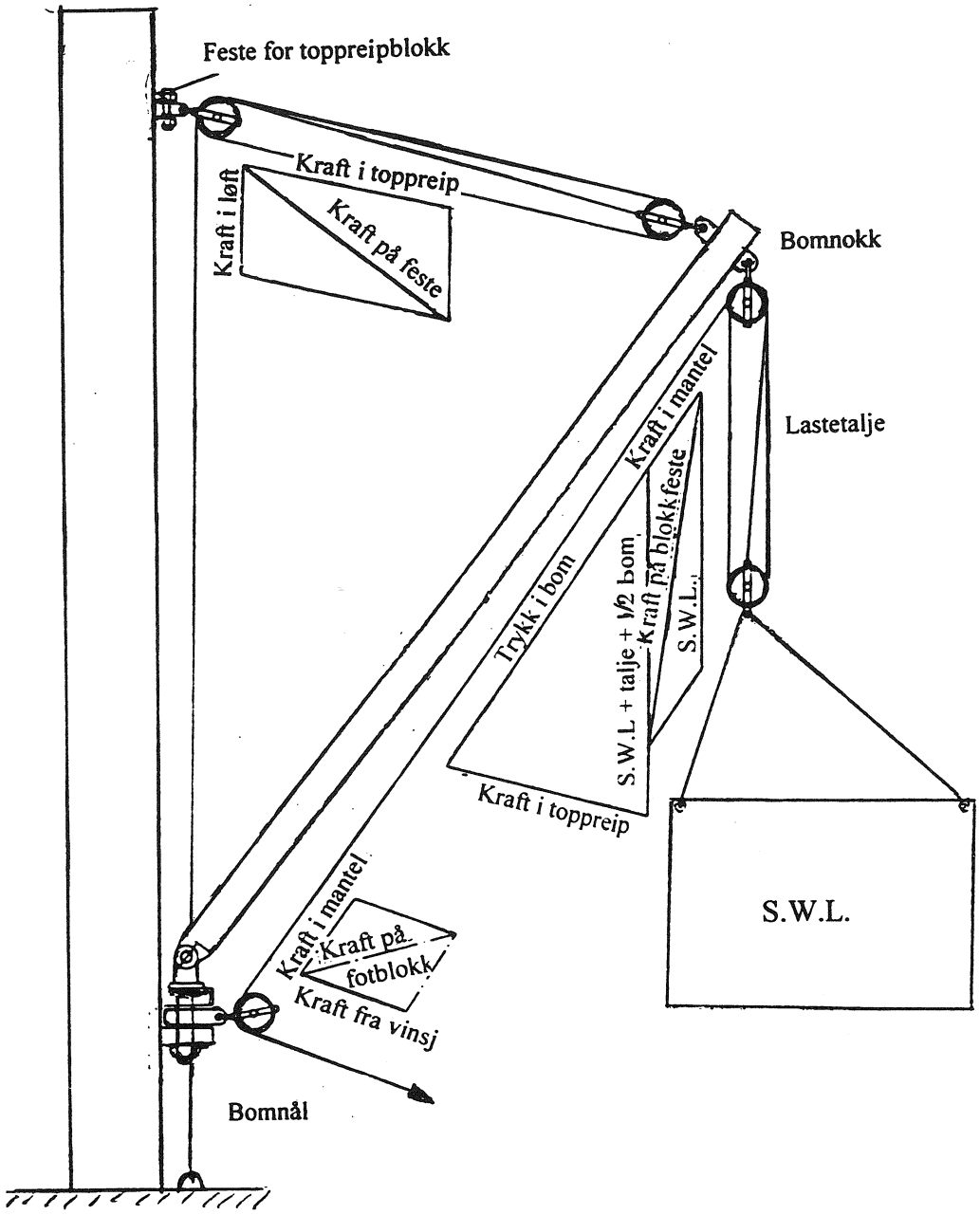
Figur 13.21 a Kopla bommar



Figur 13.21 b Roterande kraner

Kraftfordeling i bommar

Bomarrangementet verkar i stor grad inn på kraftfordelinga i dei ulike delane av bommen og i dei ulike komponentane. Forholdet mellom lengda på bommen og avstanden mellom fotblokka og festet for topprepblokka og vinkelen som bommen lagar med masta, er viktigast for kraftfordelinga. Når forholdet mellom lengda på bommen og festet for topprepblokka aukar, aukar også trykket i bommen. Når bommen er lang, bør festet for topprepblokka vere høgt. Figur 13.22 viser ein grafisk metode for å finne kraftfordelinga i komponentane.

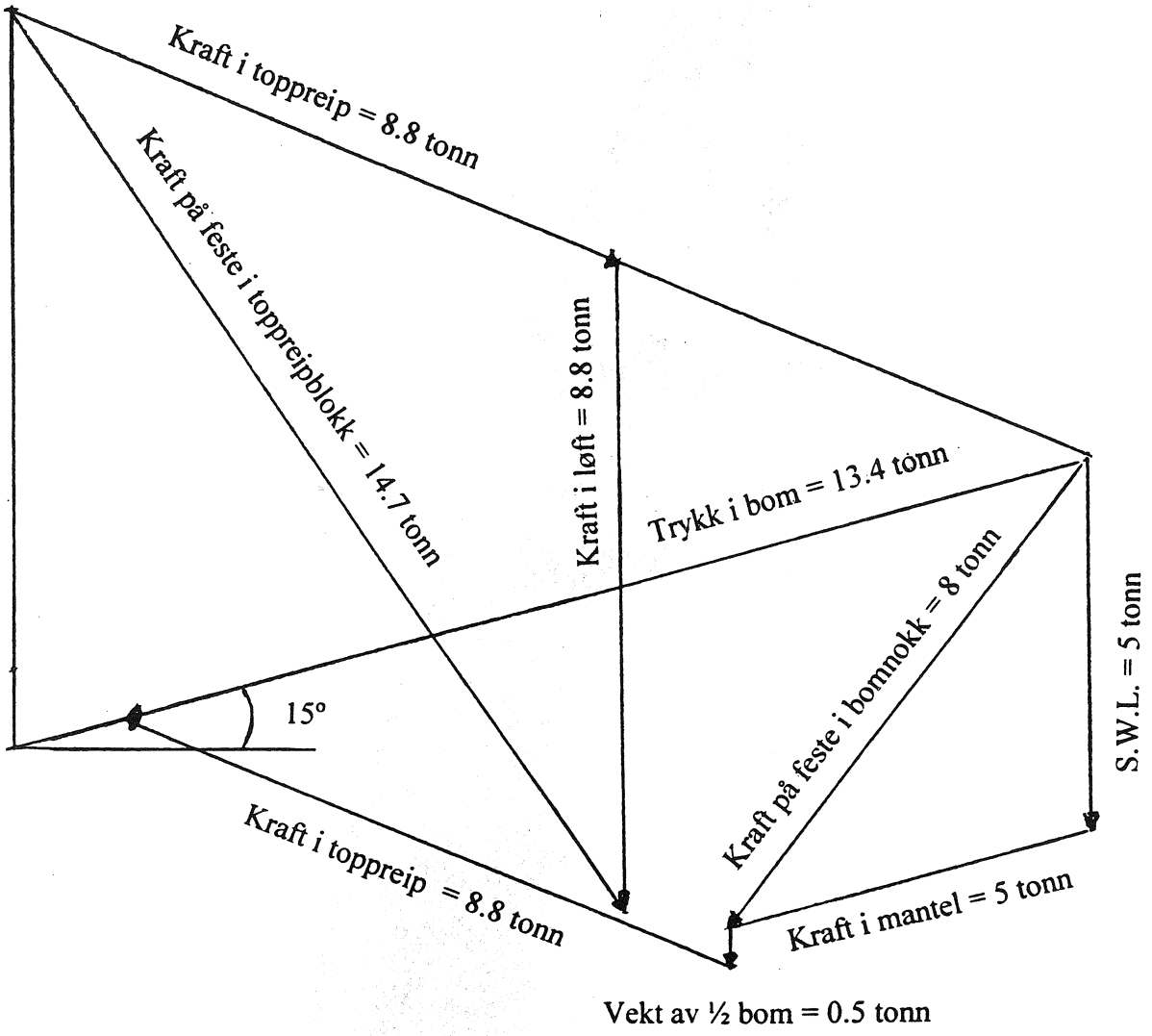


Figur 13.22 Kraftfordeling i ein bom

Den grafiske metoden går ut frå at vekta av bommen er fordelt med halvparten på bomnokken og halvparten på bomnåla. I tillegg til S.W.L. kjem vekta av blokka og taljen som er feste i bomnokken. Lasteblokka har tre berande partar, og krafta i mantelen blir tilnærma 1/3 S.W.L. Topprepet har to berande partar, og krafta i lyftet blir tilnærma halvparten av krafta i topprepet.

Døme 13. 3
Ein bom med S.W.L. 5 T 15° er 15 m lang. Festet for topprepblokka er 10 m over bomnåla. Bommen veg 1,0 tonn. Mantelen går over fastblokkfestet i bomnokken, og lyftet eller topprepet går over topprepblokka og er feste direkte i bommen. Vi får såleis inga kraftvinning for lasta eller lyftet (for å gjere konstruksjonen enkel). Finn krafta på festet i bomnokken, trykket i bommen og krafta på festet for topprepblokka når vi lyfter 5 tonn.

Løysing:
Vi bruker skala 1 tonn = 1 cm og 1m = 1 cm



Figur 13.23

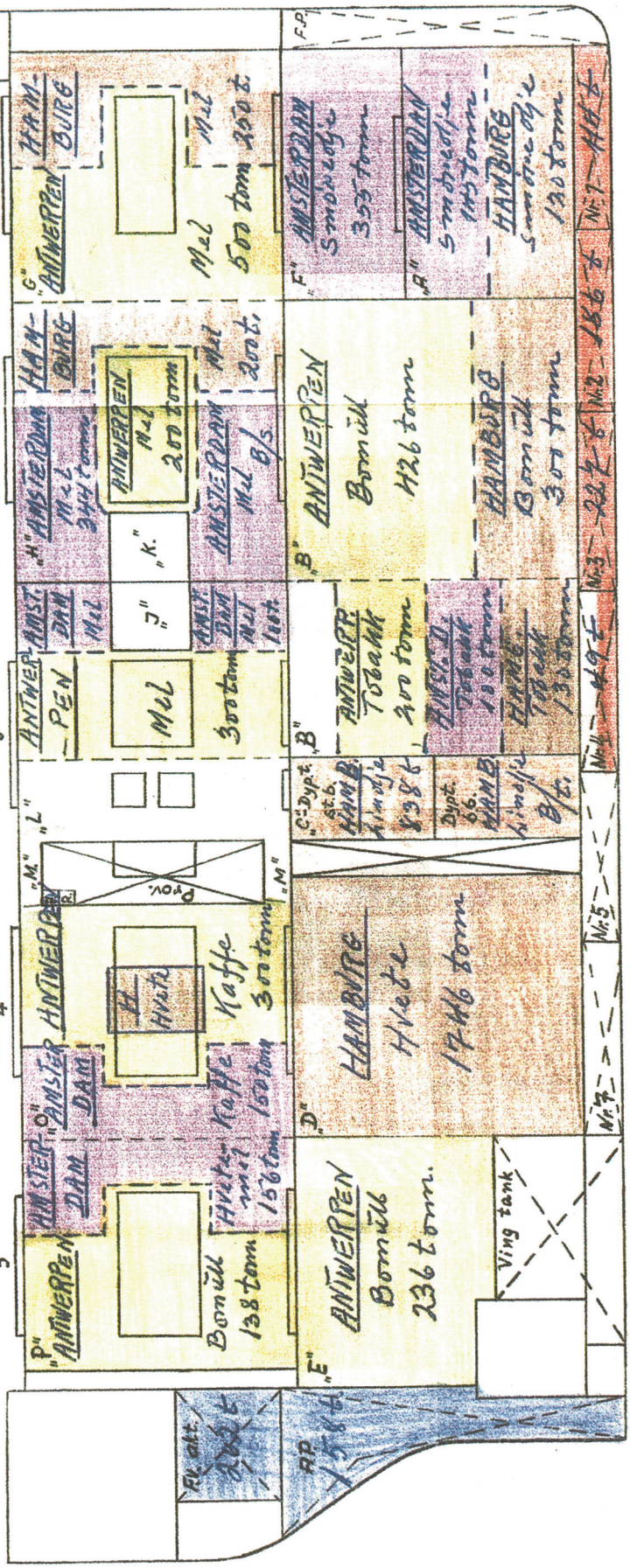
Grafisk løysing

Den grafiske metoden er tilnærma. Vi har heller ikkje teke omsyn til friksjon i blokkene og stivleik i wirane. For å vise kraftfordelinga i komponentar er metoden god nok.

Når utstyret på skipet blir brukt til lasting og lossing, må vi ikkje gå ut over den S.W.L og dei vinklane som er tillatne. Kraftfordelinga i kopla bommar er meir komplisert ettersom kreftene ikkje ligg i same plan, og vi går ikkje nærmare inn på det her. Vi skal vere merksame på at S.W.L. er gitt for vertikal kraft (hengande last). Vi bør unngå skrått drag i mantelen fordi krafta i topprepet da kan bli svært stor, og det kan lett skje uhell. I verste fall kan festet ryke og bommen falle ned.



Figur 13.5 b Kombinert roll-on/roll-off-, container- og palleskip (gjengitt med tillatelse fra Det Stavangerske Dampskipsselskap)



Figur 13.6 b Lasteplan for et konvensjonelt stykkgodsskip

Oversikt over nokre vareslag

1 **Aluminium** blir vanlegvis frakta i buntar. Stuvingsfaktor (SF) 0,50–0,64 m³/t.

2 **Bananar** blir no ofte frakta i kartongar. Tidlegare var det vanleg med buntar. Krev kjøling 12–13 °C og ozonanlegg for å fjerne lukt. SF kartongar: 3,63–3,90 m³/t. SF buntar: 3,62–4,18 m³/t.

3 **Bomull** blir skipa i samanpressa ballar. Kor hardt bomulla er pressa saman avgjer stuvingsfaktoren. I linjefart ofte skipa i containerar.
Frå India: SF 1,53–1,67 m³/t.
Frå Australia: SF 3,62–3,76 m³/t.
Frå Tyrkia: SF 3,07–3,62 m³/t.
Frå USA: SF 2,17–3,76 m³/t.
Frå Kina: SF 1,39–1,67 m³/t.
Bomull er svært brannfarleg og kan vere sjølvtenneleg. Må haldast tørr. Våte ballar må avvisast. Vi må ikkje tillate røyking når det blir lasta eller lossa bomull. Brannutstyret må vere i orden før vi lastar. Når vi lastar og lossar, må brannslangar vere klar til bruk.

4 **Bønner** ulike typar. Blir skipa i bulk eller sekker. Krev god ventilasjon.
Kaffibønner blir nesten alltid skipa i sekker. Store produsentar er Brasil, Colombia, Mellom Amerika, Vest-Afrika og Aust-Afrika. SF 1,72–2,09 m³/t. Kaffibønner er svært vare for lukt. Må stuvast tørt og ikkje i same rommet som våt eller fuktig last. Må ikkje stuvast i same rommet som bomullsfrø, te eller røykt gummi.
Kakaobønner blir vanlegvis skipa i sekker. SF 2,0–2,15 m³/t. Lett for å bli oppheta og krev svært god ventilasjon. Bør stuvast tørt, helst på mellomdekk. Store produsentland er Trinidad, Brasil, Venezuela, Mexico, Filippinane, Ghana, Nigeria.
Soyabønner blir skipa i bulk eller i sekker. SF bulk 1,23–1,28 m³/t. SF sekker: 1,35–1,81 m³/t. Store produsentar er Vest Afrika, Austen, USA. Krev god ventilasjon.

5 **Dolomite** eit karbonat av kalsium og magnesium. Blir skipa i bulk. SF 0,56–0,65 m³/t.

6 **Dadlar** blir skipa i kassar eller korger, våt eller tørr. Store produsentar er Tunis, Den persiske golfen, Austen. SF kassar, våt: 1,14–1,20 m³/t, SF kassar, tørr: 1,25–1,39 m³/t. I våt tilstand må vi ha god drenering. I tørr tilstand må dei behandlast som matvarer og ikkje stuvast saman med last som luktar.

7 **Egg** blir skipa i kartongar eller kassar. Blir frakta i kjølerom eller kjølecontainerar. Krev kjøling ved om lag 2 °C. Må ikkje fryse.

8 **Espartogras** blir skipa i ballar. Blir brukt til å framstille papir, tauverk osv. Produsentar er land i Nord Afrika og Sør Europa. Kan vere sjølvtenneleg. SF 2,83–4,25 m³/t.

9 **Eple** blir skipa i kassar, kartongar eller i tønner. SF kartongar: 2,51–2,79 m³/t. Treng god ventilasjon. Blir vanlegvis skipa i kjølerom eller kjølecontainerar. Temperaturen bør liggje på om lag 1 °C. Må ikkje stuvast i same rom som kjøtt, smør eller ost på grunn av fare

for luktskade. Eple gir frå seg karbondioksidgass, som igjen kan skade frukta. Epla absorberer gassen og kan få brune flekker som set ned kvaliteten. For å redusere faren for slik skade er det vanleg å pakke epla inn i kjemisk behandla papir som absorberer gassen. Vi bør ha god kontroll med karbondioksidinnhaldet i rommet. Akseptert verdi er om lag 2 %.

10 **Fiskemjøl** blir skipa i sekker eller i bulk. SF sekker: 1,73–1,81 m³/t. SF bulk: 1,34 m³/t. Fiskemjøl kan vere sjølvtenneleg og må ha svært god ventilasjon for at det ikkje skal bli overoppheta. I sekkelast er det vanleg å stuve sekkene slik at det blir eit mellomrom mellom radene. Ein vanleg metode er å stuve sekkene langskips med ein avstand på 15–23 cm for annakvar rad. På den måten får vi god ventilasjon i lasta. For kvar tredje tir (lag) bør vi leggje langskips dunnasje slik at kvart dunnasje overlappar naboen, og slik at enden av kvar linje ligg mot tverrskipsskottet i rommet. For kvar sjuande tir bør vi leggje tverrskips dunnasje. På dei siste tre laga bør sekkene stuvast på langskips dunnasje for å stabilisere stuvinga. Fiskemjøl i bulk må ha tilsvarande god ventilasjon. Bruk av inertgass i rommet (tankane) kan gjere ventilasjon overflødig.

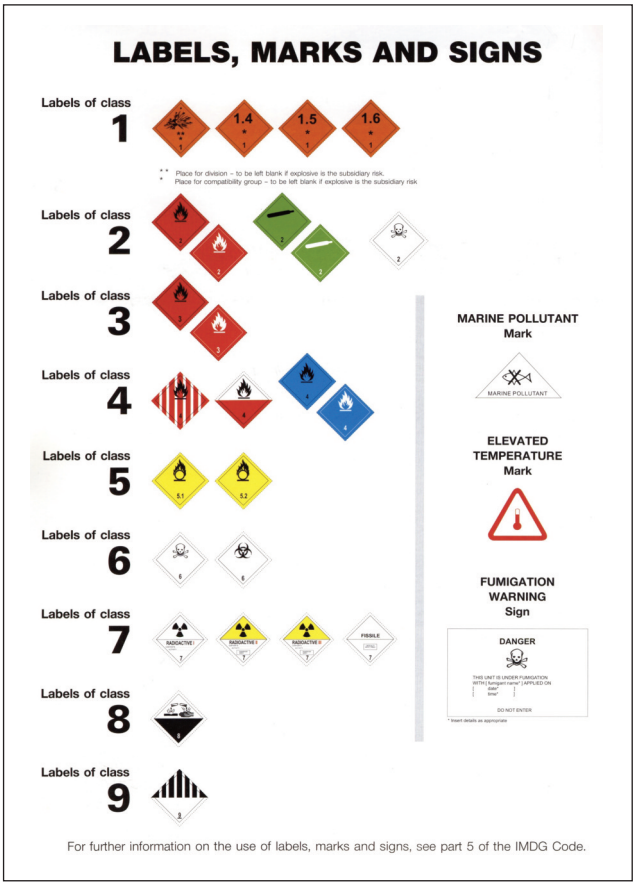
11 **Fisk** blir skipa både i bulk og i sekker, kartongar og kassar. For kjølt og frosen fisk, sjå kjøle-/fryselast.
Tørrfisk blir vanlegvis skipa i ballar. Gir frå seg sterk lukt og må haldast skild frå matvarer som kan ta skade av lukt. Papir og tørrfisk bør ikkje stuvast i same rommet ettersom papiret kan ta opp lukt, og vi kan få store erstatningskrav. Stuvingsfaktoren varierer med kor hardt samanpressa buntane eller ballane er. SF om lag 3,5–4 m³/t. Det har no vorte vanleg å skipe tørrfisk i containerar. I 20-fots containerar blir det frakta mellom 200 og 220 buntar på 45 kg.
Klippfisk blir vanlegvis skipa i kassar. Toler ikkje altfor høg temperatur. Bør stuvast i kjølerom dersom temperaturen på reisa kjem over 7–8 °C. SF om lag 1,7–2,0 m³/t.
Salta fisk blir skipa i ballar, kassar eller sprinkelkassar. Gir frå seg lake og sterk lukt. Bør skipast som kjølelast over lengre avstandar, temperatur om lag +1 °C. SF om lag 1,95–2,23 m³/t.

12 **Guano** er fossilt gjødsel etter sjøfuglar. Blir skipa i bulk eller i sekker frå øyar i Stillehavet og frå vestkysten av Sør-Amerika. Må ikkje komme i kontakt med sjøvatn. Regnvatn speler mindre rolle. Må haldast skild frå nitrat av soda, som også blir skipa frå søramerikanske hamner. SF bulk : 1,11 m³/t, SF sekker: 1,17–1,23 m³/t.

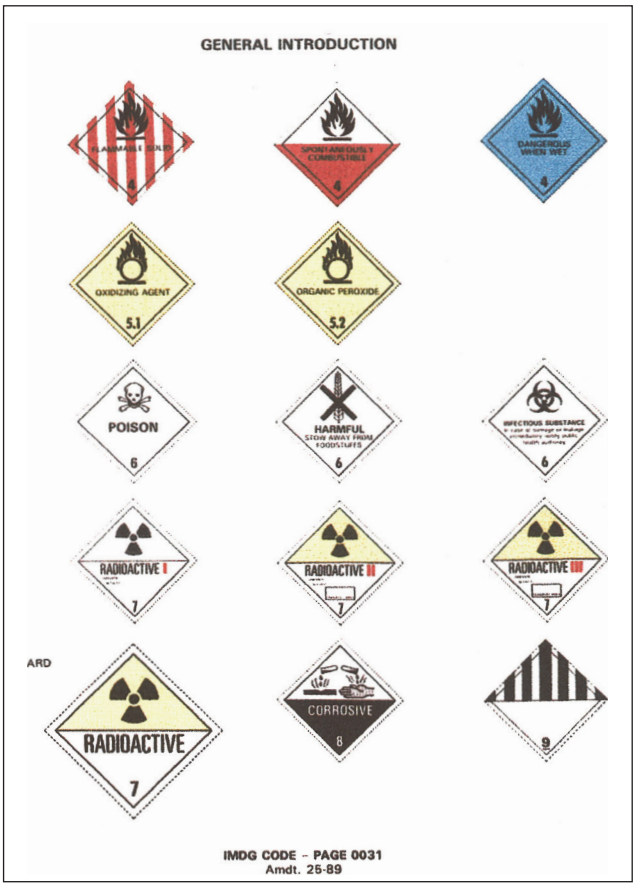
13 **Gummi** blir skipa i ballar, sekker og plater. Gummi er den koagulerte safta frå tropiske tre. Storparten av gummien kjem frå gummitreet, som opphavleg kom frå Brasil, men som no blir dyrka i Malaysia, Indonesia, India, Sri Lanka osv. Rågummi blir skipa anten i plater eller i samanpressa blokker, pakka i kassar, ballar eller sekker. Kan ta skade i kontakt med olje eller syre og i kontakt med varme. Må ikkje stuvast saman med te. Røykt gummi kan gi frå seg sterk lukt som kan skade anna last, blant anna kaffi. Bør stuvast på eit jamt underlag. For stor stuvingshøgd kan skade dei ballane som ligg under. SF kassar: 1,9–1,95 m³/t. SF ballar/sekker: 1,81–1,87 m³/t. SF plater: 1,67 m³/t. SF pressa blokker: 3,34 m³/t.

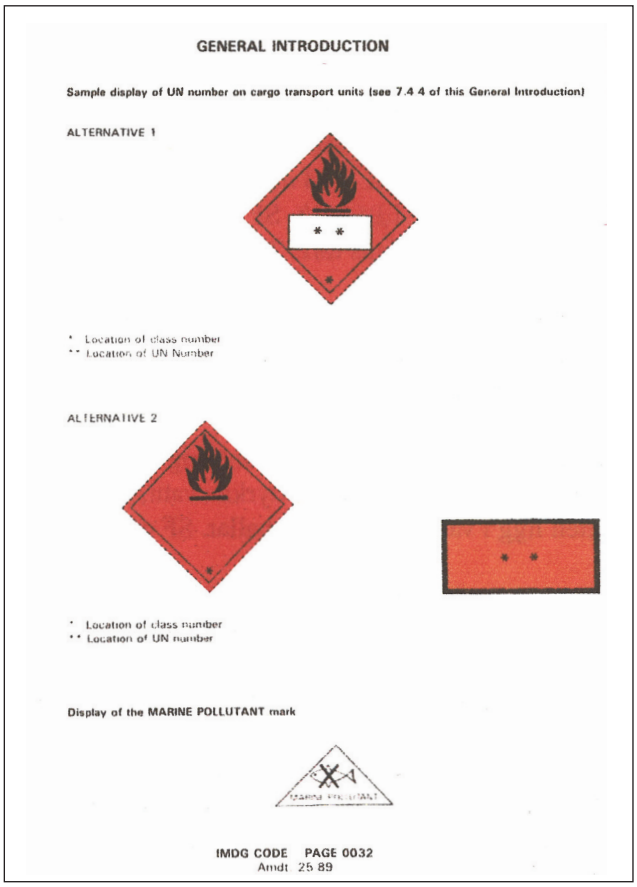


Figur 13.16 b Skip som laster tømmer – bilde fra boken Thomas Stowage by author Captain Thomas. Tillatelse gitt av Publisher Brown, Son & Ferguson LTD, Glasgow, U.K.









Figur 14.1 Fargesymboler for farlig gods.

14 **Gummilateks** er saft frå gummitre som er tilsett kjemikal slik at safta ikkje koagulerer. Ammoniakk blir rekna for å vere det beste tilsetjingsstoffet. Kreosot blir også brukt som tilsetjingsstoff. Blir skipa i bulk eller i fat. Det vanlege er at lateks blir skipa i djuptankar. Her er det viktig at ammoniakken ikkje lek ut. I så fall er det uråd å få ut lasta på vanleg måte. Alle avløp, lufterør osv. må vere heilt tette. Tanken med lateks må vere absolutt lufttett. På kvar tank skal det vere installert ein sikringsventil som skal verne mot ekspansjon av ammoniakkgass og andre gassar. Tanken må dekkjast med eit lag parafinvoks før lateksen blir teken inn. Lateks blir pumpa om bord i tanken med pumper frå land, lekterar osv. Når vi skal losse gummilateks, bruker vi pumper eller trykkluft som mottakaren er ansvarleg for. Etter at vi har lossa, må tanken spylast med vatn så snart som råd. SF bulk: 1,03 m³/t. SF fat: 1,38–1,53 m³/t.

15 **Hamp** er fiber frå ulike plantar. Blir dyrka i Russland, Austen osv. Brukt til tauverk, papir, seglduker osv. Blir skipa i ballar. SF samanpressa ballar: 2,56–2,93 m³/t. SF samanpressa med stor tettleik: 1,39–1,67 m³/t. SF upressa ballar: 6,13–6,97 m³/t. I 20-fots containerar kan ein ta rundt 60 ballar laust samanpressa. Samanpressa med stor tettleik er 75 ballar per TEU normalt.

16 **Huder** blir skipa i tørr eller våt tilstand. Tørre huder må ikkje stuvast saman med våte huder. Våte huder er vanlegvis salta og gir frå seg lake. Blir skipa i bulk, tønner, fat, ballar eller buntar. Gir frå seg sterk lukt og må haldast skilde frå varer som kan ta skade. Våte huder i bulk bør stuvast i underrom eller i djuptankar, og vi bør ha god drenering. Når vi stuvar lause huder, må alle huder liggje flatt med hårsida opp. Eit lag med salt på minst 150 mm bør leggjast over det øvste laget. God ventilasjon er nødvendig for å fjerne lukt og hindre at hudene ikkje blir nedbrotne eller skader anna last. SF tønner: 1,67 m³/t. SF fat: 1,53 m³/t. SF buntar/ballar: 1,39–1,67 m³/t. SF sekker våt: 1,81–1,95 m³/t. SF sekker tørr: 2,09–2,23 m³/t. SF laus våt: 1,95 m³/t. SF laus tørr: 2,79–4,18 m³/t.

17 **Jernmalm** blir skipa i bulk. Hematitemalm inneheld om lag 70 % metall. SF 0,33/0,42 m³/t. Magnetite inneheld om lag 51 % metall. SF 0,70 m³/t.

18 **Jute** er fiber av ein indisk plante og blir brukt i produksjonen av teppe, tauverk osv. Jute blir dyrka i vatn, og fibrane blir frigjorde når juten ligg i vatn. Blir skipa i ballar. SF om lag 1,81–1,87 m³/t.

19 **Kopar** blir skipa i berrar, coilar eller i fat. SF berrar: 0,2–0,33 m³/t. SF coilar: 0,84 m³/t. SF fat: 0,39–0,42 m³/t.

20 **Kol** blir skipa i bulk SF 1,08–1,39 m³/t. Sjå spesielle laster.

21 **Koparkonsentrat** blir skipa i bulk eller i sekker. SF bulk > 0,39–0,50 m³/t. SF sekker: 0,61–0,78 m³/t. Kan vere sjølvtenneleg. Kan skade anna last og må ikkje stuvast saman med kaffi, korn osv. Sjå spesielle laster.

22 **Kopra** blir vanlegvis skipa i bulk. Mindre parti blir skipa i sekker. Kopra er den tørka kjernen i kokosnøtter. Han er brannfarleg, og vi må ikkje røykje eller bruke open flamme ved opne luker. Han kan

vere sjølvtenneleg. SF bulk: 2,65–3,07m³/t. SF sekker: 1,95–2,09 m³/t.

23 **Korn** blir skipa i bulk eller i sekker. Vanlege kornslag er kveite, bygg havre og mais. Store produsentar er USA, Canada, Argentina og Australia. SF bygg, bulk : 1,45–1,67 m³/. SF bygg, sekker: 1,67–1,81 m³/t. SF kveite, bulk: 1,25–1,39 m³/t. SF kveite, sekker: 1,34–1,48 m³/t. SF havre, bulk: 1,78–1,89 m³/t. SF havre, sekker: 1,95–2,09 m³/t. SF mais, bulk: 1,34–1,48 m³/t. SF mais, sekker: 1,39–1,67 m³/t. Sjå kornlasting.

24 **Mjøl** blir skipa i sekker. Vanlegvis er det kveitemjøl. Må stuvast tørt og haldast unna last som luktar, og last som gir frå seg fukt (trelast, oljehaldige varer osv.). SF om lag 1,4–1,6 m³/t. Blir no ofte skipa i containerar.

25 **Molasses** blir skipa i bulk om bord på tankskip eller i djuptankar på stykkgodsskip. Blir også frakta i tønner eller fat. SF bulk: 0,74 m³/t. SF tønner/fat: 1,39–1,67 m³/t. Molasses blir framstilt av brunt sukker. Når molasses blir frakta i tankar, må han varmast opp (heating coils med steam) for å hindre at han stivnar. Temperaturen skal vere om lag 32 °C. Temperaturen må ikkje komme over 40 °C, da kan lasta ta skade.

26 **Papir** blir skipa i rullar, ballar eller kassar. SF rullar: 1,2–2,65 m³/t. SF ballar: 1,3–1,8 m³/t. Papir blir framstilt av tremasse, espartogras, jute osv. Store produsentar er Skandinavia, Canada og USA. Utsett for mekanisk skade. Må stuvast tørt. Rullar blir ofte stuva ståande på pallar. Liggjande rullar må stuvast slik at dei ikkje kan forskyvast. Langskips stuving er mest vanleg.

27 **Salt** blir skipa i bulk, tønner eller sekker. Store parti blir skipa i bulk, men mindre parti blir skipa i sekker eller tønner. SF bulk: 0,98–1,11 m³/t. SF tønner: 1,39–1,45 m³/t. SF sekker: 1,06–1,11 m³/t. Før vi lastar i bulk er det vanleg å vaske rommet med ein kalkoppløysning.

28 **Sukker** blir skipa i bulk eller i sekker. Før vi lastar i bulk, må romma vere godt reingjorde. Må haldast tørr og ikkje bli overoppheta. SF bulk: 1,11–1,25 m³/t. SF sekker: 1,28–1,34 m³/t. Store produsentar er Australia, Brasil, Cuba, Jamaica, Filippinane, Java og San Domingo.

29 **Te** blir skipa i sekker eller boksar. Teen er utsett for lukt og må ikkje stuvast saman med huder, kopra, sukker eller olje, og vi må ha god ventilasjon. Luft via ventilasjonssystemet frå andre rom må ikkje komme inn i same rommet som teen er stuva i. Må stuvast tørt for ikkje å miste aroma. Store produsentar er Kina, India, Sri Lanka og Japan. Blir no ofte pakka i papirsekker og frakta i containerar. SF 2,79–3,07 m³/t.

30 **Ull** blir skipa i ballar eller store sekker. Stuvingsfaktoren er avhengig av kor hardt samanpressa ulla er og varierer frå 5,099 til 7,932 m³/t. Vi skil mellom reinsa og ureinsa ull. Dei må ikkje stuvast saman. Store produsentar er Australia, New Zealand, USA, Sør-Amerika, Sør-Afrika og Austen. Må stuvast tørt. Vi må ikkje ta om bord våt ull. Somme ulltypar kan vere sjølvtennelege. Når vi lastar,

må vi ikkje røykje eller bruke open eld nær lukene. Det er no vanleg å skipe ull i containerar.

Vi viser til Thomas Stowage for fleire og meir utførlege opplysningar om vareslaga.

Arbeidsoppgåver

1 Nemn ein del forhold som vi må ta omsyn til når vi skal planleggje korleis vi skal laste stykkgods.
2 Gi ei oversikt over forhold som vakthavande offiserar må passe på når det blir lasta og lossa stykkgods.
3 Nemn viktige forhold ved stuasje og sikring av last.
4 Gi ei oversikt over kva lastesikringsmanualen skal innehalde.
5 Nemn viktige reglar som omfattar sikring av containerar.
6 Gi ei oversikt over tilrådingar som gjeld stuasje og sikring av rullande last.
7 Kva må vi spesielt passe på når vi skal ta om bord tunge lyft?
8 Gi ei oversikt over tiltak vi må setje i verk når vi skal laste tømmer.
9 Nemn ein del forhold som gjeld dekkslast.
10 Kva for eigenskapar har hygroskopiske stoff?
11 Når vi ventilerer eit rom utan å bruke vifter, kallar vi det naturleg ventilasjon. Ta utgangspunkt i eit skip som har lasta stykkgods og sekkelast med mjøl i eit varmt og fuktig klima, og som derfrå segler mot kaldare område. Kva for problem kan det føre til, og korleis skal vi handle med omsyn til ventilering?
12 Ta utgangspunkt i at det same skipet er utstyrt med mekaniske ventilasjonssystem og temperaturmålarar. Kva for reglar vil du no bruke for å ventilere romma?
13 I samband med ventilasjon er det vanleg å bruke avfuktingsanlegg. Kva for fordelar og ulemper har slike anlegg?
14 Kva for reglar gjeld for ettersyn og tilsyn av laste- og losseinnretningar?
15 Ein bom er merkt slik: Nr. 4 S.W.L. 5–10 T 15°. Kva tyder det?
16 Kva er du pliktig til å gjere dersom du skifter ein mantelwire om bord?
17 Nemn ein del forhold vi pliktar å gjere når vi bruker utstyret på skipet til lasting og lossing.
18 Ein bom er 11 m lang og har ein vinkel med horisontalen på 34°. Festet for topprepblokka er 9 m over bomnåla. Vekta av bommen er 1 tonn. Finn krafta i bomnokken, trykket i bommen og krafta på festet i topprepblokka når vi lyfter 5 tonn. Mantelen går over fast blokk, og lyftet er fest direkte i bommen.

14 Farlig last – spesielle laster

Transport av farlig gods med skip har økt vesentlig i de senere årene. Før regnet vi stort sett bare sprengstoff og brannfarlige væsker som farlig gods, men den rivende utviklingen innen kjemisk og petrokjemisk industri, har ført til et stadig større forbruk av farlige stoffer og derved et økt transportbehov. Med farlige stoffer regner vi stoffer som kan utgjøre en fare for helse, miljø og sikkerhet. Mange stoffer utgjør en stor helsefare ved hudkontakt, innånding eller inntak via fordøyelsen. Faren for å forurense miljøet og da spesielt det marine miljø, er i de senere år viet stor oppmerksomhet. Et stoff behøver ikke i seg selv utgjøre en fare, men kommer det i kontakt med andre stoffer kan det oppstå kjemiske reaksjoner som kan føre til katastrofer. Det ble etter hvert nødvendig å komme frem til internasjonale regler for klassifisering og behandling av farlige stoffer. I 1948 fikk vi den første klassifisering av farlige stoffer. I dag er transport av farlig gods regulert i:

- SOLAS-konvensjonen (utgave 1997)
- IMDG-koden (International Maritime Dangerous Goods Code) for pakket farlig gods
- BC-koden (IMO's Code of Safe practice for Solid Bulk Cargoes)
- IBC-koden (International codes for the construction and equipment of ships carrying dangerous chemicals in bulk) for skip konstruert etter 1986
- BCH-koden (Codes for the construction and equipment of ships carrying dangerous chemicals in bulk) for skip konstruert før 1986
- MARPOL – Den internasjonale konvensjon om hindring av forurensning fra skip.
- Skipskontrollens regler – Transport av spesielt farlig gods, forskrift av 21. mai 1987 nr. 406 om transport av spesielle eller farlige laster i bulk eller som pakket gods

SOLAS-konvensjonen gir generelle retningslinjer for transport av farlig gods. Alle sjøfartsnasjoner må akseptere de krav og regler som konvensjonen stiller til skip som skal føre farlig gods. IMDG-koden er anbefalt av de fleste nasjoner og er utarbeidet på grunnlag av bestemmelsene i SOLAS-konvensjonen. De norske bestemmelsene i Skipskontrollens regler bygger på IMDG-koden.

For andre transportformer har vi tilsvarende regler:

- Veitransport: ADR-koden (European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)

- Jernbanetransport: RID-koden (Regulation Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail)
- Flytransport: ICAO-koden (International Aviation Organization – Technical Instruction for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air – DGR).

Det har vært en harmonisering mellom de forskjellige kodene i regi av FN. Den samme klasseinndeling brukes for de ulike kodene, men noe avvik vil det fortsatt være.

IMDG-koden bygger på forskriftene i SOLAS-konvensjonen. Forskriftene er delt opp i del A, B og C. Del A har sju forskrifter (1–7) som omhandler transport av farlig gods i pakket form, eller i fast form i bulk. Del B har tre forskrifter (8–10) som omfatter transport av farlige flytende kjemikalier i bulk. Del C har tre forskrifter (11–13) som omfatter transport av flytende gasser i bulk Vi vil ikke komme nærmere inn på del B og C her. Forskriftene er fritt oversatt fra engelsk.

Forskriftene i del A : Transport av farlig gods i pakket form eller i fast form i bulk

Forskrift 1: Anvendelse

- Med mindre en uttrykkelig har ordnet seg på annen måte, skal denne delen gjelde for farlig gods klassifisert under forskrift 2, og som er transportert i pakket form eller i fast form i bulk (heretter referert til som farlig gods) i skip der forskriftene gjelder, og for lasteskip mindre enn 500 bruttotonn.
- Bestemmelsene i denne delen gjelder ikke for skipets forsyninger (stores) og utstyr.
- Transport av farlig gods er forbudt dersom det ikke er i overensstemmelse med denne delen.
- For å supplere bestemmelsene i denne delen skal hver og en av de kontraherende regjeringer utstede eller sørge for at det blir utstedt detaljerte instruksjoner for sikker pakking og stuing av farlig gods. Instruksjonene skal inneholde forholdsregler som det er nødvendig å ta i forhold til annen last.

Forskrift 2: Klassifisering

Farlig gods skal inndeles i følgende klasser:

- Klasse 1: Eksplosiver
- Klasse 2: Gasser under trykk, i væskeform eller oppløst under trykk
- Klasse 3: Brannfarlige væsker
- Klasse 4.1: Brannfarlige faste stoffer
- Klasse 4.2: Stoffer som kan selvantenne
- Klasse 4.3: Stoffer som kan avgi brennbare gasser i kontakt med vann
- Klasse 5.1: Oksiderende stoffer
- Klasse 5.2: Organiske peroksider

- Klasse 6.1: Giftige stoffer
- Klasse 6.2: Smittsomme stoffer
- Klasse 7: Radioaktive stoffer
- Klasse 8: Etsende stoffer
- Klasse 9: Forskjellige farlige stoffer som erfaring har vist, er eller som kan vise seg å være, av en farlig karakter slik at bestemmelsene i denne delen kommer til anvendelse.

Forskrift 3: Emballasje

1 Emballasjen til farlig gods skal være
   - velgjort og i god stand
   - av en slik karakter at enhver indre overflate som innholdet kan komme i kontakt med, ikke blir farlig påvirket av stoffet som det inneholder
   - i stand til å motstå vanlig behandling og transport til sjøs
2 Der bruk av absorberende eller polstrede materialer er vanlig ved pakking av væsker i beholdere, skal materialet
   - være i stand til å minimalisere faren som væsken representerer
   - være innrettet slik at det hindrer bevegelser og sikrer at beholderen forblir innpakket
   - så langt det er mulig, være i stand til å absorbere en tilstrekkelig mengde av væsken i tilfelle skade på beholderen (brekkasje)
3 Beholdere som inneholder farlige væsker, skal ha et tomrom (ullasje) etter fylling som er tilstrekkelig stort til at væsken kan utvide seg i forhold til temperaturøkingen i løpet av en normal transport.
4 Sylindere eller beholdere for gass under trykk, skal være formålstjenlig konstruert, prøvet, vedlikeholdt og korrekt fylt.
5 Tomme, urene beholdere som tidligere har vært brukt til å frakte farlig gods i, skal være underlagt bestemmelsene i denne delen som gjelder for fulle beholdere, med mindre formålstjenlige metoder har blitt tatt i bruk for å eliminere fare.

Forskrift 4: Merking, etiketter og plakater

1 Forsendelser som inneholder farlig gods, skal være holdbart (varig) merket med det korrekte tekniske navnet. Handelsnavnet skal ikke brukes alene.
2 Forsendelser som inneholder farlig gods, skal være tydelig utstyrt med etiketter (merkelapper), kopi av etiketten eller plakater, etter som det passer, slik at de farlige egenskapene til innholdet kommer tydelig frem.
3 Metoden med å merke med det korrekte tekniske navnet, og å feste etiketter, kopi av etiketter eller plakater på forsendelser som inneholder farlig gods, skal være slik at informasjonen fortsatt skal være identifiserbar på forsendelsen etter å ha vært neddykket minst tre måneder i sjøen. Når en vurderer merke-, etikett- og plakatmetoder, skal en ta i betraktning varigheten av materialet som blir brukt, og overflaten på forsendelsen.
4 Forsendelser som inneholder farlig gods, skal være merket og påsatt etikett. Unntatt fra denne regelen er forsendelser som inneholder farlig gods av lav faregrad, eller forsendelser av begrenset mengde. Når spesielle forhold tillater det, kan forsendelser som er stuet og transportert i enheter som er identifiserbare med etiketter eller plakater, bli unntatt fra bestemmelsene om etikettering.

Forskrift 5: Dokumenter

1 Alle dokumenter i forbindelse med transport av farlig gods skal være angitt med korrekt teknisk navn, handelsnavn alene skal ikke brukes, og korrekt beskrivelse i overensstemmelse med klassifiseringen som er gitt i forskrift 2.

2 Skipningsdokumenter som er utferdiget av avskiper, skal inkludere eller være vedlagt et signert sertifikat eller deklarasjon som angir at forsendelsen som tilbys for transport, er forsvarlig pakket, merket og forsynt med etiketter eller plakater og i forsvarlig tilstand for transport.

3 Personer som er ansvarlig for pakking av farlig gods i fraktcontainere eller kjøretøy for veitransport, skal skaffe til veie et signert container-pakke-sertifikat eller kjøretøy-pakke-sertifikat som fastslår at lasten i enheten er blitt forsvarlig pakket og sikret, og at alle krav til transport er innfridde. Et slikt sertifikat eller deklarasjon kan være kombinert med dokumentet referert til i punkt 2.

4 Der det er grunn til å mistenke at en fraktcontainer eller et kjøretøy der det er pakket farlig gods, ikke er i henhold til kravene nevnt i punkt 2 eller 3, eller der et container-pakke-sertifikat eller en kjøretøydeklarasjon ikke er gyldig, skal ikke fraktcontaineren eller kjøretøyet aksepteres for avskipning.

5 Ethvert skip som fører farlig gods, skal legge frem en spesiell liste eller manifest som angir farlig gods om bord og hvor det er lastet. Denne listen skal være i overensstemmelse med den klassifiseringen som er gitt i forskrift 2. En detaljert stuasjeplan som identifiserer klassen og lokaliseringen om bord, kan brukes istedenfor en slik spesiell liste eller manifest. En kopi av disse dokumentene skal være tilgjengelig før avgang for den personen eller den organisasjonen som er gitt havnemyndighet.

Forskrift 6: Stuasjeregler

1 Farlig gods skal lastes, stues og sikres trygt og forsvarlig i overensstemmelse med stoffets egenskaper. Stoffer som er uforenlige (ikke-kompatible), skal være atskilt fra hverandre.

2 Eksplosiver, med unntak av ammunisjon, som representerer en alvorlig risiko, skal stues i et magasin som skal holdes forsvarlig lukket mens skipet er i sjøen. Eksplosiver skal være atskilt fra tennladningen (detonatorer). I ethvert rom der eksplosiver blir transportert skal elektriske apparater og kabler være slik konstruert og skal brukes slik at risikoen for brann eller eksplosjon, er minimalisert.

3 Farlig gods i pakket form som gir fra seg farlig damp, skal stues på et mekanisk ventilert sted eller på dekk. Farlig gods i fast form i bulk som gir fra seg farlig damp, skal stues i et godt ventilert rom.

4 For å hindre brann eller eksplosjon om bord i skip som frakter brennbare væsker eller gasser, skal en ta spesielle forholdsregler der det er nødvendig.

5 Stoffer som har en tilbøyelighet til spontan oppvarming eller forbrenning, skal ikke transporteres med mindre tilstrekkelige forholdsregler er blitt tatt for å minimalisere sannsynligheten for utbrudd av brann.

6 Lastetransportenheter, inkludert fraktcontainere, skal lastes, stues og sikres på hele reisen i overensstemmelse med sikringsmanualen for lasting som er godkjent av administrasjonen. Sikringsmanualen

for lasting skal være brakt opp til en standard som minst er likeverdig med retningslinjene utviklet av IMO.

Forskrift 7: Eksplosiver om bord på passasjerskip

1 Eksplosiver i divisjon 1.4, kompatibilitet gruppe S, kan transporteres i ubegrenset mengde om bord på passasjerskip. Ingen andre eksplosiver skal føres unntatt en av følgende:
- eksplosive gjenstander for redningsformål, dersom den totale netto eksplosive masse av hver slik gjenstand ikke overstiger 50 kg per skip
- eksplosive gjenstander i kompatibilitet gruppe C, D og E, dersom den totale netto eksplosive massen ikke overstiger 10 kg per skip
- eksplosive gjenstander i kompatibilitet gruppe G som ikke krever spesiell stuasje, dersom den totale netto eksplosive masse ikke overstiger 10 kg per skip
- eksplosive gjenstander i kompatibilitet gruppe B, dersom den totale netto eksplosive masse ikke overstiger 5 kg per skip

2 Utover bestemmelsene i punkt 1, kan tilleggsmengder av eksplosiver eller tilleggstyper av eksplosiver fraktes om bord på passasjerskip dersom spesielle sikkerhetstiltak godkjent av administrasjonen er blitt tatt.

Forskrift 7-1 Rapportering av hendelser som involverer farlig gods

1 Når en hendelse inntreffer som involverer tap eller sannsynlig tap av pakket farlig gods over bord og ut i sjøen, skal skipsføreren eller andre personer som har kommandoen over skipet, rapportere det spesielle ved en slik hendelse uten forsinkelse og angi det fulle og hele omfanget av hendelsen så langt det er mulig, til nærmeste kyststat.

2 I tilfeller der skipet som det refereres til i punkt 1, er blitt forlatt eller i tilfeller der en rapport fra et slikt skip er ufullstendig eller uoppnåelig, skal reder, befrakter, direktør, operatør av skipet eller deres agent i størst mulig utstrekning påta seg de forpliktelsene som er tillagt skipsføreren i følge denne forskriften.

Beskrivelse av de enkelte klassene:

Klasse 1: Eksplosiver

- Eksplosiver
- Eksplosive gjenstander, med unntak av gjenstander som inneholder eksplosive substanser av et slikt kvantum, eller er av en slik karakter at de ikke utgjør noen fare under transporten
- Substanser eller gjenstander som ikke er nevnt under punktene ovenfor, og som er fremstilt med det siktemål å bli brukt til praktiske eksplosiver eller til å gi pyroteknisk effekt

Eksplosiver blir inndelt i fem fareklasser:

1 Substanser og artikler som utgjør en fare for en masseeksplosjon. Det vil si at hele partiet kan eksplodere samtidig (momentant). Bomber og nitroglyserin kommer i denne klassen.
2 Substanser eller artikler som utgjør en projeksjonsfare (fare for utkast), men ingen fare for masseeksplosjon. Pyrotekniske gjenstander og fyrverkeri kommer i denne klassen.
3 Substanser og artikler som utgjør en brannfare og mindre sprengningsfare og/eller projeksjonsfare, men ingen fare for masseeksplosjon, for eksempel krutt og kruttpasta.
4 Substanser og artikler som ikke utgjør noen fare av betydning, for eksempel lunter, røyk- og lyssignaler.
5 Svært lite følsomme substanser som utgjør fare for masseeksplosjon.

Klassen inneholder strenge regler for stuasje og atskillelse.

Klasse 2: Gasser

- Permanente gasser. Gasser som ikke kan gå over i væskeform ved normal temperatur.
- Gasser som går over i væskeform under trykk ved normal temperatur.
- Oppløste gasser. Gasser som er oppløst under trykk i et oppløsningsmiddel, eller som kan være absorbert i et porøst materiale.
- Dypt nedkjølte permanente gasser (flytende luft, oksygen).

De kjemiske egenskapene og fysiologiske virkningene har stor variasjon. Gasser kan være

- brennbare
- ikke brennbare
- giftige
- opprettholde forbrenning
- etsende

Noen gasser har to eller flere av disse egenskapene. Alle gasser som er tyngre enn luft, vil utgjøre en potensiell fare dersom de akkumuleres i bunnen av et lasterom. For stuasje og atskillelse er klasse 2 inndelt i undergrupper i henhold til den faren de utgjør under transport:

- Klasse 2.1: brennbare gasser (rødt merke)
- Klasse 2.2: ikke brennbare gasser (grønt merke)
- Klasse 2.3: giftige gasser (hvitt merke)

Klasse 3: Brannfarlige væsker

Brennbare væsker er inndelt i tre undergrupper i henhold til flammepunkt:
- Klasse 3.1: væsker med flammepunkt under – 18 °C.
- Klasse 3.2: væsker med flammepunkt fra og med – 18 °C opp til + 23 °C
- Klasse 3.3: væsker med flammepunkt fra og med + 23 °C opp til og med 61 °C

Væsker som har flammepunkt over 61 °C blir ikke ansett for å være brannfarlige.

Bestemmelse av flammepunkt er basert på closed cup-metoden (lukket apparat). I koden er de enkelte væskene arrangert i alfabetisk orden i henhold til deres vanlige handelsnavn innenfor hver undergruppe.

Klasse 4.1: Brannfarlige faste stoffer

Stoffene i denne klassen kan lett bli antent av utenforliggende tennkilder som gnister eller flammer. Det kan også være stoffer som lett kan bli brennbare, eller kan være tilbøyelige til å medvirke til brann eller forårsake brann ved friksjon (for eksempel fyrstikker, svovel, magnesiumpulver, jute og lignende).
Klassen omfatter:
- Våte eksplosiver
- Selvreaktive stoffer
- Lett brennbare faste stoffer og stoffer som kan medvirke til brann eller forårsake brann ved friksjon

Noen av disse stoffene er klassifisert som eksplosiver i tørr tilstand.

Klasse 4.2: Stoffer som kan selvantenne

Stoffene i denne klassen er enten faste stoffer eller væsker som har den felles egenskapen at de kan være tilbøyelige til selvoppheting og selvantennelse (for eksempel natriumsulfider, fosfor, kopra, våt bomull, fiskemel).

Klasse 4.3: Stoffer som i kontakt med vann kan avgi brennbare gasser

Stoffene i denne klassen er enten faste stoffer eller væsker som har den felles egenskapen at når de kommer i kontakt med vann, så avgir de brennbare gasser. I noen tilfeller kan disse gassene være tilbøyelig til å selvantenne. Noen stoffer avgir brennbare gasser i slike mengder når de kommer i kontakt med vann, at eksplosive blandinger med luft oppstår (for eksempel kalsiumkarbid, ferrosilisium og aluminium silicon). Slike blandinger blir lett antent ved vanlige tennkilder, for eksempel åpen flamme, gnister fra håndverktøy, ubeskyttede lyspærer eller ved den varmen som oppstår under reaksjonen. Noen av disse stoffene utvikler giftige gasser når de kommer i kontakt med fuktighet, vann eller syrer.

Klasse 5.1: Oksiderende stoffer

Stoffene i denne klassen kan under bestemte forhold avgi oksygen direkte eller indirekte.

Det kan medføre fare for økt intensitet ved forbrenning av andre stoffer. Blanding av oksiderende stoffer med brennbare stoffer er farlig. Til og med sammenblanding med stoffer som sukker, mel, spiselige oljer, mineraloljer og lignende er farlig. Slike blandinger blir lett antent, i noen tilfeller ved friksjon eller ved støt. De kan brenne voldsomt og kan forårsake eksplosjon (for eksempel hydrogenperoksid, sølvnitrat, sinknitrat).

Mellom oksiderende stoffer og syrer kan det bli en voldsom reaksjon som kan utvikle giftige gasser. Giftige gasser kan også utvikles når visse oksiderende stoffer er involvert i brann. Noen oksiderende stoffer har etsende egenskaper, eller er blitt identifisert som skadelige for det marine miljø (Marine Pollutant), for eksempel klorat- og magnesium-blandinger. En finner opplysninger om dette under de enkelte stoffene.

Egenskapene som er nevnt ovenfor, er vanligvis felles for alle stoffer i denne klassen. I tillegg til de egenskapene oksiderende stoffer har felles, har hvert enkelt stoff spesielle egenskaper som det bør bli tatt hensyn til ved transport. Disse egenskapene er angitt under hvert enkelt stoff.

Klasse 5.2: Organiske peroksider

De fleste stoffene i denne klassen er brennbare uten at de virker oksiderende. De kan dekomponeres (spaltes) eksplosivt under normal eller forhøyet temperatur. Dekomponeringen kan være forårsaket av varme, kontakt med urenheter (for eksempel syrer og tungmetallblandinger), friksjon eller støt. Dekomponeringen øker med temperaturen og varierer med den kjemiske sammensetningen av stoffet. Når det gjelder visse organiske peroksider, må en kontrollere temperaturen under transport. Mange organiske peroksider kan brenne voldsomt. En bør unngå å få organiske peroksider i øynene. Enkelte av disse stoffene kan forårsake alvorlige skader på hornhinnen selv etter kort kontakt. Stoffet kan også virke etsende på huden. Organiske peroksider kan bare føres på dekk på lasteskip. Det er forbudt å transportere organiske peroksider på passasjerskip.

Klasse 6.1: Giftige stoffer

Stoffer i denne klassen har det til felles at de kan forårsake død eller alvorlige helseskader dersom de svelges, inhaleres eller kommer i kontakt med huden. Forgiftingsfaren som er forbundet med disse stoffene, avhenger av hvilken type kroppslig kontakt en har med stoffet. Det kan både dreie seg om inhalering av damper av intetanende mennesker i avstand fra lasten eller den umiddelbare fare ved fysisk kontakt med stoffet. Nesten alle giftige stoffer utvikler giftige gasser som dekomponeres (spaltes) når de er involvert i brann eller blir opphetet. Noen av de giftige stoffene er brennbare og kan ha andre farlige egenskaper. Mange stoffer i denne klassen har vist seg skadelige for det marine miljø (Marine Pollutant). Eksempler på giftige stoffer er arsenikk og cyanid.

Klasse 6.2: Smittsomme stoffer

Smittsomme stoffer kan inneholde farlige levende mikroorganismer som kan forårsake sykdom hos mennesker og dyr. Levende vaksiner for mennesker og dyr blir ikke betraktet som smittsomme stoffer.

Det er strenge krav til transport av smittsomme stoffer. Det er få stoffer i denne klassen som blir transportert med skip.

Forholdsregler i tilfelle skade eller lekkasje:
Personer som er ansvarlig for transport eller åpning av forsendelser (pakker) som inneholder smittsomme stoffer, og som blir oppmerksom på skade eller lekkasje skal
- unngå berøring eller berøre minst mulig
- inspisere tilgrensende pakker for mulig forurensing, og legge til side de som er forurenset
- informere helsemyndighetene eller veterinærmyndighetene, og informere andre transittland
- underrette avskiper og/eller mottaker

Internasjonal kunngjøring
I tilfelle lekkasje eller mistanke om lekkasje eller skade på en forsendelse med smittsomme stoffer, bør helsemyndighetene eller veterinærmyndighetene underrette andre lands myndigheter, inkludert transittland, der forsendelsen har vært håndtert.

Klasse 7: Radioaktive stoffer

Alle radioaktive stoffer er farlige i større eller mindre grad fordi de utstråler (emitterer) usynlig stråling som kan skade menneskelig vev. I tillegg til de radioaktive egenskapene må en ta hensyn til andre farlige egenskaper som eksplosjonsfare, brannfare, giftighet og liknende. Strålingsnivået blir uttrykt i millisieverts per time (mSv/h) (tidligere millirem). Det er strenge regler for transport av radioaktive stoffer.

Klasse 8: Etsende stoffer

Stoffene i denne klassen er faste stoffer eller væsker som har den felles egenskapen, at de er i stand til å skade levende vev. Når slike stoffer lekker ut fra emballasjen, kan de forårsake skade på annen last eller på skipet. Noen av disse stoffene er giftige, brannfarlige eller skadelige, og noen kan avgi giftige gasser. I kontakt med vann kan mange av stoffene frigjøre irriterende og etsende gasser som vanligvis blir synlige som damp i luft. Alle stoffene i denne klassen vil mer eller mindre være skadelige for metaller og tekstiler. Eksempel på slike stoffer er syrer og baser.

Klasse 9: Forskjellige farlige stoffer som har vist, eller som kan vise seg å være av en farlig karakter, slik at bestemmelsene i denne delen kommer til anvendelse

Stoffer og artikler som ikke er dekket i en av de andre klassene og som erfaring har vist, eller kan komme til å vise, er av en farlig karakter, slik at bestemmelsene for farlige stoffer kommer til anvendelse, blir plassert i klasse 9. Faremomentene kan være av samme karakter som de som er nevnt for de andre klassene. Etter hvert som en får erfaring med stoffene, blir de overført til en av de andre klassene. Eksempel på slike stoffer er tørris (karbondioksid), gjødningsstoffer (for eksempel ammoniakkgjødning), fiskemel og redningsutstyr. Det er ikke påkrevd at stoffer i fareklasse 9 skal merkes med faresymbol. Flere av stoffene kan utgjøre en fare for det marine miljø og skal derfor merkes med merke for Marine Pollutant.

Stuasje av farlig gods

Med unntak av stoffer i klasse 1, eksplosiver, har en vurdert skip ut fra to grupperinger med sikte på en hensiktsmessig stuasje. For eksplosiver gjelder spesielle stuasjekrav.

Gruppe 1-skip: Lasteskip eller passasjerskip som fører et bestemt antall passasjerer begrenset til ikke mer enn 25 passasjerer, eller én passasjer per tredje meter av total lengde dersom dette gir større antall, men begrenset til 25 passasjerer.

Formuleringen for skip i gruppe 1 er spesielt tilpasset roroskip.

Gruppe 2-skip: Andre passasjerskip der antall passasjerer overstiger det som er nevnt for gruppe 1-skip.

Stuasje inndeles i fem kategorier:

Kategori A: for gruppe 1-skip: *på dekk eller under dekk*
for gruppe 2-skip: *på dekk eller under dekk*

Kategori B: for gruppe 1-skip: *på dekk eller under dekk*
for gruppe 2-skip: *kun på dekk*

Kategori C: for gruppe 1-skip: *kun på dekk*
for gruppe 2-skip: *kun på dekk*

Kategori D: for gruppe 1-skip: *kun på dekk*
for gruppe 2-skip: *forbudt å ta ombord*

Kategori E: for gruppe 1-skip: *på dekk eller under dekk*
for gruppe 2-skip: *forbudt å ta om bord*

Stuing under dekk blir anbefalt når det er mulig med unntak av visse artikler i klasse 1 som kan utvikle røyk eller giftig damp, som gjør at stuasje på dekk blir anbefalt.

Forsendelser som kan bli skadet av vann, bør stues under dekk. Dersom de blir stuet på dekk, må de beskyttes slik at de ikke blir utsatt for vær og vind eller sjøvann.

Stuasje *kun på dekk* blir anbefalt i tilfeller der
- det er nødvendig med konstant overvåkning
- tilgjengelighet er spesielt nødvendig
- det er en betydelig risiko for at det kan dannes eksplosive gassblandinger, svært giftige damper eller at det kan oppstå skjulte tæringer (korrosjon) på skipet

Når farlig gods føres på dekk, skal det være fri adgang til hydranter og peilerør.

Ved stuing av farlig gods skal en til enhver tid sørge for at en har fri passasje og tilgang til alle nødvendige hjelpemidler for sikker skipsbehandling.

Krav til emballasje

Emballasje for farlig gods skal være godkjent i henhold til IMDG-koden Annex I. Kravene er basert på stoffets faregrad. Emballasje for farlig gods med unntak av klasse 1, 2, 6.2 og 7 er blitt inndelt i tre grupper i henhold til den faren godset representerer:

- Pakkegruppe 1: stor faregrad
- Pakkegruppe 2: middels stor faregrad
- Pakkegruppe 3: liten faregrad

Transportable tanker og tankbiler skal være i henhold til IMDG-kodens avsnitt 13. Sjøfartsdirektoratet godtar også emballasje i henhold til ADR-koden. Emballasje for farlig gods skal være slik at den innvendig overflaten ikke blir påvirket av stoffet, og den skal tåle den behandlingen som transport fører til. Den skal tåle varme, kulde og stabling i høyden. IMDG-koden inneholder opplysninger om krav til størrelse og type for de enkelte pakkegruppene. Det blir også stilt krav til brukt emballasje. Hvis slik emballasje ikke er skikkelig rengjort, skal den behandles som farlig gods.

Krav til merking

Forsendelser med farlig gods skal merkes i henhold til IMDG-koden for sjøtransport. Farge og symbol skal være slik som prøvesymbolene fra koden viser. Fargekoden er vist på figur 14.1 (se side 297). Kanter, symboler og tekst på grønne, røde og blå symboler kan være hvite.

For pakket gods skal symbolene være minst 100 mm x 100 mm. Det er unntak for forsendelser som på grunn av størrelsen må ha mindre symboler. Klassens nummer skal normalt være plassert i nedre hjørne av symbolet. Plakater skal være minst 250 mm x 250 mm (transportable tanker og containere). Dersom et stoff inngår i flere fareklasser, skal de øvrige faresymbolene vises, men bare grunnklassen skal være angitt med klassenummer i nedre del av symbolet.

Krav til dokumentasjon

For all transport av farlig gods skal det være et dokument som inneholder viktig informasjon om stoffet og den fare det representerer. Avskiper skal sørge for at stoffet blir angitt med korrekt teknisk navn, klassebetegnelse og om mulig med UN-nummer. Handelsnavn kan bli oppgitt i tillegg. Det kan være nødvendig å gi tilleggsopplysninger om stoffet for å angi spesielle farer og beredskap ved uhell (EmS-nummer). Figur 14.2 viser IMDG-kodens anbefalte Dangerous Goods Form. Farlig last som blir stuet i containere eller kjøretøy skal ha et Container/ Vehicle Packing Certificate. I henhold til SOLAS-forskrift nr. 5 skal det i tillegg settes opp et manifest eller spesiell liste, som i tillegg til plasseringen om bord inneholder de samme opplysningene om stoffet som er angitt i Dangerous Goods Declaration. En detaljert stuasjeplan som viser klassen og plassering, kan brukes i stedet for et slikt manifest eller en slik spesiell liste.

Sjøfartsdirektoratet godtar også fraktbrev eller lignende etter ADR-konvensjonen eller etter lov om brannfarlige varer av 21.mai nr. 47 1971. Fraktbrevet skal være underskrevet og levert til skipets fører.

Beredskap og førstehjelp

Sjøfartsdirektoratet har følgende krav til beredskap i tilfelle uhell:

- Avskiperen skal avgi skriftlig informasjon om
  - hva slags fare som knytter seg til de farlige stoffer som transporteres, og hvilke sikkerhetstiltak som er nødvendige for å avverge dem
  - hva som skal gjøres når personer er kommet i kontakt med de transporterte stoffene eller stoffer avgitt fra dem, og hvilken type behandling som skal gis
  - forholdsregler ved brann, og i særdeleshet hva slags brannslokningsmedium som *ikke* må brukes
  - forholdsregler ved skade på emballasjen til farlige stoffer som transporteres
- Instruksjonene skal være utarbeidet for hvert farlig stoff eller klasse av farlige stoffer som transporteres. Transportuhellskort kan godtas.
- «Emergency Procedures for Ship Carrying Dangerous Goods» (EmS) og «Medical First Aid Guide» (MFAG) for bruk ved uhell der farlig gods er involvert, skal finnes om bord.
- Skriftlige instruksjoner kan unnlates når det blir vist til EmS-nummer og MFAG-nummer i transportdokumentene.
- Et sett av disse instruksjonene, eller henvisningene til EmS og MFAG, skal leveres skipets fører.

MULTIMODAL DANGEROUS GOODS FORM

This form may be used as a dangerous goods declaration as it meets the requirements of SOLAS 74, chapter VII, regulation 4; MARPOL 73/78, Annex III, regulation 4.

1 Shipper/Consignor/Sender		2 Transport document number		
		3 Page 1 of pages	4 Shipper's reference	
			5 Freight forwarder's reference	
6 Consignee		7 Carrier (to be completed by the carrier)		
		SHIPPER'S DECLARATION I hereby declare that the contents of this consignment are fully and accurately described below by the Proper Shipping Name, and are classified, packaged, marked and labelled/placarded and are in all respects in proper condition for transport according to the applicable international and national governmental regulations.		
8 This shipment is within the limitations prescribed for: (Delete non-applicable) PASSENGER AND CARGO AIRCRAFT / CARGO AIRCRAFT ONLY		9 Additional handling information		
10 Vessel/flight No. and date	11 Port/place of loading			
12 Port/place of discharge	13 Destination			
14 Shipping marks	* Number and kind of packages; description of goods		Gross mass (kg) / Net mass (kg)	Cube (m^3)
15 Container identification No./ vehicle registration No.	16 Seal number(s)	17 Container/vehicle size & type	18 Tare mass (kg)	19 Total gross mass (including tare) (kg)
CONTAINER/VEHICLE PACKING CERTIFICATE I hereby declare that the goods described above have been packed/loaded into the container/vehicle identified above in accordance with the applicable provisions.† **MUST BE COMPLETED AND SIGNED FOR ALL CONTAINER/ VEHICLE LOADS BY PERSON RESPONSIBLE FOR PACKING/ LOADING**		21 RECEIVING ORGANIZATION RECEIPT Received the above number of packages/containers/trailers in apparent good order and condition, unless stated hereon: RECEIVING ORGANIZATION REMARKS:		
20 Name of company		Haulier's name Vehicle reg. no.		22 Name of company (OF SHIPPER PREPARING THIS NOTE)
Name/status of declarant		Signature and date		Name/status of declarant
Place and date				Place and date
Signature of declarant		DRIVER'S SIGNATURE		Signature of declarant

* **DANGEROUS GOODS:**
You must specify: Proper Shipping Name, hazard class, UN No., packing group, (where assigned) marine pollutant and observe the mandatory requirements under applicable national and international governmental regulations. For the purposes of the IMDG Code see 5.4.1.4.

† For the purposes of the IMDG Code, see 5.4.2.

Figur 14.2. Dangerous Gods Form.

IMDG- koden – versjon 2002

Den nye versjon av IMDG - koden har gjennomgått mange endringer i forhold til tidligere utgaver. Utforming og innhold er oppdatert slik at koden skal kunne holde tritt med den ekspansjon som har vært innenfor industri og transport. Det er spesielt store endringer i språkbruken i koden. Med ord som skal, burde og bør menes henholdsvis obligatorisk, anbefalt og valgfritt.

IMDG – koden består av 2 bind og 1 supplement. Koden er også tilgjengelig på en søkbar database på CD- Rom. Intranet og internet versjoner (abonnement) vil bli tilgjengelig tidlig i 2003.

Bind 1 inneholder kapitlene 1,2,4,5,6 og 7 med underkapitler (kapitel 3 er i bind 2) og to tillegg. Bind 1 er spesielt beregnet på personell i land som står for pakking og avsending av farlig gods.

Kapitel 1: Her finner vi generelle bestemmelser, opplysninger, definisjoner, anvendelse, enheter, forkortelser og treningsopplegg for landpersonell som behandler farlig gods.

Kapitel 2: Her beskrives de enkelte fareklassene (Klasse 1 – 9). Nye stoffer som er tildelt klasse er tatt med. Det er også tatt med et avsnitt om stoffer som kan forurense og skade liv i havet («Marine pollutants») . Stoffer som kan utgjøre en mulig forurensingsfare og skade liv i havet, er angitt med bokstaven P i kolonne 4, bind 2, med overskrift «Subsidiary risk(s)» og i den alfabetiske navneoversikten under kolonnen med overskrift MP i bind 2. Dersom forurensingsfaren er ekstremt stor er det angitt med PP i kolonne 4 og i MP- kolonnen. Stoffer som ikke ellers er spesifisert (N.O.S.), og som kan være forurensende vil være angitt med en prikk (•) i de samme kolonnene.

Kapitel 4: I kapitel 4.1 finner en bestemmelser og forskrifter om bruk av emballasjer, inkludert midlertidige bulk containere (IBCs = Intermediate bulk containers») og store pakkeforsendelser. En finner og generelle bestemmelser for klasse 2 (gasser under trykk, i væskeform eller oppløst under trykk), klasse 6.2 (smittsomme stoffer) og klasse 7 (radioaktive stoffer). Tilleggsbestemmelser er gitt for IBCs.

I kolonne 8 i koden(se også figur 14.3) vil en finne disse forkortelsene som angir emballasje forskrifter:

- Pakkeforskrifter for pakker med unntak av IBCs og store pakkeforsendelser er tildelt en alfa- numerisk kode som begynner med bokstaven «P». For **spesielle** pakkeforsendelser begynner koden med bokstavene «PP».
- Forskriftene for IBCs forsendelser består av en alfa- numerisk kode som begynner med bokstavene «IBC.» For **spesielle** IBCs forsendelser begynner koden med bokstaven «B».
- Pakkeforskriftene for store pakkeforsendelser består av en alfa- numerisk kode som begynner med bokstavene «LP». For **spesielle** store pakkeforsendelser begynner koden med bokstaven «L».
- Noen faste farlige stoffer kan transporteres i bulk pakninger når dette er angitt med bokstavene «BP».

I lister over emballasje forskriftene henvises det til bestemmelser i koden og for de spesielle forskriftene er stoffer som kommer inn under bestemmelsene angitt med UN nummer.

Spesielle emballasje forskrifter for klasse 1 (eksplosiver), klasse 2 (gasser under trykk og andre farlige stoffer under trykk), klasse 5.2 og 4.1 (organiske peroksider og selvreaktive stoffer), klasse 6.2 (smittsomme stoffer) og klasse 7 (radioaktive stoffer) er angitt i kapittel 4.1.5, 4.1.6, 4.1.7, 4.1.8 og 4.1. 9.

I kapittel 4.2 finner en opplysninger om bruk av transportable tanker og «flerelement» gass containere, (MEGCs =»multiple element gas containers») og bestemmelser som gjelder for stoffer av forskjellige fareklasser i tankforsendelser. De forskjellige typer IMO tanker (8 typer) er ført opp. Instruksjonene for tanker består av en alfa- numerisk kode som begynner med bokstaven «T». Kapittel 4.3 omfatter generelle regler for stoffer som kan transporters i bulk pakninger. Angis med bokstavene «BP».

Kapittel 5: Her er det gitt generelle bestemmelser for farlig gods med hensyn til merking , etiketter, plakater og dokumentasjon.

Kapittel 6: Her finner en forskrifter for konstruksjon og prøving av emballasje som brukes ved forsendelse av farlig gods.

Kapitel 7: I kapitel 7.1 er reglene for stuasje av farlig gods om bord på skip angitt for forskjellige typer skip .Stuasjen er inndelt i 5 kategorier (A-E)hvor det fremgår om godset kan stues på dekk eller under dekk eller eventuelt er forbudt å ta om bord. Det er viktig også for skipsoffiserer å ha kjennskap til disse bestemmelsene. For noen stoffer med stor faregrad er stuasjen spesielt beskrevet. For stoffer i klasse 1 (eksplosiver) er det i kapitel 7.1.7.2 ført opp en tabell som angir stuasje kategorier fra 01 til 17 når slike stoffer fraktes på lasteskip med opptil 12 passasjerer (kolonne 16). På passasjerskip (skip med over 12 passasjerer) gjelder spesielle regler for føring av stoffer i klasse 1. Dette er angitt i kapitel 7.1.7.5.
I kapitel 7.2 er atskillelse(segregasjon) av farlige stoffer beskrevet. Segregasjonstabeller er satt opp for pakket gods, gods i containere og for transportenheter. I de nye reglene er det tatt med en segregasjonstabell for transportenheter om bord på containerskip uten luker («hatchless containerships»). Det er viktig for skipsoffiserer å kjenne til reglene som er gitt med hensyn til atskillelse.
I kapitel 7.8 blir farlig avfall som fraktes med skip, omtalt og klassifisert.
I kapitel 7.9 er de godkjente nasjonale myndigheter som er autorisert med hensyn til å gi godkjenning, tillatelser og sertifikater angående farlig last, ført opp alfabetisk.

Bind 2 inneholder kapittel 3 og 2 tillegg.
Kapitel 3 inneholder oversikt over alle stoffer som er ført opp som farlig gods ordnet etter stigende UN nummer. I alt 18 kolonner brukes for å angi: UN nummer, klasse, risiko gruppe, pakkeforskrifter og instruksjoner, Ems, stuasje og segregasjon og egenskaper og observasjoner.
I indeksen bakerst i bind 2 er stoffene ført opp alfabetisk .Her er det 4 kolonner som angir: navn, MP, klasse og UN nummer.
Kapittel 3.1.4 omfatter segregasjonsgrupper. Formålet er å samle stoffer som har omtrent de samme kjemiske egenskapene, i grupper slik at det blir enklere med hensyn til segregasjon. I liste over farlig gods blir kravene til segregasjon angitt i kolonne 16. Tillegg 1 inneholder en oversikt over stoffer som er samlet i grupper i henhold til deres fareklasse. Her er også stoffer som ikke ellers er spesifisert (N.O.S. =»Not Otherwise Spesified») oppført. Handelsnavnet står oppført, men i visse tilfeller skal også det tekniske navnet oppføres. Tillegg B inneholder en ordliste over informasjon som omfatter ammunisjon og våpen.
I kapitel 3.2 er det ført opp en oversikt over hva de enkelte kolonner inneholder av opplysninger for de forskjellige farlige stoffene som er ført opp i koden.

Kort oversikt over opplysninger de forskjellige kolonner inneholder:

Kolonne 1: Her er UN nummeret for stoffet oppført.

Kolonne 2: Her er handelsnavnet («proper shipping name = PSN») for stoffet oppført med store bokstaver, med en eventuell beskrivelse av stoffet med små bokstaver.

Kolonne 3: Fareklasse eller divisjon

Kolonne 4: Tilleggsfare. Her er også fare for forurensing av havet angitt med P, PP eller • som nevnt i kapitel 2.

Kolonne 5: Pakkegruppe (I, II eller III)

Kolonne 6: Spesielle forholdsregler og krav. Det henvises til kapitel 3.3 hvor det er gitt en oversikt angitt med numrene 16 til 955.

Kolonne 7: Begrensede mengder. Her angis det maksimale mengde av stoffet per (indre) pakning.

Kolonne 8:
- Emballasje forskrifter angitt som en alfa- numerisk kode som refererer til den relevante pakkeforskriften som angitt i kapitel 4.1.4
- Når en kode **ikke** inneholder bokstavene «P», «LP» eller «BP» så menes det at stoffet ikke er tillatt å sende i denne type emballasje.
- Når kolonnen inneholder «N/R» så menes det at stoffet ikke behøver emballasje.

Kolonne 9: Spesielle krav til emballasje angitt som en alfa-numerisk kode som referer til spesielle emballasje forskrifter som er gitt i kapittel 4.1.4
Når koden som inneholder bokstavene «PP» refereres det til spesielle emballasje forskrifter som er anvendbar i henhold til koden «P» i kapittel 4.1.4.1.
Når koden inneholder bokstaven «L» refereres det til en spesiell emballasje forskrift som er anvendbar i henhold til koden «LP» i kapitel 4.1.4.3.

Kolonne 10: Emballasje forskrifter for IBC («intermediate bulk container») inneholder en alfa- numerisk kode som referer til hvilken type IBC som skal brukes ved transport av stoffet. En kode som inneholder bokstavene «BC» refererer til instruksjonene som er gitt i kapitel 6.5. Dersom koden ikke er ført opp, angir det at stoffet ikke er autorisert under IBC.

Kolonne 11: IBC spesielle krav til emballasje angitt som en alfa-numerisk kode som inneholder bokstaven «B» og som referer til de spesielle emballasje forskriftene som er anvendbar i koden «IBC» i kapittel 4.1.4.2.

Kolonne 12: IMO's tank forskrifter referer til IMO's transportable tanker og tankbiler som er konstruert i henhold til kravene i endring 29 i koden i overens-

stemmelse med kravene i kapitel 4.2.0. Kravene i denne kolonnen kan brukes istedenfor kravene i kolonne 13 til 2010. Kolonnen inneholder T- koden (kapitel 4.2.5.2.6) og i noen tilfeller TP anmerkninger (4.2.5.3). Dersom T- koden ikke er angitt i denne kolonnen , så skal T- koden i kolonne 13 anvendes.

Kolonne 13: UN Tank forskrifter inneholder T- koder som er anvendbar ved transport av farlig gods. Dersom T-kode ikke er oppført betyr det at det farlige stoffet ikke er autorisert for transport i transportable tanker med mindre stoffet er spesielt godkjent for transport av en godkjent myndighet. Faste stoffer kan likevel bli transportert i transportable tanker dersom de tilfredstiller kravene i kapitel 4.2.7, selv om T- kode ikke er angitt i denne kolonnen.

Kolonne 14: Spesielle tank forskrifter og bestemmelser. Kolonnen inneholder TP anmerkninger (4.2.5.3) som er anvendbar ved transport av farlig gods i transportable tanker og tankbiler. TP merknaden som er angitt i denne kolonnen anvendes til tanker spesifisert i både kolonne 13 og 14.

Kolonne 15: EmS nummer. Kolonnen refererer til relevante beredskapsplaner for brann og lekkasje («Emergency Schedules for Fire and Spillage») ved transport av farlig gods som beskrevet i « The Ems Guide-Emergency Response Procedures for Ships Carrying Dangerous Goods» Den første Ems koden refererer til beredskapsplaner ved brann , for eksampel: F- A, «General Fire Schedul».
Den andre Ems koden refererer til relevante beredskapsplaner ved lekkasje, for eksempel: S-A, « Toxic Substances.
Ems koder som er understreket (spesielle tilfeller) indikerer et stoff, materiale eller gjenstand hvor det er gitt ytterligere råd for beredskaps-prosedyren.
For stoffer som transporteres under N.O.S.(«Not Otherwise Specified») eller under et samlenavn («genetric entries»), vil den best relevante beredskapsprosedyren variere med egenskapen til det farlige innholdet i stoffet. Som følge av dette kan avskiper føre opp andre Ems koder enn de som er indikert i prosedyren, dersom slike koder, etter deres mening, er mer anvendbare.

Kolonne 16: Stuing og atskillelse. Angir hvilken bestemmelser for stuing og atskillelse av stoffet slik som beskrevet i kapittel 7.

Kolonne 17: Egenskaper og observasjoner: Angir egenskaper og observasjoner for det farlige stoffet som er ført opp.

Part 3 – *Dangerous Goods List and limited quantities exceptions*

UN No.	Proper Shipping Name (PSN)	Class or division	Subsidiary risk(s)	Packing group	Special provisions	Limited quantities	Packing		IBC	
							Instructions	Provisions	Instructions	Provisions
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1391	ALKALI METAL DISPERSION or ALKALINE EARTH METAL DISPERSION	4.3	–	I	182 183 282	None	P402	PP31	–	–
1392	ALKALINE EARTH METAL AMALGAM, LIQUID	4.3	•	I	183	None	P402	PP31	IBC04	B1
1392	ALKALINE EARTH METAL AMALGAM, SOLID	4.3	•	I	183	None	P403	PP31	–	–
1393	ALKALINE EARTH METAL ALLOY, N.O.S.	4.3	•	II	183	500 g	P410	PP31 PP40	IBC07	B2
1394	ALUMINIUM CARBIDE	4.3	–	II	–	500 g	P410	PP31 PP40	IBC07	B2
1395	ALUMINIUM FERROSILICON POWDER	4.3	6.1	II	932	500 g	P410 BP	–	IBC05	B2
1396	ALUMINIUM POWDER, UNCOATED	4.3	–	II	–	500 g	P410	PP40	IBC07	B2
1396	ALUMINIUM POWDER, UNCOATED	4.3	–	III	223	1 kg	P410	–	IBC08	B4
1397	ALUMINIUM PHOSPHIDE	4.3	6.1	I	–	None	P403	PP31	–	–
1398	ALUMINIUM SILICON POWDER, UNCOATED	4.3	–	III	37 223 932	1 kg	P410 BP	–	IBC08	B4
1400	BARIUM	4.3	–	II	–	500 g	P410	PP31 PP40	IBC07	B2
1401	CALCIUM	4.3	–	II	–	500 g	P410	PP31 PP40	IBC07	B2
1402	CALCIUM CARBIDE	4.3	–	I	–	None	P403	PP31	IBC04	B1
1402	CALCIUM CARBIDE	4.3	–	II	951	500 g	P410 BP	PP40	IBC07	B2
1403	CALCIUM CYANAMIDE with more than 0.1% calcium carbide	4.3	–	III	38 933	1 kg	P410	–	IBC08	B4
1404	CALCIUM HYDRIDE	4.3	–	I	934	None	P403	PP31	–	–
1405	CALCIUM SILICIDE	4.3	–	II	932	500 g	P410	PP31	IBC07	B2

Figur 14.3 Eksempel fra IMDG koden

Tank instructions			EmS	Stowage and segregation	Properties and observations	UN No.
IMO	UN	Provisions				
(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
–	–	–	F-G, S-N	Category D	Finely divided alkali or alkaline earth metal, e.g. metallic sodium, suspended in a flammable liquid such as toluene, xylene, naphtha, kerosene, etc. Reacts violently with moisture, water or acids, evolving hydrogen, which may be ignited by the heat of the reaction.	1391
–	–	–	F-G, S-N	Category D	Consists of metal alloyed with mercury. Contains 2% to 10% alkaline earth metals and may contain up to 98% mercury. Reacts with moisture, water or acids, evolving hydrogen, a flammable gas. When heated, evolves toxic vapours.	1392
–	–	–	F-G, S-N	Category D	See entry above.	1392
–	–	–	F-G, S-N	Category E	When containing a substantial proportion of alkaline earth metals, readily decomposed by water and reacts violently with acids, evolving hydrogen, which may be ignited by the heat of the reaction.	1393
–	–	–	F-G, S-N	Category A	Yellow crystals or powder. In contact with water, rapidly evolves methane, a flammable gas. Reacts violently with acids.	1394
–	–	–	F-G, S-N	Category A. Only to be loaded under dry weather conditions. Under deck in a mechanically ventilated space. Clear of living quarters.	In contact with water, caustic alkalis or acids, evolves hydrogen, a flammable gas. Impurities may, under similar circumstances, produce phosphine and arsine, which are highly toxic gases.	1395
–	–	–	F-G, S-O	Category A. "Away from" liquid halogenated hydrocarbons.	In contact with water, caustic alkalis or acids, evolves hydrogen, a flammable gas. When finely divided aluminium dust is scattered, it is easily ignited by naked lights, causing explosion. May explode when in contact with oxidizing substances.	1396
–	–	–	F-G, S-O	Category A. "Away from" liquid halogenated hydrocarbons.	See entry above.	1396
–	–	–	F-G, S-N	Category E. Under deck in a mechanically ventilated space. Clear of living quarters.	Crystals or powder. Reacts with acids or decomposes slowly in contact with water or damp air, evolving phosphine, a spontaneously flammable and highly toxic gas. Reacts violently with oxidizing substances. Toxic if swallowed, by skin contact or by inhalation.	1397
–	–	–	F-G, S-N	Category A. Only to be loaded under dry weather conditions. Under deck in a mechanically ventilated space. Clear of living quarters.	In contact with water, caustic alkalis or acids, generates heat and evolves hydrogen, a flammable gas. May also evolve silanes, which are toxic and may ignite spontaneously.	1398
–	–	–	F-G, S-O	Category E	Readily decomposes in water and reacts violently with acids, evolving hydrogen, which may be ignited by the heat of the reaction. Harmful if swallowed or by dust inhalation.	1400
–	–	–	F-G, S-O	Category E	Readily decomposes in water and reacts violently with acids, evolving hydrogen, which may be ignited by the heat of the reaction.	1401
–	–	–	F-G, S-N	Category B	Solid. In contact with water, rapidly evolves acetylene, a highly flammable gas, which may be ignited by the heat of the reaction. Acetylene forms highly explosive compounds with salts of some heavy metals. Reacts violently with acids.	1402
–	–	–	F-G, S-N	Category B	See entry above.	1402
–	–	–	F-G, S-N	Category A	Powder or granules. Contains calcium carbide as an impurity. In contact with water, evolves ammonia and acetylene, which is a highly flammable gas. Reacts vigorously with acids.	1403
–	–	–	F-G, S-O	Category E	Solid. In contact with water, acids or moisture, evolves hydrogen, which may be ignited by the heat of the reaction.	1404
–	–	–	F-G, S-N	Category B. Only to be loaded under dry weather conditions. Under deck in a mechanically ventilated space.	In contact with water, evolves hydrogen, a flammable gas. If calcium carbide is present as an impurity, acetylene will also be evolved. In contact with acid, evolves silane, a spontaneously flammable gas.	1405

Figur 14.3

Supplement: I supplementet til IMO koden finner en :
Beredskapsprosedyrer(Ems Guide).
Førstehjelp(MFAG).
Rapporterings prosedyrer.
Retningslinjer for pakking av last i transport enhete.
Anbefalinger om sikker bruk av insektmiddel ombord på skip.
Internasjonal kode for sikker transport av pakket radioaktivt brensel, plutonium og radioaktivt avfall med høy risiko nivå om bord på skip.
Tillegg: Resolusjoner og sirkulærer med henvisning til IMO koden.

Hvordan bruke « Ems Guide»
«Guiden» er delt i 2 hoveddeler, en for brannslukningsprosedyrer og en for prosedyrer ved lekkasje fra farlig gods.

Det anbefales å bruke «Ems Guide» som følger:

- For brann og lekkasje: Retningslinjene som er gitt i introduksjonen for brann og lekkasje tas med i skipets treningsopplegg før en eventuell nød situasjon oppstår.
- I tilfelle en nød situasjon som omfatter farlig gods inntreffer, søk råd i de generelle retningslinjer(General Guidelines) som et første steg.
- Ved å bruke den relevante «Emergency Schedules» som er anvendbar for den spesiell lasten ,få frem detaljerte opplysninger for lasten.

Kort oversikt over forhold som er viktige ved brann

- Å forhindre at brann oppstår er den viktigste del av et sikkerhetsprogram om bord på skip. Det anbefales at de retningslinjer som er beskrevet i Ems blir tatt inn i det enkelte skips «Safety Management System» (SMS).
- Brannslukningsprosedyrer er forskjellig for gods stuet «på dekk» og «under dekk». For spesielle skipstyper (for eksampel «lukeløse containerskip») eller lasterom (for eksempel åpne bildekk på ferjer), må disse to prosedyrene tilpasses det enkelte skip.
- Dersom giftige farlige stoffer er involvert må lugarer, arbeids- og oppholds rom beskyttes mot ild og røk så meget som mulig for eksempel ved vanndusj (tåkespray).. Ventilasjonssystemet for slike rom må stenges av og sikres for å redusere mulighetene for at damp, støv og gas kommer inn i disse områdene. I noen tilfeller kan det være nødvendig å legge skipet an en kurs som gjør at de utsatte områdene ligger mot vinden.
- Mannskap som deltar i brannslukningsarbeidet må bruke beskyttelsesdrakter og pusteapparater for å beskytte hud og lunger fra giftige eller korrosive væsker, damp, støv eller gas. Utstyret må være tilpasset hver enkelt av de som deltar i brannslukningen da det å arbeide med slikt utstyr krever høy grad av skikkethet og trening. Det er viktig å forsikre seg om at mannskap som deltar i brannslukningen har en sikker retrett.
- Å identifisere det farlige stoffet som er involvert i brannen er viktig for at Ems Fire Schedule(s) som gjelder for lasten, kan bli

konsultert og de nødvendige aksjoner kan bli tatt. Dette er svært viktig da noen av de farlige stoffene kan reagere med brannslukningsmediet noe som kan medføre en forverring av situasjonen (for eksempel bruk av vannbasert slukningsmiddel mot vannreaktive stoffer).

- Ut fra UN nummeret kan en finne den riktige «Ems Fire Schedule» slik det fremgår i IMDG koden. «Dangerous Goods Manifest» og den detaljerte «Stowage Plan» som kreves i henhold til SOLAS, vil også inneholde handelsnavnet og UN nummeret for det farlige stoffet. Emballasjen skal også være merket. Råd som er gitt i «Ems Fire Schedules» bør kunne brukes direkte basert på informasjon fra «Stowage Plan», uten tidsforsinkende identifikasjon og lokalisering av stoffet det gjelder.
- De fleste stoffer trenger oksygen for å brenne. Å hindre tilgang på oksygen og å kjøle ned lasten er derfor svært viktig. Om bord på skip brukes vanndusj (tåkespray) og slukningssystemer basert på gass som hindrer tilgang på oksygen. For å slukke brann i noen stoffer trenger en spesielle brannslukningsmedier for å kvelde brannen. I slike tilfeller vil normale brannslukningsprosedyrer ikke kunne anvendes og en må i stedet kjøle ned omkringliggende områder med vann. Mannskap som deltar i brannslukning må gjøres oppmerksom på faren ved å åpne dører til et overopphetet område eller en fraktcontainer hvor en antar at det brenner. I slike områder kan det være underskudd på oksygen og når døren åpnes kan tilgangen på oksygen fra utsiden starte brannen momentant og forårsake en ildsøyle («flashback») som kan skade slukningsmannskapet.

«Emergency Schedules for Fire»

Kodene som er brukt består av 2 bokstaver. Første bokstav er F som indikerer brann («Fire»). Den andre bokstaven i koden angir hvilken type farlig gods som er involvert. Ut fra disse to bokstavene er det gitt retningslinjer for hvordan brannen skal bekjempes for de enkelte farlige stoffene. UN nummeret for stoffer som kommer inn under de enkelte brannslukningsprosedyrene er ført opp under de enkelte kodene..

En kort oversikt som viser betydningen av koden:

F-A: Generell brannsluknings prosedyre.
F-B: Brannslukningsprosedyrer for eksplosive stoffer.
F-C: Brannslukningsprosedyrer for ikke brennbare gasser.
F-D: Brannslukningsprosedyrer for brennbare gasser.
F-E: Brannslukningsprosedyrer for ikke vannreaktive brennbare væsker.
F-F: Brannslukningsprosedyrer for temperaturavhengige selvreaktive og organiske Peroksider.
F-G: Brannslukningsprosedyrer for vann- reaktive stoffer.
F-H: Brannslukningsprosedyrer for oksiderende stoffer med eksplosiv potensial.
F-I: Brannslukningsprosedyrer for radioaktive stoffer.
F-J: Brannslukningsprosedyrer for ikke temperaturavhengige selvreaktive og organiske Stoffer.

FIRE SCHEDULE Alfa

F-A
GENERAL FIRE SCHEDULE

General comments		In a fire, exposed cargoes may explode or their containment may rupture. Fight fire from a protected position from as far away as possible.
Cargo on fire on deck	**Packages**	Create water spray from as many hoses as possible.
	Cargo Transport Units	
Cargo on fire under deck		Stop ventilation and close hatches. Use cargo space fixed fire-extinguishing system. If this is not available, create water spray using copious quantities of water.
Cargo exposed to fire		If practicable, remove or jettison packages which are likely to be involved in fire. Otherwise, keep cool using water.
Special cases: **UN 1381, UN 2447**		After extinguishing the fire, treat immediately as for spillage (see relevant EmS SPILLAGE SCHEDULE).

Figur 14.4 Generell brannsluknings prosedyre

Lekkasjer fra farlig gods

Uhell som medfører lekkasje fra farlig gods kan utgjøre en fare for skip og mannskap. Lekkasje fra en brennbar væske kan for eksampel føre til en eksplosiv atmosfære. En skal være spesielt oppmerksom på lekkasjer fra reaktive kjemikalier, som i kontakt med andre stoffer eller ved ytterligere lekkasje kan frembringe andre kjemiske stoffer som for eksempel giftige gasser. Om bord på skip er det svært viktig at mannskapet er trent til å takle situasjoner som kan oppstå ved lekkasje fra farlige stoffer. Trening og øvelser med tanke på den lasten en har om bord bør være en del av skipsrutinen.
Som tidligere nemt bør «Ems Guide» være en del av skipets sikkerhetsplan («Safety Management System»).

Personlig beskyttelse - Generelle retningslinjer

- Sikkerheten til mannskapet som deltar i arbeidet med lekkasjen må ha høyeste prioritet.
- Mulighetene for at det kan oppstå eksplosjoner, brennbar eller giftig atmosfære må vurderes.
- Beskyttelsesdrakt («Full protective clothing») som er motstandsdyktig mot effekten av det farlige stoffet som er involvert, bør brukes. Beskyttelsesdrakten bør dekke all hud slik at ingen del av kroppen er ubeskyttet. Å benytte selvforsynte pusteapparater(«self-contained breathing apparatus») er av avgjørende betydning for å beskytte mot inhalering av giftig eller korrosiv støv, damp eller gas.
- Mannskap som er med på aksjonen bør unngå å komme i direkte kontakt med det farlige stoffet selv om de bruker beskyttelsesdrakter. Dersom en ikke kan unngå direkte kontakt med stoffet så bør en begrense tiden hvor kontakten finner sted til et minimum.

- Det er et krav i henhold til SOLAS at fire beskyttelsesdrakter som er motstandsdyktige mot kjemikaler skal være om bord i tillegg til beskyttelsesdrakter for brannbekjempelse.
- Beskyttelsesdrakter som brukes mot brann er ikke beregnet å beskytte mot farlige kjemikalier og beskyttelsesdrakter mot kjemikalier er ikke beregnet å beskytte mot brann. Skipsførere minnes på at mannskapet må ha regelmessige øvinger i bruk av selvforsynte pusteapparater, og en bør spesielt være oppmerksom på at ansiktsmasken slutter godt til.
- Lugarer, arbeids- og oppholds rom bør beskyttes med vanndusj (tåkespray) når dette er mulig og ventilasjonssystemer for disse områdene bør stenges og sikres for å redusere mulighetene for at røk, støv, damp eller gas kan trenge inn. Det kan være nødvendig å legge skipet opp mot vinden slik at områdene som er nevnt beskyttes best mulig.
- Før mannskap som deltar i arbeid hvor det er oppstått lekkasje fra farlig gods, går inn i lasterom eller andre rom, må de undersøke oksygeninnholdet og teste om det er farlig røk, damper eller gasser til stede. I et lukket avstengt område er bruk av selvforsynte pusteapparater av største betydning. Bare personell som har fått opplæring i bruken av slikt utstyr bør benyttes . Det er viktig at utstyret blir godt vedlikeholdt.
- Mannskap som deltar i arbeidet med lekkasjer fra farlig gods må sikres en sikker retrett.
- Førstehjelp(«MFAG») må vurderes for personer som er blitt utsatt for forurensing fra farlige stoffer. Det kan være nødvendig å opprette stasjoner på et egnet sted for å fjerne det farlige stoffet fra personer som er blitt utsatt for det farlige stoffet.

Hvordan forholde seg ved lekkasje fra farlig gods

Den generelle reaksjon ved lekkasje hvor farlig gods er involvert kan deles inn i følgende taktiske målsetting:

- Identifikasjon
- Redning
- Isolasjon og
- Reaksjon

Det er viktig å identifisere det farlige stoffet hvor lekkasje er oppstått for å kunne bruke «Ems Spillage Schedules» slik at nødvendige tiltak kan bli igangsatt. Dette er viktig fordi noen farlige stoffer kan reagere med noen av de midlene som brukes i arbeidet med å begrense eller stroppe lekkasjen. Ut fra UN nummeret i listen over farlige stoffer finner en i kolonne 15 «Ems Spillage Schedules». En finner også opplysninger om det farlige stoffet i «The Dangerous Goods Manifest» og i «Stowage Plan» hvor handelsnavnet og UN nummeret til stoffet er oppført. Farlig gods er klassifisert og påført merkesymboler i henhold til den fare de utgjør. Mannskapet bør forstå merkesymbolene. Et datablad som produsenten leverer sammen med godset kan også gi verdifull informasjon. En bør søke råd fra produsenter, spesialiserte firmaer og fra eksperter. Nød prosedyrene bør være en del av skipets sikkerhetssystem(«Safety Management System»).

Etter å ha vurdert situasjonen som har oppstått må redning og evakuering av personer som er blitt utsatt for det farlige stoffet eller som er i faresonen gis høyeste prioritet. Nødvendig utstyr må være tilgjengelig og øvelse fra tidligere er her viktig.

Hensikten med isolasjon er å begrense antall personer som kommer i kontakt med det farlige godset som er lekket ut. Her kan avstenging av farlige områder med rep eller tape være hensiktsmessig. En må vurdere å stenge ventilasjon, air condition og andre åpninger som fører til lugarer, arbeids- og oppholds rom. En må også vurdere om passasjerer og mannskap skal evakueres.

Til sjøs er det begrensede muligheter for å få assistanse fra andre og skipsføreren må klare seg som best han kan med de midler han har til rådighet. Ofte vil den mest effektive reaksjon være å spyle over bord med vann det farlige stoffet som har lekket ut. Forsøk på ompakking av farlig stoff kan utsette mannskapet for unødvendig risiko. Noen stoffer reagerer voldsomt med vann og i slike tilfeller må en bruke andre «tørre» midler som kan dekke eller absorbere det som er lekket ut. Sagflis anbefales ikke brukt da den kan bli antent ved kontakt med enkelte stoffer og lett kan antennes ved gnister. Sement kan brukes ved for eksempel avgrensing av lekkasjen. En bør forholde seg til de anbefalinger som er gitt i «Ems Spillage Schedule(s)» for det farlige stoffet som er involvert.

Søk råd
Søk alltid råd ved lekkasje av farlig gods. Slike råd kan en få av:

- Rederiansvarlig for skipet.
- Nød informasjons sentre (slike som «Chemtrec» i USA.
- Spesialiserte firmaer.
- Profesjonelle rådgivere.
- Port State authorities.
- Kystvakten (coastguard).
- Brannstasjoner.
- Produsenter av produktet.

«**Emergency Schedules for Spillage»**
Kodene som blir brukt består av 2 bokstaver. Første bokstav er S som indikerer lekkasje(«Spillage»). Den andre bokstaven i koden angir hvilke stoffer som er involvert. Ut fra disse to bokstavene er det gitt retningslinjer for hvordan lekkasjen skal bekjempes. UN nummerert for stoffer som kommer inn under de enkelt kodene er ført opp under de enkelte kodene.
En kort oversikt viser betydningen av kodene:
S-A: Giftige stoffer.
S-B: Korrosive stoffer.
S-C: Brennbare korrosive væsker.
S-D: Brennbare væsker.
S-E: Brennbare væsker som flyter på vannet.
S-F: Vannløselige stoffer som forurenser havet(Marine Pollutants).
S-G: Brennbare faste stoffer og selvreaktive stoffer.
S-H: Brennbare faste stoffer (smeltet materiale).
S-I : Brennbare faste stoffer (ompakking mulig).

S-J: Våte eksplosiver og visse selvopphetende stoffer.
S-K: Temperaturavhengige selvreaktive stoffer.
S-L : Spontane selvantennelige vannreaktive stoffer.
S-M: Farlige stoffer som kan selvantennes spontant.
S-N: Stoffer som reagerer voldsomt med vann.
S-O: Stoffer som er farlige når de er våte (ikke oppsamlbare stoffer).
S-P : Stoffer som er farlig når de er våt(oppsamlbare stoffer).
S-Q: Oksiderende stoffer.
S-R: Organiske peroksider.
S-S: Radioaktive materialer.
S-T: Farlig gods med biologisk fare.
S-U: Brennbare, giftige eller korrosive gasse.
S-V: Ikke brennbare og ikke giftige gasser.
S-W: Oksiderende gasser.
S-X: Eksplosive gjenstander og artikler.
S-Y: Eksplosive kjemikalier.
S-Z: Giftige eksplosiver.

En indeks som gir en oversikt over UN nummer, «Ems Fire» og «Ems Spill» er tatt med for alle stoffer som er ført opp i kapitel 3.

SPILLAGE SCHEDULE Golf

S–G
FLAMMABLE SOLIDS AND SELF-REACTIVE SUBSTANCES

General comments		Wear suitable protective clothing and self-contained breathing apparatus. Avoid all sources of ignition (e.g., naked lights, unprotected light bulbs, electric handtools, friction). Wear non-sparking footwear. Stop leak if practicable.
Spillage on deck	**Packages (small spillage)**	Wash overboard with copious quantities of water. Keep clear of effluent.
	Cargo Transport Units (large spillage)	
Spillage under deck	**Packages (small spillage)**	Do not enter space without self-contained breathing apparatus. Check atmosphere before entering (toxicity and explosion hazard). Collect and contain spillage if practicable. Dispose overboard. Collect spillage using soft brushes and plastic trays.
	Cargo Transport Units (large spillage)	Provide adequate ventilation. Do not enter space without self-contained breathing apparatus. Check atmosphere before entering (toxicity and explosion hazard). Collect and contain spillage if practicable. Dispose overboard. Collect spillage using soft brushes and plastic trays.
Special cases: None.		

Figur 14.5 Lekkasje fra brennbare faste stoffer og selvreaktive stoffer

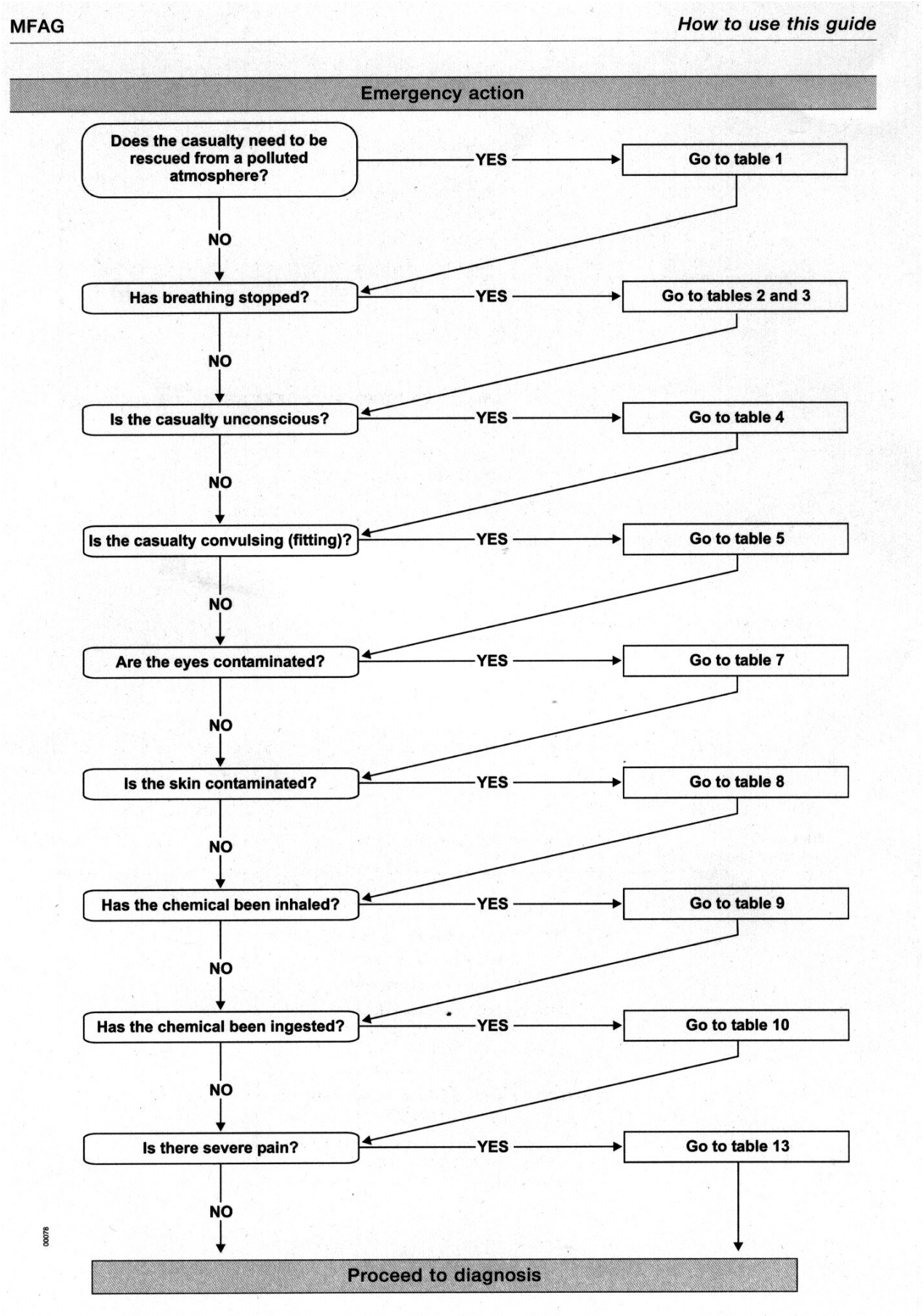
«Medical First Aid Guide» (MFAG)
Anbefalingene som er gitt i MFAG bør brukes i forbindelse med den informasjon som er gitt i IMDG koden. Behandlingen er beskrevet i 20 tabeller og 15 tillegg. Tabellene gir en kort instruksjon for spesielle tilfeller. Tilleggene inneholder mer utførlig informasjon om behandling. Tillegg 14 angir medisiner og utstyr som skal være om bord. I tillegg 15 er det ført opp en liste, sortert etter UN nummer, over kjemiske stoffer som krever spesiell behandling. Alle skip som fører farlig gods bør ha en aksjonsplan som inkluderer følgende punkter:

- En navneliste over personer som har gjennomgått førstehjelpskurs og som har øving i å takle en uhellssituasjon.
- Metoder og prosedyrer for det spesielle skip inkludert metoder og utstyr for å fjerne forurensing fra personer som er blitt utsatt for det farlige stoffet.
- Oversikt og lokalisering av beskyttelsesutstyr og transport utstyr.
- Innhold og øvingsperioder for redningsprogrammer.
- Oppbevaring av dokumentasjon som kan være med å klargjøre hvilket farlig stoff som er involvert.

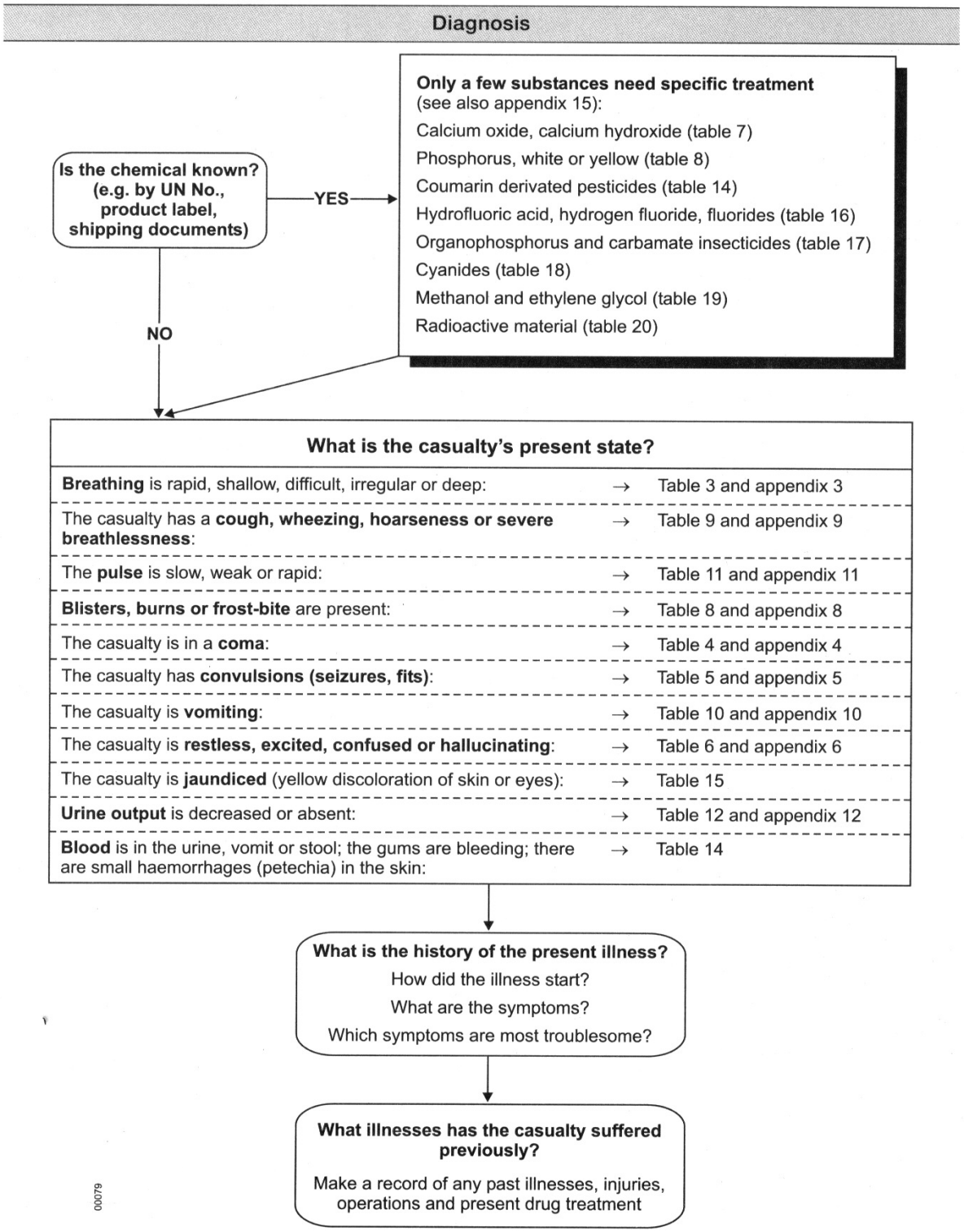
Ved en redningsaksjon må en ikke utsette seg selv eller andre for unødvendig risiko. Går en inn i et område som er forurenset uten beskyttelsesdrakt kan en selv risikere å forulykke.

De som deltar i en redningsaksjon må:

- Ikke gå inn i et forurenset område uten beskyttelsesdrakt og selvforsynt pusteapparat.
- Ikke gå inn i et avstengt område med mindre de er med i et redningsteam som har øving i slike operasjoner. Korrekte prosedyrer må følges.
- Ikke gå gjennom forurenset stoff.
- Unngå å forurense utstyret.
- Unngå å bli utsatt for forurensing når en nærmer seg et forurenset område.
- Ikke forsøke en redning med mindre en er trent og er utstyrt med forsvarlig personlig beskyttelsesdrakt og utstyr.



Figur 14.6 Hvordan bruke MFDG guiden



Figur 14.7 Diagnose

Tables

Table 1
RESCUE

Rescuers must be adequately protected from exposure before entering a contaminated area in order to avoid injury. When a chemical is unidentified, worst-case assumptions concerning toxicity must be assumed.

ARRIVAL AT SCENE

- Upon arrival at the scene, an initial assessment of the situation should be made and the size of the incident should be determined.

Rescuers must **NOT**:

- Enter a contaminated area without using a pressure-demand self-contained breathing apparatus and wearing full protective clothing;
- Enter an enclosed space unless they are trained members of a rescue team and follow correct procedures;
- Walk through any spilled materials;
- Allow unnecessary contamination of equipment;
- Attempt to recover shipping papers or manifests from contaminated area unless adequately protected;
- Become exposed while approaching a potentially contaminated area;
- Attempt rescue unless trained and equipped with appropriate personal protective equipment (PPE) and protective clothing for the situation.

QUICKLY ESTABLISH AN EXCLUSION OR HOT ZONE

- Assume that anyone leaving the exclusion zone is contaminated and should be assessed and decontaminated, if necessary.
- Do not remove non-ambulatory casualties from the exclusion zone unless properly trained personnel with the appropriate PPE are available and decontamination has been accomplished.

INITIAL TRIAGE OF CASUALTIES (SORTING AND PRIORITY)

One unconscious casualty

- Give immediate treatment to the unconscious casualty only, and
- Send for help.

Several unconscious casualties

If there is more than one unconscious casualty:

- Send for help, and
- Give appropriate treatment to the worst casualty in the priority order of:
  1 Casualties who have stopped breathing or have no pulse (see **Table 2**).
  2 Casualties who are unconscious (see **Table 4**).

Casualty is unconscious but breathing

If the casualty is unconscious or cyanotic (bluish skin) but breathing, connect to portable oxygen.

Figur 14.8 Del av Tabell 1: Redning

Eksempel 1: Bruk av IMDG-koden (side 318 i lærebok)

Et stoff har UN nr 1402. Hvilken informasjon kan du få av en slik opplysning?

Løsning: På side 60 i bind 2 finner vi følgende i de forskjellige kolonner : Stoffet er Calcium carbide. Det tilhører fareklasse 4.3, brennfarlige faste stoffer. Pakkegruppe 1 som betyr at stoffet har stor faregrad. Stoffet krever pakkekode P403 (side 139 i bind 1) som angir hvilken type emballasje som skal brukes: for kombinerte forsendelser: indre emballasje, glass plastisk, metall og ytre emballasje: fat , esker eller kanner av ulike stoffer, og maksimum vekt i disse. For enkle forsendelser: fat, kanner og kombinerte emballasjer med maksimum vekt. Videre finner vi PP31 (side 139,bind1) som betyr at emballasjen skal være hermetisk forseglet. IBC 04 (side 156 bind 1) betyr at stoffet kan fraktes i IBC –containere av metall, B1 betyr at IBC –containerne kan fraktes i lukkede lasteenheter eller i frakt containere/kjøretøy som skal ha solide sider eller stengsler minst opp til en høyde over IBC-containerne
Ems: F-G, S- N, betyr at stoffet ved brann skal behandles etter «Fire Schedule Golf», vann- reaktive stoffer(side 33,34 i supplementet). S-N betyr at stoffet ved lekkasjer skal behandles etter «Spillage Schedule November», stoffer som reagerer voldsomt med vann (side 79,80 i supplementet). Category E betyr at stoffet kan lastes på dekk eller under dekk på lasteskip (gruppe 1 skip) og kun på dekk på passasjerskip (gruppe 2 skip). Egenskaper og observasjon: Stoffet er fast. I kontakt med vann utvikler det hurtig acetylen, en meget brennbar gass, som kan antennes av varmen fra reaksjonen. Acetylen danner en meget eksplosiv blanding med salter fra noen tunge metaller. Stoffet reagerer voldsomt i kontakt med syre.

Beredskapsplaner
Skipet skal ha brannslukningsutstyr, beskyttelsesdrakter, selvforsynte pusteapparater, tåkespredere og absorberingsmateriale om bord. Som tidligere nevnt skilles det mellom beskyttelsesdrakter ved brann og ved lekkasjer. Det skal være minst 4 beskyttelsesdrakter som er motstandsdyktige mot kjemiske stoffer i tillegg til beskyttelsesdrakter mot brann. Skipsføreren er ansvarlig for at det er tilstrekkelig med utstyr om bord. Mulighetene for å få assistanse fra land er små og om bord må en klare seg med det utstyr og det mannskap en har til rådighet. Prosedyrene må være enkle og lette å bruke. Ems koden er bygd opp for å gi kort og konsis informasjon som skal gjøre skipsføreren i stand til å bruke de instruksjonene som er gitt. Normalt kan farlig gods i pakket form bli behandlet uten bruk av beskyttelsesutstyr, men når en forsendelse er blitt skadet kan innholdet lekke ut. Under slike forhold må de som deltar i aksjonen ta hensyn til mulighetene for at det kan være giftige, etsende, brennbare stoffer, væsker og gasser til stede. Damp kan oppstå i forbindelse med lekkasjer som et biprodukt ved reaksjon med andre stoffer og visse stoffer avgir giftige og etsende gasser eller damp. Å bruke riktig beskyttelsesutstyr er viktig for å unngå å komme i kontakt eller innånde det farlige stoffet. Før en setter i gang en aksjon ved uhell, bør det organiseres beredskapsgrupper. De som er med i en beredskapsgruppe må ha øving i å bruke utstyret. Oppmerksomheten rettes spesielt mot øving i å bruke selvforsynte pusteapparater. Her må en spesielt passe på at ansiktsmaskene dekker forsvarlig. Regelmessige øvinger er viktig for å kunne bruke utstyret på en sikker måte.

Aksjonsplaner
Hvilke aksjonsplaner som blir satt i verk, avhenger av hva slags uhell som har oppstått om stoffet er lastet på dekk eller under dekk, og om stoffet er gass, væske eller i fast form. Ved uhell med brennbare gasser eller væsker med flammepunkt på 61°C eller lavere, må en unngå åpen ild, ubeskyttede elektriske lamper og elektrisk håndverktøy som ikke er gassikkert. Ved lekkasje av farlig gods på dekk anbefales det å spyle med store mengder vann. Dersom stoffet reagerer med vann må en vise stor forsiktighet. Skipsføreren må vurdere om det er forsvarlig å spyle det farlige stoffet over bord. Hensynet til mannskapets sikkerhet må gå foran faren for å forurense havet. Når en må bevege seg inn i rom som har vært avsteng, må en forsikre seg om at det er tilstrekkelig oksygen tilstede(21%). I rom der det kan oppstå giftige gasser, etsende eller brennbar damp, må beskyttelsesdrakter og selvforsynte pusteapparater benyttes, og en bør lufte godt ut før en aksjon settes i gang.

Ved brann om bord er det nærliggende å bruke vann som slokkemiddel. Visse stoffer, som for eksampel karbider, reagerer med vann, og i slike tilfeller bør en bruke pulver som slokkemiddel. Der hvor Ems advarer mot bruk av skumm, skal en ikke utelukke bruk av spesialskum. Det kan være nødvendig å kaste over bord farlige stoffer for å bekjempe brannen, dersom det er fare for at slike stoffer kommer i kontakt med brannen, og kan føre til større skader. Ved brann i lasterom kan slokking med skipets faste brannslukningssystemer (CO_2, N_2 eller andre nøytrale gasser), være det mest fornuftige, men en må være klar over at slike systemer ikke er effektive mot alle typer branner.

Spesielle merknader
Ved brann i rom der det føres eksplosive stoffer, er det overveiende sannsynlig at det vil oppstå eksplosjoner. I verste fall kan det oppstå en masseeksplosjon med store skader på skipet og tap av menneskeliv. Fare for masseeksplosjon er spesielt til stede når stoffer i fareklasse 1.1 og 1.5 er involvert. Skipet kan bli så skadet at det synker. Tiden fra ilden når de eksplosive stoffene til selve eksplosjonen, kan dreie seg om sekunder eller minutter. Skipsføreren må vurdere situasjonen ut fra mengden og faregraden av eksplosivene. Noen få kilo eksplosiver vil ikke mer tilstrekkelig til å senke skipet, men større kvantum vil medføre stor risiko for sikkerheten til skip og mannskap. Å hindre tilgang på oksygen eller bruk av midler som kveler ilden kan ha noe effekt på brann i eksplosive stoffer. Det anbefales å stoppe ventilasjon og strenge lukene og bruke skipets faste brannslukningssystem. En må her følge de instruksjonene som er gitt for disse systemene med hensyn til bruken og mengden av gass som anvendes. Etter at en brann er slukket i et rom, må en være klar over at det tar lang tid før rommet er nedkjølt. Å åpne lukene kan være spesielt farlig da nøytralgassen vil slippe ut og luft komme til, noe som kan resultere at brannen blusser opp igjen. Dersom bruk av faste brannslukningssystemer ikke er mulig å bruke, må en bruke vannspray (vanndusj) og store mengder vann. En del skip(for eksempel ro - ro skip og bilferger) er utstyrt med et vannspray system istedenfor faste brannslukningssystem.

Ved bekjempelse av brann i et lasterom som inneholder stoffer i klasse 1, må en ikke bruke steam (fører til høy temperatur) som slokkemiddel. En kan bruke forskjellige andre metoder for å bekjempe brann i nærliggende last som ligger opp til eksplosivene i samme rom, men bare vann vil være effektivt dersom brannen når eksplosivene. Store mengder vann på kortest mulig tid, er den eneste metoden som kan forhindre at temperaturen øker slik at den kjemiske stabiliteten i stoffer i klasse 1 kommer ut av ballanse. Vanligvis vil eksplosive stoffer være mindre farlige når de er våte, men en må i slike tilfeller alltid søke råd fra eksperter så snart som mulig. Brann i rom eller på steder der det er plassert gassbeholdere, kan medføre stor fare for skip og mannskap. Slike beholdere må så snart som mulig kjøles ned med vann og fjernes fra steder der det brenner. Acetylenbeholdere som er blitt oppvarmet, kan eksplodere selv etter at de er nedkjølt av vann, og de må derfor dumpes i sjøen så snart som mulig.

Bruk av skum kan være effektiv ved brann i brennbare væsker. Skummet danner et lag som hindrer oksygentilførsel og reduserer varmen. Ved faste stoffer er skum mindre effektiv og siden skum inneholder vann må det ikke brukes mot brann i stoffer hvor det kan oppstå en kjemisk reaksjon. Pulver(tørre kjemikalier) kan være effektive å bruke mot brann i vannreaktive stoffer og metaller. En må forsikre seg om at pulveret ikke reagerer med det farlige godset som er involvert.

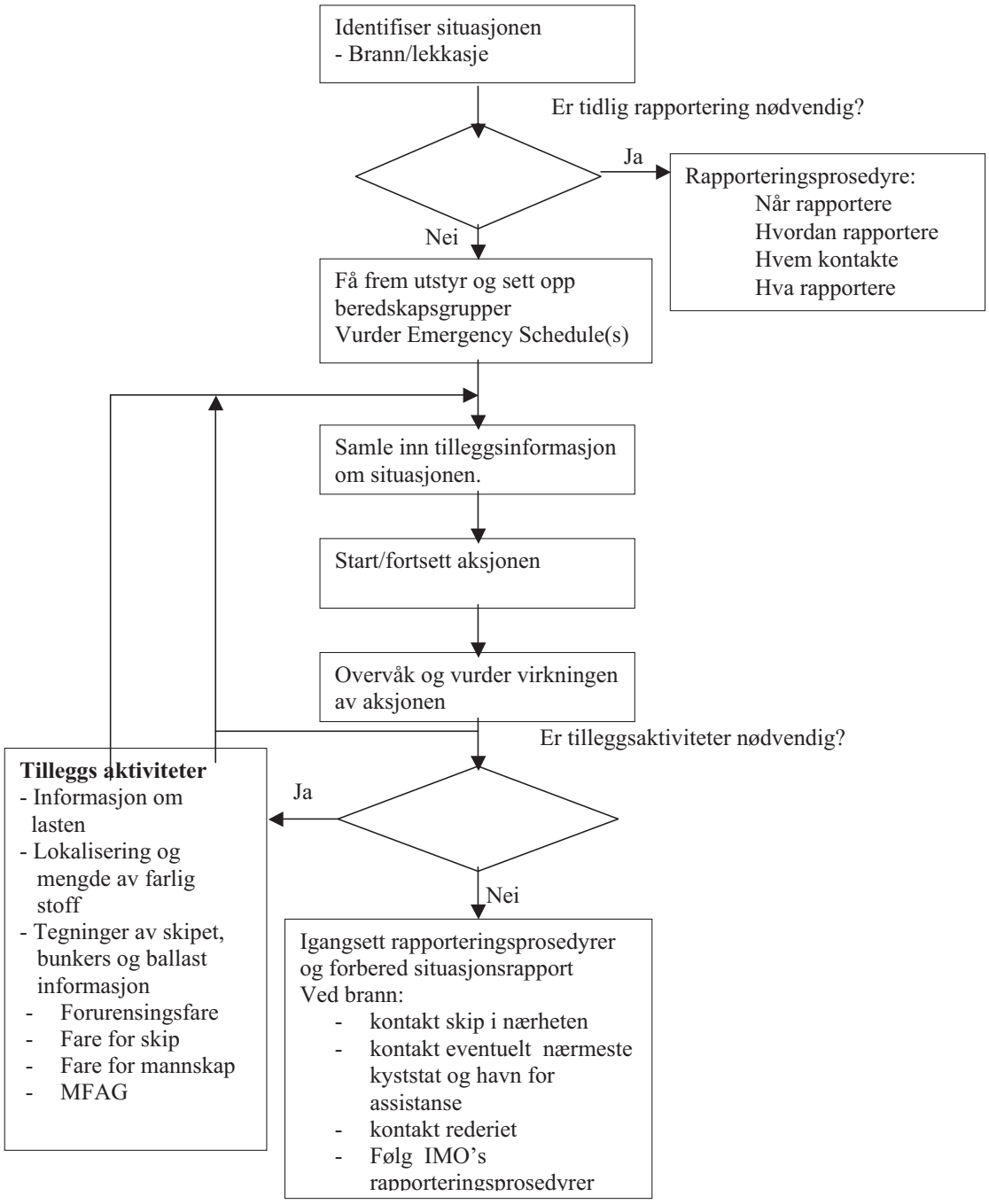
Etter at brannen i et rom er slokket og rommet nedkjølt, må det ventileres for å få ut røk og gasser. Lasten må holdes under overvåkning inntil en er sikker på at brannen ikke kan ta seg opp igjen. Brannslukningssystemene må være klar til bruk og brannvakt bør settes ut. Mannskap som har deltatt i brannslukningen må sørge for at utstyr som er blitt forurenset blir rengjort, vasket og satt på plass slik at det er klart til bruk.

Generelle retningslinjer ved brann og lekkasjer

- Tenk først av alt sikkerhet.
- Unngå kontakt med farlige stoffer.
- Utløs alarmen og ved brann start brannslukningsprosedyrene.
- Hold broen, lugarer , arbeids- og oppholds rom mot vinden dersom det er mulig.
- Lokaliser lasten som brenner eller der hvor det kommer røk og ved lekkasjer der hvor lekkasjen er oppstått.
- Identifiser hvilken type last som er involvert.
- Finn UN nummer og «Ems» for det farlige stoffet som er involvert.
- Vurder hvilke regler i «Ems Fire Schedule» eller «Ems Spillage Schedule som er anvendbar.
- Ved brann: kontroller om andre farlige stoffer kan bli involvert i brannen og bestem den relevante «Ems Fire Schedule».
- Bruk beskyttelsesdrakter og selvforsynte pusteapparater. Ved lekkasje bruk beskyttelsesdrakter som er motstandsdyktig mot kjemikalier.
- Vær forberedt på å bruke «Medical First Aid Guide» (MFAG).
- Kontakt rederiansvarlig eller redningssenter for å få eksperthjelp.

Hud som er blitt forurenset med farlig stoff må reingjøres og vaskes med vann umiddelbart

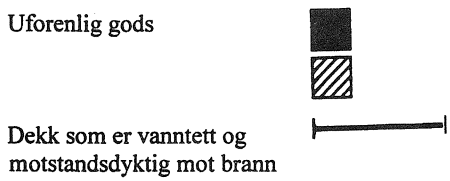
Oversikt over anbefalte reaksjoner ved brann og lekkasjer fra farlig gods om bord på skip i sjøen



Atskillelse av last (segregasjon)

Forskrift nr. 6 om stuasjeregler i SOLAS-konvensjonen krever at stoffer som er uforenlige (ikke-kompatible), skal være atskilt fra hverandre. To farlige stoffer eller artikler blir betraktet som gjensidig uforenlige dersom det kan oppstå fare når de blir stuet sammen, og det oppstår en lekkasje eller ulykke som fører til kontakt mellom stoffene. Farene som kan oppstå på grunn av en mulig reaksjon mellom uforenlige farlige stoffer, vil være forskjellige, og separasjonskravene vil derfor variere.

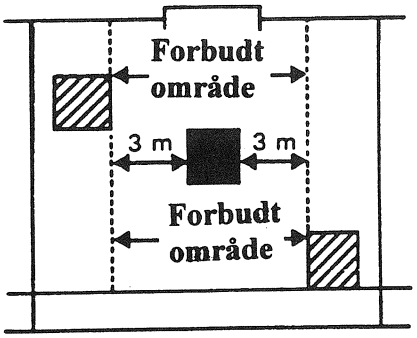
Figur 14.9 viser symbolene for uforenlige stoffer, og symbolet for et vanntett og brannsikkert dekk.



Figur 14.9

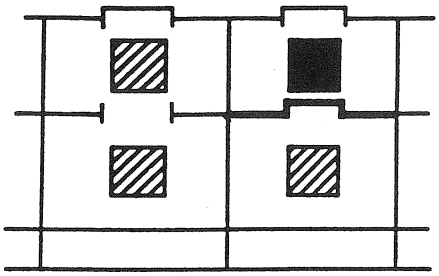
IMDG-koden bruker følgende definisjoner for atskillelse (det kan være en fordel for studentene å bruke de engelske betegnelsene):

1 **Away from – vekk fra hverandre**
De uforenlige stoffene skal være atskilt med en avstand av minst 3 m horisontalt projisert vertikalt. De kan lastes i samme rom eller på dekk, se figur 14.10.



Figur 14.10 Vekk fra hverandre

2 **Separated from – atskilt fra hverandre**
De uforenlige stoffene skal stues i forskjellige lasterom når de stues under dekk. Dersom det mellomliggende dekk er motstandsdyktig mot brann og er vanntett, kan stoffene være atskilt i vertikalplanet. For dekkstuasje skal stoffene være atskilt med en horisontal avstand på minst 6 m, se figur 14.11



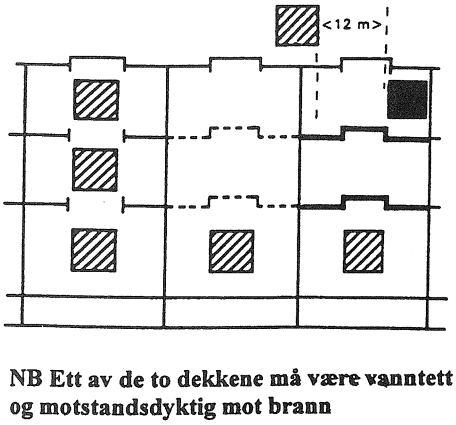
Figur 14.11 Atskilt fra hverandre

3 **Separated by a complete compartment or hold from – atskilt fra hverandre med et fullstendig mellomdekksrom eller lasterom**
De uforenlige stoffene skal være atskilt med et mellomliggende rom horisontalt og vertikalt dersom det mellomliggende dekk er motstandsdyktig mot brann og er vanntett. For dekkstuasje skal de være atskilt horisontalt med minst 12 m avstand. Den samme avstanden skal brukes dersom et kolli er plassert på dekk og et annet i det øvre lasterommet under, se figur 14.12.

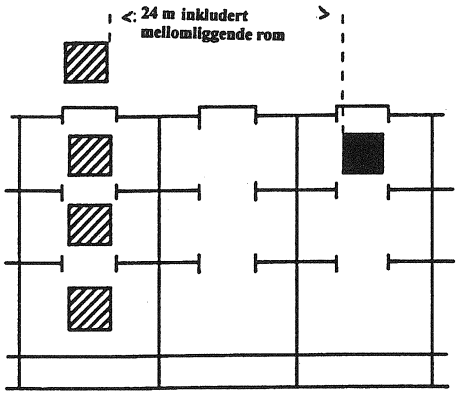
4 **Separated longituddinally by an intervening complete compartment or hold from – atskilt langskips fra hverandre med et fullstendig mellomliggende rom eller lasterom**
De uforenlige stoffene skal være atskilt horisontalt med et fullstendig mellomliggende lasterom. Vertikal atskillelse er ikke tillatt. Et kolli på dekk og et under dekk skal være atskilt med en avstand på minst 24 m. For dekkstuasje skal avstanden være minst 24 m, se figur 14.13.

Segregasjonstabell for pakket farlig gods er vist på figur 14.14

Segregasjonstabellen brukes slik:
Når vi skal laste to farlige stoffer, for eksempel et stoff i klasse 4.1, brannfarlige faste stoffer, og et stoff i klasse 6.2, smittsomme stoffer, går vi inn med det ene stoffet i første kolonne loddrett og det andre i øverste rad. Vi leser av og finner tallet tre. Det betyr at stoffene skal være atskilt fra hverandre med et fullstendig mellomdekksrom eller lasterom (separated by a complete compartment and hold from).



Figur 14.12 Atskilt fra hverandre med et fullstendig mellomdekksrom eller lasterom



Figur 14.13 Atskilt langskips fra hverandre med et fullstendig mellomliggende rom eller lasterom

Segregation table

The following table shows the general requirements for segregation between the various classes of dangerous goods.

SINCE THE PROPERTIES OF SUBSTANCES OR ARTICLES WITHIN EACH CLASS MAY VARY GREATLY, THE INDIVIDUAL SCHEDULES SHOULD ALWAYS BE CONSULTED FOR PARTICULAR REQUIREMENTS FOR SEGREGATION AS THESE TAKE PRECEDENCE OVER THE GENERAL REQUIREMENTS.

SEGREGATION SHOULD ALSO TAKE ACCOUNT OF A SINGLE SUBSIDIARY RISK LABEL.

CLASS		1.1 1.2 1.5	1.3 1.6	1.4	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	7	8	9
Explosives	1.1, 1.2, 1.5	*	*	*	4	2	2	4	4	4	4	4	4	2	4	2	4	X
Explosives	1.3, 1.6	*	*	*	4	2	2	4	3	3	4	4	4	2	4	2	2	X
Explosives	1.4	*	*	*	2	1	1	2	2	2	2	2	2	X	4	2	2	X
Flammable gases	2.1	4	4	2	X	X	X	2	1	2	X	2	2	X	4	2	1	X
Non-toxic, non-flammable gases	2.2	2	2	1	X	X	X	1	X	1	X	X	1	X	2	1	X	X
Poisonous gases	2.3	2	2	1	X	X	X	2	X	2	X	X	2	X	2	1	X	X
Flammable liquids	3	4	4	2	2	1	2	X	X	2	1	2	2	X	3	2	X	X
Flammable solids	4.1	4	3	2	1	X	X	X	X	1	X	1	2	X	3	2	1	X
Spontaneously combustible substances	4.2	4	3	2	2	1	2	2	1	X	1	2	2	1	3	2	1	X
Substances which are dangerous when wet	4.3	4	4	2	X	X	X	1	X	1	X	2	2	X	2	2	1	X
Oxidizing substances	5.1	4	4	2	2	X	X	2	1	2	2	X	2	1	3	1	2	X
Organic peroxides	5.2	4	4	2	2	1	2	2	2	2	2	2	X	1	3	2	2	X
Poisons	6.1	2	2	X	X	X	X	X	X	1	X	1	1	X	1	X	X	X
Infectious substances	6.2	4	4	4	4	2	2	3	3	3	2	3	3	1	X	3	3	X
Radioactive materials	7	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	X	3	X	2	X
Corrosives	8	4	2	2	1	X	X	X	1	1	1	2	2	X	3	2	X	X
Miscellaneous dangerous substances and articles	9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Numbers and symbols relate to the following terms as defined in this section:

1 — "Away from"
2 — "Separated from"
3 — "Separated by a complete compartment or hold from"
4 — "Separated longitudinally by an intervening complete compartment or hold from"
X — The segregation, if any, is shown in the individual schedules
*** — See subsection 6.2 of the introduction to class 1 for segregation within class 1**

Figur 14.14 Segregasjonstabell for pakket farlig gods

Separasjon av pakket farlig gods i forhold til farlig gods i containere

Vi skiller mellom *åpne* og *lukkede* containere. Farlig gods som er stuet på konvensjonell måte, skal skilles fra farlig gods som er stuet i en åpen container, i henhold til segregasjonstabellen på figur 14.14. Det samme

gjelder i forhold til gods stuet i en lukket container, men med følgende unntak:
– Når *away from* (vekk fra hverandre) er påkrevd, er det ikke nødvendig med skille mellom pakket farlig gods og den lukkede containeren. — Når *separated from* (atskilt fra hverandre) er påkrevd, skal skille mellom pakket farlig gods og den lukkede containeren være som for *away from* (vekk fra hverandre).

Skipskontrollens regler tillater avvik fra kravene til merking, dokumentasjon og stuing ved transport av farlig gods til og fra installasjoner på norsk kontinentalsokkel dersom følgende krav er oppfylt:

1 *Merking:*
Godset må føres i lukket container, og hvert kolli må merkes med fa-reseddel. Containeren som inneholder produkter som er klassifisert i henhold til IMDG-koden, skal være forsynt med fareseddel med minstestørrelse 10 cm x 10 cm. Fareseddelen skal være godt synlig for skipets besetning. Merking i samsvar med andre internasjonale transportkoder med basis i FNs rekommandasjon for transport av farlig gods er tillatt.

2 *Dokumentasjon:*
– Skipets fører og besetning må til enhver tid vite hvilken type og mengde farlig gods skipet fører, og der godset er plassert. Det må fremgå av en lasteliste.
– Skipets reder eller fører skal sørge for at det finnes nødvendig faglitteratur om bord som dekker lasten med hensyn til brann- og eksplosjonsfare, giftighet, helsefare, sykdomssymptomer, for-holdsregler ved skade på utstyr, last og person m.m.
– Oppslag med opplysninger om forholdsregler ved uhell eller ulykker skal være satt opp på synlige steder.

3 *Stuing:*
Stuing av containere med farlig gods forutsettes å skje på *åpent dekk*. Farlig gods som etter IMDG-koden skal stues
– *away from*, kan stues i samme container når
– godset ikke kan gi uønskede reaksjoner
– godset ikke er av forskjellig fareklasse
– *separated from*, kan stues i samme container på samme vilkår forutsatt atskillelse på 3 m
– *separated by* a complete compartment or hold from, kan stues på åpent dekk i forskjellige containere med minst 3 m avstand. Kun gods emballert i henhold til IMDG-kodens krav til emballasje, Annex 1 (Packing Recommendations), tillates innlastet

Segregasjon av fraktcontainere om bord på containerskip

Containere som blir brukt til transport av pakket farlig gods og til bulk-forsendelser av faste farlige stoffer, skal være konstruert slik at de er i stand til å motstå vanlige påkjenninger som de kan bli utsatt for under transport, og de skal være godt vedlikeholdt. De skal være godkjent i henhold til «The international Convention for Safe Containers» (CSC).

Farlig gods som i følge reglene skal være atskilt fra hverandre, skal ikke føres i samme container, men med unntak av at gods der *away from* (vekk fra hverandre) er påkrevd kan godset stues i samme contai-ner med innbyrdes avstand 3 m. Containere med farlig gods skal være merket med faresymboler (250 mm x 250 mm). Godsets navn bør også være påført. I tillegg skal det utstedes et containersertifikat der innhol-det av godset er beskrevet.

Figur 14.15 viser segregasjonstabellen for containere på containerskip. Med en containeravstand (a container space) mener vi avstand på minst 6 m i langskips retning og 2,4 m i tverrskips retning. En tom container kan brukes som skille. Et celleinndelt skip (vanlig containerskip) er et skip der vi kan stue containere under dekk i spesielle spor som holder containeren på plass under transporten. Containere som lastes på dekk på slike skip, er spesielt stablet og sikret med spesielle fester.

Table of segregation of cargo transport units on board hatchless container ships

SEGREGATION REQUIREMENT	VERTICAL				HORIZONTAL					
	CLOSED VERSUS CLOSED	CLOSED VERSUS OPEN	OPEN VERSUS OPEN		CLOSED VERSUS CLOSED		CLOSED VERSUS OPEN		OPEN VERSUS OPEN	
					ON DECK	UNDER DECK	ON DECK	UNDER DECK	ON DECK	UNDER DECK
"AWAY FROM" .1	ONE ON TOP OF THE OTHER PERMITTED	OPEN ON TOP OF CLOSED PERMITTED OTHERWISE AS FOR "OPEN VERSUS OPEN"	*NOT* IN THE SAME VERTICAL LINE	FORE AND AFT	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	*ONE* CONTAINER SPACE	*ONE* CONTAINER SPACE *OR ONE* BULKHEAD
				ATHWART-SHIPS	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	*ONE* CONTAINER SPACE	*ONE* CONTAINER SPACE
"SEPARATED FROM" .2	*NOT* IN THE SAME VERTICAL LINE	AS FOR "OPEN VERSUS OPEN"		FORE AND AFT	*ONE* CONTAINER SPACE	*ONE* CONTAINER SPACE *OR ONE* BULKHEAD	*ONE* CONTAINER SPACE	*ONE* CONTAINER SPACE *OR ONE* BULKHEAD	*ONE* CONTAINER SPACE AND NOT IN OR ABOVE SAME HOLD	*ONE* BULKHEAD
				ATHWART-SHIPS	*ONE* CONTAINER SPACE	*ONE* CONTAINER SPACE	*TWO* CONTAINER SPACES	*TWO* CONTAINER SPACES	*TWO* CONTAINER SPACES AND NOT IN OR ABOVE SAME HOLD	*ONE* BULKHEAD
"SEPARATED BY A COMPLETE COMPARTMENT OR HOLD FROM" .3				FORE AND AFT	*ONE* CONTAINER SPACE AND NOT IN OR ABOVE SAME HOLD	*ONE* BULKHEAD	*ONE* CONTAINER SPACE AND NOT IN OR ABOVE SAME HOLD	*ONE* BULKHEAD	*TWO* CONTAINER SPACES AND NOT IN OR ABOVE SAME HOLD	*TWO* BULKHEADS
				ATHWART-SHIPS	*TWO* CONTAINER SPACES AND NOT ABOVE SAME HOLD	*ONE* BULKHEAD	*TWO* CONTAINER SPACES AND NOT ABOVE SAME HOLD	*ONE* BULKHEAD	*THREE* CONTAINER SPACES AND NOT ABOVE SAME HOLD	*TWO* BULKHEADS
"SEPARATED LONGITUDINALLY BY AN INTERVENING COMPLETE COMPARTMENT OR HOLD FROM" .4	PROHIBITED			FORE AND AFT	MINIMUM HORIZONTAL DISTANCE OF 24 METRES AND NOT IN OR ABOVE SAME HOLD	*ONE* BULKHEAD *AND* MINIMUM HORIZONTAL DISTANCE OF 24 METRES*	MINIMUM HORIZONTAL DISTANCE OF 24 METRES AND NOT ABOVE SAME HOLD	*TWO* BULKHEADS	MINIMUM HORIZONTAL DISTANCE OF 24 METRES AND NOT ABOVE SAME HOLD	*TWO* BULKHEADS
				ATHWART-SHIPS	PROHIBITED	PROHIBITED	PROHIBITED	PROHIBITED	PROHIBITED	PROHIBITED

* CONTAINERS NOT LESS THAN 6 METRES FROM INTERVENING BULKHEAD.

NOTE: ALL BULKHEADS AND DECKS SHALL BE RESISTANT TO FIRE AND LIQUID.

Figur 14.15 b Segregasjonstabell for «lukeløse» containerskip

Segregasjon av farlig last i transport-enheter om bord på roroskip

Et roroskip er et skip som har ett eller flere dekk. Dekket er enten lukket eller åpent og er normalt ikke oppdelt, men strekker seg gjennom hele skipets lengde. Lasting og lossing foregår normalt i horisontal retning.

Reglene for atskillelse av containere om bord i containerskip gjelder om bord på roroskip som fører fraktcontainere på dekk eller i rommene, og som er tilpasset for permanent stuasje av slike containere under transporten.

Med transportenhet (unit) mener vi her et hvilket som helst kjøretøy, container, tank, bulkcontainere, enhetslaster, eller beholdere som lastes eller losses separat som en enhet.

En lukket enhet er en enhet der det farlige godset er helt innelukket. Enheter med løse sider eller topp er ikke en lukket enhet. Figur 14.16 viser segregasjonstabellen for roroskip.

SEGREGATION REQUIREMENT		HORIZONTAL					
		CLOSED VERSUS CLOSED		CLOSED VERSUS OPEN		OPEN VERSUS OPEN	
		ON DECK	UNDER DECK	ON DECK	UNDER DECK	ON DECK	UNDER DECK
"AWAY FROM" 1	FORE AND AFT	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	AT LEAST 3 METRES	AT LEAST 3 METRES
	ATHWART-SHIPS	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	NO RESTRICTION	AT LEAST 3 METRES	AT LEAST 3 METRES
"SEPARATED FROM" 2	FORE AND AFT	AT LEAST 6 METRES	AT LEAST 6 METRES or ONE BULKHEAD	AT LEAST 6 METRES	AT LEAST 6 METRES or ONE BULKHEAD	AT LEAST 6 METRES	AT LEAST 12 METRES or ONE BULKHEAD
	ATHWART-SHIPS	AT LEAST 3 METRES	AT LEAST 3 METRES or ONE BULKHEAD	AT LEAST 3 METRES	AT LEAST 6 METRES or ONE BULKHEAD	AT LEAST 6 METRES	AT LEAST 12 METRES or ONE BULKHEAD
"SEPARATED BY A COMPLETE COMPARTMENT OR HOLD FROM" 3	FORE AND AFT	AT LEAST 12 METRES	AT LEAST 24 METRES + DECK	AT LEAST 24 METRES	AT LEAST 24 METRES + DECK	AT LEAST 36 METRES	TWO DECKS or TWO BULKHEADS
	ATHWART-SHIPS	AT LEAST 12 METRES	AT LEAST 24 METRES + DECK	AT LEAST 24 METRES	AT LEAST 24 METRES + DECK	AT LEAST 36 METRES	PROHIBITED
"SEPARATED LONGITUDINALLY BY AN INTERVENING COMPLETE COMPARTMENT OR HOLD FROM" 4	FORE AND AFT	AT LEAST 36 METRES	TWO BULKHEADS or AT LEAST 36 METRES + TWO DECKS	AT LEAST 36 METRES	AT LEAST 48 METRES INCLUDING TWO BULKHEADS	AT LEAST 48 METRES	PROHIBITED
	ATHWART-SHIPS	PROHIBITED	PROHIBITED	PROHIBITED	PROHIBITED	PROHIBITED	PROHIBITED

NOTE: ALL BULKHEADS AND DECKS SHOULD BE RESISTANT TO FIRE AND LIQUID

Figur 14.16 Segregasjonstabell for roroskip

Segregasjon av farlig gods på Lash-skip

Lash-skip står for «Lighter Aboard Ship». Skipene er innrettet for å frakte standard lektere som stables i høyden i rommene. Når en lekter er lastet med to eller flere stoffer med forskjellige krav til atskillelse, skal vi bruke det strengeste segregasjonskravet som kan anvendes. Det gjelder spesielle regler for hvordan last og lektere skal være atskilt.

– *Away from* og *separated from* krever ingen segregasjon mellom lek-

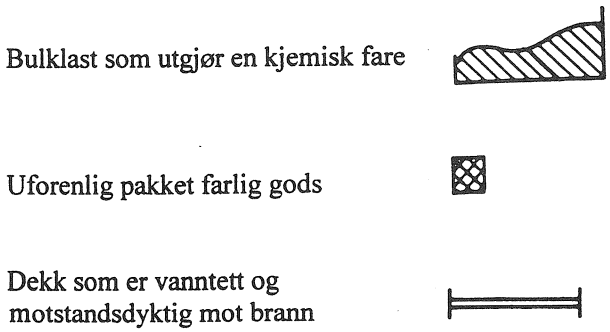
terne, men i en og samme lekter må stoffene være skilt etter vanlige regler.

- *Separated by a complete compartment from* vil for Lash-skip med vertikale rom kreve at lekterne blir lastet i forskjellige rom. Dersom skipet har horisontal inndeling for plassering av lektere, kreves det at lekterne lastes i forskjellig nivå og ikke i samme vertikale linje.
- *Separated longitudinally by an intervening complete compartment or hold from* krever for Lash- skip med vertikale rom at det er et mellomliggende rom eller maskinrom mellom lekterne. På Lash-skip med horisontalt inndelte rom kreves det at lekterne blir lastet i forskjellig nivå og med to mellomliggende rom i langskipsretning. Det henvises for øvrig til IMDG-koden.

Segregasjon mellom bulklaster som utgjør en kjemisk fare og farlig gods i pakket form

Når skipet fører stoffer i bulk som kan utgjøre en kjemisk fare, og i tillegg fører farlig pakket gods, må stoffene være atskilt i henhold til den faregrad de representerer.

Symboler for uforenlige stoffer i bulk og uforenlig pakket farlig gods er vist på figur 14.17



Figur 14.17

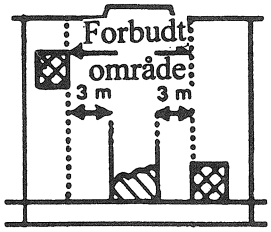
Segregasjon av bulklast og pakket farlig gods

Away from – vekk fra hverandre

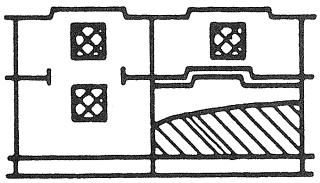
Atskillelsen skal være effektiv slik at uforenlige stoffer ikke kan reagere på en farlig måte i tilfelle uhell. Stoffene kan bli ført i samme rom eller på dekk forutsatt at de er atskilt med en minsteavstand på 3 m, se figur 14.18.

Separated from – atskilt fra hverandre

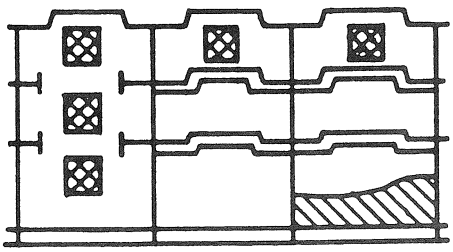
Stoffene skal bli ført i forskjellige rom når de er stuet under dekk. Dersom det mellomliggende dekket er vannfast og motstandsdyktig mot brann, kan stoffene være atskilt i vertikalplanet, se figur 14.19.



Figur 14.18 Vekk fra hverandre



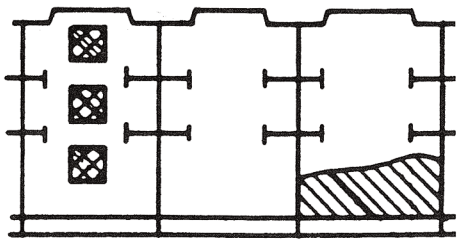
Figur 14.19 Atskilt fra hverandre



Figur 14.20 Atskilt fra hverandre med et fullstendig mellomdekksrom eller lasterom

Separated by a complete compartment or hold from – atskilt fra hverandre med et fullstendig mellomdekksrom eller lasterom
Det menes her enten en vertikal eller en horisontal atskillelse. Dersom det mellomliggende dekket ikke er vanntett eller motstandsdyktig mot brann, aksepteres bare langskips atskillelse, se figur 14.20.

Separated longitudinally by an intervening complete compartment – atskilt langskips fra hverandre med et fullstendig mellomliggende rom eller lasterom
Vertikal atskillelse alene fyller ikke kravet til atskillelse, se figur 14.21.



Figur 14.21 Atskilt langskip fra hverandre med et fullstendig mellomliggende rom eller lasterom

Segregasjonstabell for bulklaster som utgjør en kjemisk fare, og farlig gods i pakket form er vist på figur 14.22.

Bulk materials (classified as dangerous goods)	Dangerous goods in packaged form: CLASS	1.1 1.2 1.5	1.3 1.6	1.4	2.1	2.2 2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	7	8	9
Flammable solids	4.1	4	3	2	2	2	2	X	1	X	1	2	X	3	2	1	X
Substances liable to spontaneous combustion	4.2	4	3	2	2	2	2	1	X	1	2	2	1	3	2	1	X
Substances which, in contact with water, emit flammable gases	4.3	4	4	2	1	X	2	X	1	X	2	2	X	2	2	1	X
Oxidizing substances (agents)	5.1	4	4	2	2	X	2	1	2	2	X	2	1	3	1	2	X
Poisonous (toxic) substances	6.1	2	2	X	X	X	X	X	1	X	1	1	X	1	X	X	X
Radioactive materials	7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	X	3	X	2	X
Corrosives	8	4	2	2	1	X	1	1	1	1	2	2	X	3	2	X	X
Miscellaneous dangerous substances and articles	9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Materials hazardous only in bulk (MHB)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	X	X	X

Numbers and symbols relate to the following terms, as defined in 15.6.1.3:
1 – "Away from"
2 – "Separated from"
3 – "Separated by a complete compartment or hold from"
4 – "Separated longitudinally by an intervening complete compartment or hold from"
X – The segregation, if any, is shown in the individual schedules in this Code or the individual entries in the Code of Safe Practice for Solid Bulk Cargoes

Figur 14.22 Segregasjonstabell for farlige bulklaster og pakket farlig gods

Transport av pakket farlig gods i begrensede mengder

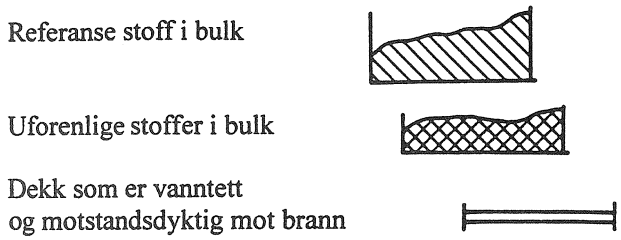
Farlig gods i pakket form kan etter spesielle regler transporteres i begrenset mengde uten krav til atskillelse og merking. Det farlige godset skal være forsvarlig pakket i en indre pakning med en ytre beskyttelse som skal imøtekomme kravene til pakkegruppe III. Total vekt av forsendelsen skal ikke overstige 30 kg, men kvantumet skal under ingen omstendighet overstige det maksimum kvantumet som er angitt i koden for det enkelte stoff. Farlig gods i begrenset mengde skal være tatt med i Dangerous Goods Declaration sammen med en beskrivelse av forsendelsen. Farlig gods i begrenset mengde som er beregnet til personlig bruk eller til husholdningsbruk, er unntatt fra merking med teknisk navn, UN-nummer og merking for forurensing av havet.

Transport av farlig gods i bulk som utgjør en kjemisk risiko

Noen stoffer som transporteres i bulk kan utgjøre en fare under transporten på grunn av kjemiske egenskaper. Noen av disse stoffene er karakterisert som farlig gods, andre som stoffer som kan utgjøre en risiko når de transporteres i bulk. Stoffer som avgir gasser som kan være eksplosive, bør stues slik at de blir godt ventilert. Stoffer som kommer inn under klassene 4.1 (brannfarlige faste stoffer), 4.2 (stoffer som kan selvantenne), 4.3 (stoffer som i kontakt med vann kan avgi brennbare gasser) og 5.1 (oksiderende stoffer) bør stues slik at de holder seg så kalde og tørre som mulig, og alle former for varme eller antennelse kilder må unngås. I tillegg må stoffer i klasse 5.1 stues *atskilt fra* brennbare stoffer. Før vi laster stoffer av klasse 5.1, bør vi forsikre oss om at rommet er godt rengjort. Vi må så langt som praktisk mulig, bare bruke ikke-brennbare materialer og et minimum av tørr dunnasje for å sikre lasten. Spesielle krav gjelder for transport av radioaktive stoffer (klasse 7). Stoffer i klasse 8 (etsende stoffer) og stoffer som har lignende egenskaper skal holdes så tørre som mulig under transporten. Før vi laster slike stoffer bør vi forsikre oss om at rommene er rene og tørre. Appendix B i BC-koden angir en rekke stoffer som utgjør en kjemisk risiko når de transporteres i bulk. Noen av disse stoffene er: kull, ferrosilisium, aluminium nitrater og kalsium nitrater.

Segregasjon av uforenlige stoffer i bulk som utgjør en kjemisk risiko

Figur 14.23 viser symboler for segregasjon.



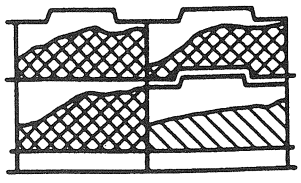
Figur 14.23 Symboler for segregasjon

Separatet from – atskilt fra hverandre
Lastes i forskjellige rom når stuet under dekk. Forutsatt at det mellomliggende dekket er vanntett og motstandsdyktig mot brann, kan stoffene være atskilt i vertikalplanet, se figur 14.24.

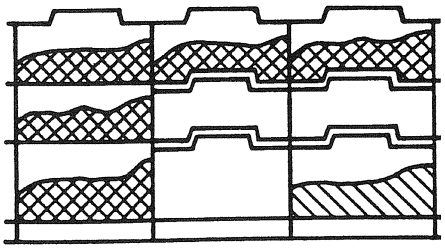
Separation by a complete compartment or hold from – atskilt fra hverandre med et fullstendig mellomdekksrom eller lasterom
Stoffene kan være atskilt enten vertikalt eller horisontalt. Dersom det mellomliggende dekket ikke er vanntett eller motstandsdyktig mot brann, kan bare langskips atskillelse brukes, se figur 14.25.

Segregasjonstabell for uforenlige bulklaster som utgjør en kjemisk risiko.

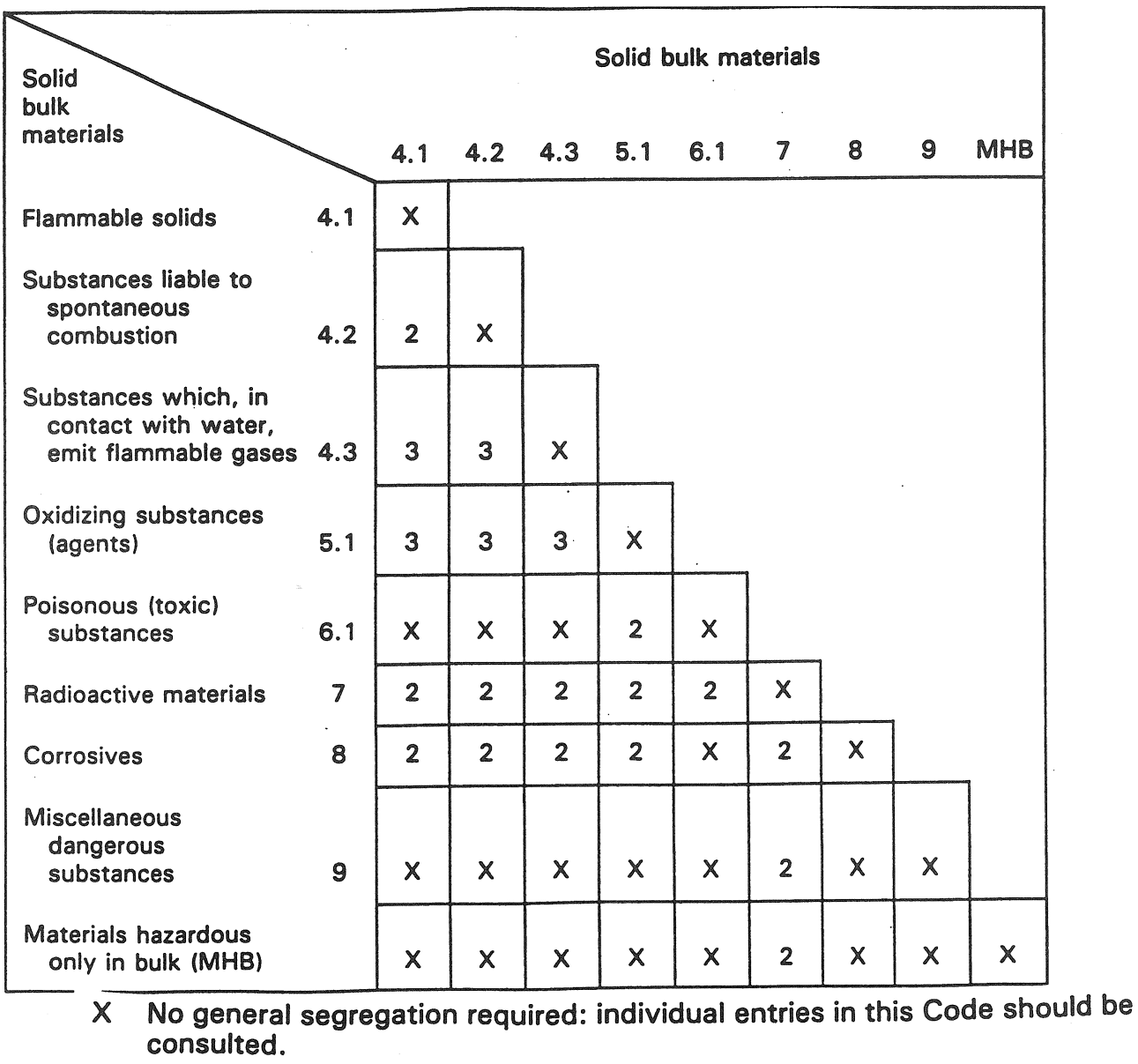
Med mindre noe annet fremgår av Appendiks B eller i opplysningene for de enkelte stoffene, skal følgende tabell brukes for atskillelse mellom uforenlige stoffer i bulk som utgjør en kjemisk risiko:



Figur 14.24 Bulklaster, atskilt fra hverandre



Figur 14.25 Bulklaster, atskilt fra hverandre langskips eller vertikalt



Figur 14.26 Tabell for segregasjon av stoffer i bulk som utgjør en kjemisk risiko

Rapportering av hendelser som involverer farlig gods

Forskrift nr. 7-1 i SOLAS krever at det skal rapporteres til nærmeste kyststat når det oppstår uhell med farlig gods. Rapporten skal alltid inneholde følgende punkter:

- Identiteten til skip som er involvert
- Tidspunkt, type og lokalisering av uhellet
- Kvantum og type av skadelig stoff
- Assistanse og redningsmetode

Tilleggsrapporter bør sendes om nødvendig eller på forespørsel fra stater som er berørt av uhellet. Rapporten skal sendes på hurtigste måte via telekommunikasjonsmidler og med høyest mulig prioritet til nær-

meste kyststat. IMDG-koden gir følgende retningslinjer for hva en slik rapport skal inneholde:

1 Korrekt teknisk navn på stoffet
2 UN-nummer (eller numre)
3 IMO-fareklasse (eller klasser)
4 Navnet på produsenten av stoffet dersom det er kjent, eller navnet til mottaker eller avsender
5 Type pakker inkludert identifikasjonsmerker. Spesifiser om det er transportable tanker, kjøretøy eller fraktcontainere eller annen lastetransportenhet som inneholder pakker. Det offisielle registreringsmerket og nummer som er gitt til enheten bør være med
6 Angi et overslag over kvantumet av og den tilsynelatende tilstanden for stoffet
7 Angi om det tapte godset flyter eller synker
8 Angi om tapet er kontinuerlig
9 Angi årsaken til tapet

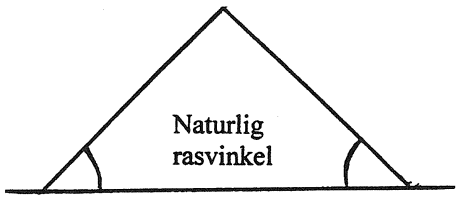
Dersom situasjonen for skipet er slik at det kan være fare for ytterligere tap av pakket farlig gods i sjøen, bør vi sende en tilleggsrapport som i tillegg til eventuelle tilleggsopplysninger, inneholder de samme opplysninger som nevnt ovenfor.

I tilfeller der skipet har mistet gods som kan utgjøre en fare for det marine miljøet, skal vi sende en rapport av samme type som ovenfor. Vi bør også oppgi skipets tilstand, om tapet av gods fortsatt pågår og hvilke aksjoner som er igangsatt for å stoppe eller begrense uhellet.

Generelle forholdsregler ved transport av bulklaster

Definisjoner:

1 *Stykkgodsfartøy*: Et enkeltdekket fartøy eller et fartøy med ett eller flere mellomdekk der lasterommene er ubrutt fra hudplate til hudplate. Det kan også være et fartøy der oppdelingen av lasterommet med langskipsskott ikke er tilstrekkelig til å hindre bulklasten i å kaste seg slik at det setter stabiliteten i fare.
2 *Bulkskip*: Skip som er spesialkonstruert for å føre bulklaster, og der det er anbrakt permanente skott som i tilstrekkelig grad begrenser forskyvning av lasten.
3 *Bulklast*: Last som består av faste stoffer i partikkel eller kornaktig form, inklusive konsentrater med eller uten vanninnhold, som regel av homogen sammensetning, og som lastes direkte i fartøyets lasterom uten sekker eller annen emballasje. Kornlast skal føres i samsvar med kapittel V.
4 *Naturlig rasvinkel*: Vinkelen mellom horisontalplanet og sideflaten i kjeglen som blir dannet når bulklast styrtes på dette planet, se figur 14.30. En liten naturlig rasvinkel er karakteristisk for en bulklast som er spesielt tilbøyelig til tørr overflatebevegelse om bord i skip.
5 *Fuktighetsinnhold*: Den delen av en prøve som består av vann, is eller en annen væske uttrykt i prosent av den totale vekt av prøven.



Figur 14.27 Naturlig rasvinkel

6 *Konsentrat*: Det stoffet som er igjen når naturlig malm har gjennomgått en renseprosess der uønskede bestandeler er skilt ut. Andre stoffer med liknende fysiske egenskaper går også inn under denne betegnelsen.
7 *Fuktighetsgrense for transport*: Det maksimale fuktighetsinnhold i et konsentrat som det blir ansett forsvarlig å transportere til sjøs i et stykkgodsfartøy.

Ved lasting av bulklaster er det svært viktig at lasten er jevnt fordelt for å hindre overbelastning på skroget. Før lasting skal avskiper gi skipsføreren informasjon om lastens stuasjefaktor, kastfare og andre spesielle forhold med lasten. Skipsføreren skal før avgang legge frem beregninger som viser at stabiliteten er tilfredsstillende ved avgang og vil holde seg stabil på reisen.

Når det lastes bulklaster med høy spesifikk vekt, blir lastetilstanden vesentlig forskjellig fra det som er normalt. Med en stuasjefaktor på 0,56 m^3 /tonn eller mindre er det viktig å ta hensyn til vektfordelingen for å unngå skadelige påkjenninger. Et vanlig stykkgodsskip er konstruert for å føre laster som har stuasje faktor på ca. 1,39–1,67 m^3 /tonn når det er lastet til full utnyttelse av kubikk og dødvekt kapasitet. Ved lasting av bulklaster med høy spesifikk vekt kan det, ved ufornuftig vektfordeling, oppstå store påkjenninger lokalt og på selve skroget. Det er ikke mulig å gi eksakte regler for hvordan vektfordelingen bør være for det enkelte skip. Det anbefales derfor at skipsføreren blir forsynt med tilstrekkelig informasjon om lasten, slik at han kan bli i stand til å planlegge vektfordeling for å unngå overbelastning på skroget. Skipsføreren bør i alminnelighet rette seg etter de lasteinformasjonene som er gitt i opplysningene om stabiliteten for skipet, og dersom lasteinstrument finnes om bord etter de resultatene som dette gir.

Skipskontrollens regler angir følgende generelle sikkerhetstiltak ved lasting av bulklaster (den internasjonale bulkkoden, BC-koden, gir tilsvarende anbefalinger):
1 For bulkskip med ujevn lastfordeling skal lastens naturlig minste rasvinkel være som forutsatt av klassifikasjonsselskapet der skipet er klassifisert. Last som avviker fra forutsetningene, skal ikke føres med mindre spesiell godkjenning er innhentet.
2 For stykkgodsfartøy der klassifikasjonsselskapenes forutsetninger for lastfordeling ikke foreligger, skal følgende forholdsregler brukes som veiledning ved lasting. Den generelle langskips vektfordeling av lasten skal ikke avvike nevneverdig fra det som har vist seg å være tilfredsstillende for stykkgods.
3 Følgende formel gir det maksimale antall tonn som kan innlastes i et enkelt underrom:

$$d \cdot b\,(3 \cdot L + B) / 6{,}9$$

der d = skipets dypgående til sommermerket
b = underrommets midlere bredde
L = underrommets lengde
B = skipets største bredde på spant

Hvis lasten er trimmet plan, kan det maksimale antall tonn som lastes i et enkelt underrom, øke med 20 % utover det kvantum som fås av formelen, forutsatt at lastingen er i overensstemmelse med punkt 1.

4 Hvis lasten er utrimmet eller bare delvis trimmet, skal lastehaugens høyeste punkt over dørken i rommet ikke overstige:

$$1{,}26 \cdot d \cdot \text{stuingsfaktor}$$

5 Der akseltunnel virker som avstiver for bunnen av skipet, kan underrom aktenfor maskinrommet lastes til ca. 10 % mer en angitt ved formlene i punktene 3, 4 og 5 forutsatt at fordelingen er i samsvar med punkt 1.
6 Før og under lasting av bulklast skal alle sikkerhetsforanstaltninger som alminnelig sjømannsskap tilsier, iakttas.
7 Skipsføreren skal ta de nødvendige forholdsregler for å hindre at det kommer støv i dekksmaskineriets bevegelige deler.
8 Når det er praktisk mulig, skal ventilasjonsanlegg avstenges eller skjermes under lasting og lossing for å hindre støv fra å trenge inn i oppholdsrom og andre deler av innredningen.
9 Før lasting skal rommene inspiseres og klargjøres nøye for den spesielle bulklasten som skal tas om bord.
10 Oppmerksomheten bør rettes spesielt mot lensebrønner og siler som skal klargjøres for å gi godt avløp.
11 Før bulklast blir tatt inn, skal skipsføreren sørge for at lenseledninger, peilerør og andre driftsledninger i rommet er i orden. På grunn av hastigheten som en del bulklaster styrtes ned i rommet med, er det nødvendig å utvise spesiell forsiktighet for å unngå skader på utstyr og tilbehør. Av denne grunn skal rennestenene peiles etter at lasting er avsluttet.

Bulklaster krever forskjellige trimmingprosedyrer og stiller ulike krav til stabilitet alt etter hvor stor naturlig rasvinkel stoffet har.

Skipskontrollens regler har følgende bestemmelser for bulklaster (BC-koden har tilsvarende bestemmelser):

Bulklaster som har en naturlig rasvinkel på 35° eller større

1 Last med høy spesifikk vekt skal i sin helhet stues i underrommene med mindre dette fører til at fartøyet blir for stivt, eller at vekten av lasten på bunnkonstruksjonen blir for stor. Når lasten bare er stuet i underrommene, skal den trimmes tilstrekkelig slik at den dekker tanktoppen helt ut i borde, og ellers i den utstrekning det er nødvendig for å redusere høyden på haugen og for å fordele vekten over bunnkonstruksjonene.
   1.1 Den nødvendige trimming kan som regel utføres ved å jevne ut innenfor lukearealet med den resterende lasten skrånende tilnærmelsesvis likt nedover mot sidene av underrommet og særlig mot endeskottene. Under forutsetning av at det ikke er i strid med lastelinjereglene, og at toppen av haugen ikke blir for høy, kan lasten rage opp gjennom mellomdekksluken som i så fall skal være utildekket. I slike tilfeller skal det være tilstrekkelig klaring mellom haugen og lukekarmen, slik at eventuell utglidning av lasten fra toppen av haugen vil forbli i underrommet.

2 Når last stues på mellomdekk for å gjøre fartøyet mindre stivt eller minske påkjenningen på bunnkonstruksjonene, skal følgende iakttas:
   2.1 Når det føres bulklast med høy spesifikk vekt, skal skipet, når som helst under reisen, ikke få større slagside enn 12° som følge av at lasten på mellomdekk kaster seg 8° i forhold til horisontal overflate. Dersom lasten trimmes plan, kan dette kravet sløyfes.
   2.2 Av bulklast med høy spesifikk vekt skal det lastes minst mulig på mellomdekkene, og bare tilstrekkelig til å hindre at fartøyet blir for stivt. Det skal også tas hensyn til mellomdekkenes bæreevne.
   2.3 Når det er nødvendig å ta last på mellomdekkene, skal mellomdekkslukene lukkes. Last på mellomdekket skal trimmes slik at den enten rekker fra side til side og skott til skott eller sikres i binger. På grunn av reduksjonen i stabilitet som skjer når last føres på mellomdekkene, skal lasten i underrommene trimmes i større utstrekning enn når det bare er last i underrommene.

Bulklaster som har naturlig rasvinkel mindre enn 35°

1 Slik last krever trimming, og lastede rom skal fylles så fulle som mulig uten at vekten blir for stor for den underliggende bunnkonstruksjonen eller dekket.
2 Når last føres i rom og mellomdekk som ikke er fulle, skal lastens overflate trimmes plan, med mindre rommet er tilstrekkelig utstyrt med slingreskott, binger eller andre sikkerhetsanordninger ifølge Sjøfartsdirektoratets.
3 Skip som skal føre tørr last som flyter svært lett, slik tilfellet er med korn, eller last som har en naturlig rasvinkel mindre enn 30°, skal være godkjent av Sjøfartsdirektoratet i samsvar med bestemmelsene i kapittel V (Skip som transporterer korn).
4 Dersom godkjente beregninger viser at skipet ikke vil krenge til en vinkel større enn 12° under hele reisen etter at lasten har kastet seg til en vinkel på 25° med horisontalen, kan trimmingsprosedyre som for last med rasvinkel på 35° eller større anvendes.

Transport av kull i bulk

Transport av kull i bulk utgjør ca. 350 millioner tonn per år (1990). De største eksportlandene er Australia, USA, Sør Afrika, Canada og Polen. De største importørene er Japan og Europa. Kull blir transportert i bulkskip av forskjellig størrelse, de største kan være over 200 000 tdw. Den mest vanlige størrelsen er «Handymax bulkers», 30–50 000 tdw.

Kull er et stoff som kan utgjøre en kjemisk risiko, og stoffet inngår i appendix B i IMDG-koden. Den største faren består i at kull avgir metangass. En blanding av 5–15 % er en meget eksplosiv blanding. Metan er en gass som er lettere enn luft og kan derfor akkumuleres i den øvre del av lasterommet. Noen kulltyper kan generere varme som kan føre til selvantennelse. Kull kan også produsere den brennbare gassen karbonmonoksid (CO). Blandingen har en brennbar grenseverdi på

12–75 % i luft. Gassen er giftig og farlig å inhalere. Kull kan også bli utsatt for oksidasjon som fører til underskudd av oksygen og økning i karbondioksid (CO_2) i lasterommet.

Før lasting bør avskiper overlevere skipsføreren en skriftlig lasteinformasjon om kulltype, fuktighetsinnhold, svovelinnhold, kullstørrelse, om kullet avgir metan og om det kan være selvopphetende. Det er vanlig å inndele kull i 4 kategorier etter stigende fareklasse:

Kull kategori A

Dette er kull som ikke har vist evne til å utvikle metan eller til spontan oppvarming. Før lasting skal vi forsikre oss om følgende:

- Alle rom og brønner må være rene, tørre, og alle rester etter tidligere laster må være fjernet.
- Alle elektriske kabler og komponenter i lasterommet eller i tilgrensende rom må være fri for skader og sikre for bruk i en metan-/støvatmosfære.
- Sveising, brenning, kutting og alle andre kilder til antennelse skal ikke tillates i lasterommet eller tilgrensende rom.
- Skipsføreren må påse at lasten ikke blir lagt mot varme områder.
- Kullet må være trimmet til et akseptabelt nivå.
- Vi må være oppmerksom på mulighetene for at det kan oppstå mangel på oksygen.

Kull kategori B

Dette er kull som kan utvikle metangass. Her gjelder de samme reglene som for kategori A. I tillegg bør vi gjøre følgende:

- Det skal være satt opp plakater som advarer mot røyking og bruk av åpen ild.
- Vi må forhindre at gass akkumuleres i tilgrensende rom.
- Kullet skal være trimmet til et akseptabelt nivå mot tilgrensende skott for å hindre danning av gasslommer, og for å hindre at luft trenger inn og gjennomstrømmer kullet.
- Karmer som fører inn til lasterommet skal være forsvarlig tettet.
- Vi må sørge for forsvarlig overflateventilasjon, men vi må ikke tillate at luft trenger inn i kullet ettersom dette kan føre til spontan oppvarming.
- Vi må påse at arbeidsrom, lagre, tømmermannsverksted osv. blir overvåket regelmessig for å hindre at metan gass samler seg. Slike rom må alltid være godt ventilerte. Dersom det brukes mekanisk ventilering, må den være egnet til bruk i en metan-/støvatmosfære.
- Personell må ikke under noen omstendigheter få lov til å gå inn i rom der metangass kan være oppsamlet med mindre de er utstyrt med friskluftapparater (selvforsynt type), eller at rommet etter måling viser seg å være fri for gass og har tilstrekkelig med oksygen. Friskluftapparater bør bare brukes av personer som har fått opplæring i bruken av disse.
- Dersom det av en eller annen grunn ikke har vært mulig å ventilere rommet før vi åpner lukene, må vi være ytterst forsiktige og lufte ut gass som kan ha blitt akkumulert i rommet før lossing.

Kull kategori C

Dette er kull som har vist evne til å utvikle spontan varme. Her gjelder de samme reglene som for kategori A og B. I tillegg gjelder også:

- Dersom det er mistenkelig høy temperatur i kullet, bør vi søke eksperthjelp før lasting.
- Vi må begrense bruken av overflateventilasjon til å fjerne gass som eventuelt har samlet seg i rommet. Tvungen ventilasjon må under ingen omstendighet brukes. Dersom det viser seg at temperaturen i kullet stiger, må ventilasjonen stenges av.
- Temperaturen i lasten bør daglig bli avlest på minst tre forskjellige steder om lag 3 m under overflaten.
- Temperaturavlesningen bør foregå ved hjelp av fjernavlesning eller lignende slik at det ikke er nødvendig å gå ned i rommet for å lese av temperaturen.
- Personell må ikke under noen omstendighet få lov til å gå inn i rom der det kan være fare for at karbonmonoksid kan være dannet som følge av spontan oppvarming av kullet med mindre de er utstyrt med friskluftapparater (selvforsynt type), eller rommet etter måling viser seg å være fri for gass og har tilstrekkelig med oksygen. Friskluftapparater bør bare brukes av personer som har fått opplæring i bruken av disse.
- Dersom temperaturen i lasten overstiger 55 °C og fortsatt stiger, kan en mulig brann være under utvikling. Vi bør da stenge av lasterommet fullstendig og avslutte ventilasjonen. Skipsføreren bør søke eksperthjelp og bør vurdere å søke nødhavn. Vann må under ingen omstendighet bli brukt til å kjøle ned lasten eller til å slukke en eventuell brann. Vann bør bare brukes til å kjøle ned tilgrensende områder. Bruk av CO_2 eller nøytralgass bør ikke brukes før det er oppstått brann.

Kull kategori D

Dette er den absolutt farligste kategorien. Dette er kull som kan avgi metangass, og som også har evne til å utvikle spontan varme. Her gjelder de samme forholdsreglene som nevnt under kategori A, B og C. Dersom vi har mistanke om at stoffet kan avgi metangass og samtidig har evne til spontan oppvarming, er det faren fra metangassen som utgjør den umiddelbare faren vi må ta hensyn til. Vi bør ta de samme forholdsreglene som gjelder for kategori B. Temperaturovervåkning bør utføres på hele reisen for slik som beskrevet under kategori C. Dersom temperaturen overstiger 55 °C og fortsatt stiger, må vi være oppmerksomme på at det kan ha oppstått brann i lasten, og vi bør ta de samme spesielle forholdsregler som beskrevet for kategori C.

Spesielle forhold ved kullaster

Kull kan inneholde opptil 15 % vann. Under reisen vil vannet samle seg i bunnen av lasterommet. Mange skipsførere er redde for å lense ut brønnene på grunn av fare for tap av vekt. I tilfeller der brønnene ikke blir lenset, kan det utvikles svovelsyre som kan føre til tæring på tanktopp og brønner. Det er derfor viktig at vi pumper vann fra brønnene over bord. Lenser vi brønnene regelmessig under sjøreisen, vil vekttapet være proporsjonalt med fuktighetsinnholdet i kullet på lasteplass og med sjøreisens lengde. Med et fuktighetsinnhold på 10 % og

en sjøreise på 40 dager med betydelige klimatiske endringer, vil vekttapet kunne utgjøre ca. 1 % av vekten ved avgang. Det blir anbefalt at skipet fører full oversikt over hvor mye vann som er lenset i en egen bok eller i skipets dekksdagbok. Vi kan eventuelt først pumpe vannet fra brønnene til en tank der vi kan måle nøyaktig hvor mye som er lenset, før vi pumper vannet over bord.

Utskipning av kull fra amerikanske havner i Mexikogolfen har ført til store problemer og i enkelte tilfeller til direkte brann i lasten. En forklaring på dette er at kullet er blitt lastet fra lektere der vannet ikke var blitt lenset bort, og kullet lå i store hauger slik at det ble utsatt for oksygentilførsel. Kull fra New Orleans er ofte sammensatt av flere kategorier kull der enkelte kan være spesielt tilbøyelige til selvoppheting.

Myndighetene i Sør Afrika anbefaler at kull ikke blir lastet om bord dersom temperaturen i kullet er over 45 °C, eller når temperaturen i kullet ligger 10 °C over lufttemperaturen.

Kull avskipet i våt tilstand kalles Pound Coal. Frakt av denne typen kull kan føre til problemer for skipet. Ved ankomst lossehavn vil kullet være ca. 3 % lettere enn det var ved innlasting. Skipsføreren bør sikre seg mot eventuelle erstatninger ved å anmerke slike forhold i konnossementet (B/L).

Det har vist seg at overvåkning og kontroll med temperaturen i kullet ikke er en pålitelig metode for å oppdage oppvarming med fare for brann. Dette skyldes at varme ikke ledes så lett gjennom kull, og at varmegangen i kullet kan være lokalt. Ofte kan det gå et skarpt skille mellom varme og kalde kull. Dersom temperaturmåleren ikke befinner seg nær det stedet der oppvarming foregår, vil vi ikke kunne oppdage tendenser til oppheting. Kullindustrien i land stoler mer på måling av karbonmonoksid. Denne metoden blir nå også tatt i bruk om bord på skip. Dersom innholdet av karbonmonoksid er hurtig økende, er det fare for at en brann kan utvikle seg.

Det anbefales å smøre lukeskinnene før lossing av kullet. Dette hindrer gnister som kan forårsake eksplosjon dersom det er forekomster av gasslommer i rommet.

De fleste reiser med kullaster foregår uten problemer, men vi skal alltid være oppmerksomme på farene som kan oppstå, og vi bør rette oss etter de retningslinjer som er gitt. Etter at kullet er tatt om bord, bør det trimmes godt, og under ingen omstendighet må det ligge i hauger i rommet. Under reisen må bare overflaten ventileres. Under ingen omstendighet må dypventilering forekomme. Dersom skipsføreren er i tvil om kullets tilstand før lasting, bør han søke eksperthjelp.

Konsentrater

I motsetning til naturlige malmer som inneholder en vesentlig prosentdel av store partikler og store klumper, inneholder konsentrater enten utelukkende fine partikler eller forholdsvis ensartede pelleter. Bruker vi vann som avkjøling av konsentrater under en sjøreise, kan det få katastrofale følger. Store mengder vann kan gi konsentratet et fuktighetsinn-

hold som fører til at det går over i en flytende tilstand. Skal vi bruke vann til kjøling, bør vi bare bruke en lett dusj, som også er det mest effektive.

1 Stykkgodsfartøyer kan kun føre konsentrater som ikke har høyere fuktighetsinnhold enn den fuktighetsgrensen for transport som er bestemt av myndighetene (angitt i skipskontrollens regler eller i BC-koden).
2 Stykkgodsfartøy med spesielt arrangement for å hindre lastbevegelser, kan føre konsentrater med større fuktighetsinnhold enn den gitte fuktighetsgrensen for transport. Ved beregning av stabilitet, skal GZ-kurve korrigeres for virkningen av fri overflatevirkning med hensyn til lastens stuingsfaktor. Tegninger av det spesielle arrangementet skal godkjennes av Sjøfartsdirektoratet, og godkjenningen skal oppbevares om bord.
3 Bulkskip kan føre konsentrat med et større fuktighetsinnhold enn den bestemte fuktighetsgrensen for transport. Ved beregning av stabilitet skal GZ-kurven korrigeres for virkningen av fri overflatevirkning med hensyn til lastens stuingsfaktor. Godkjente stabilitetsoppgaver for slik last skal være om bord.

Alle konsentrater som blir fraktet i Norge skal laboratorieundersøkes etter BC-koden hver sjette måned. Produsenten av konsentratet skal sende minst 5 kg av produktet til undersøkelse.

Når lasten blir tatt om bord, skal det tas prøver der lasten er nærmest lasterommet, i lagerhauger og på transportbeltet før innlasting finner sted. Prøvene skal analyseres for bestemmelse av fuktighetsinnholdet av en godkjent kjemiker eller et godkjent laboratorium. Resultatet av prøven skal bekreftes ved et sertifikat der det fremgår hvordan fuktighetsinnholdet er undersøkt. Sertifikatet skal minst inneholde følgende:

1 Lastens naturlige rasvinkel
2 Fuktighetsgrense for transport
3 Produktets fuktighetsinnhold ved innlasting

Sertifikatet som angir den bestemte fuktighetsgrensen for transport, skal inneholde eller være ledsaget av en erklæring fra avskiperen om at det gjennomsnittlige fuktighetsinnholdet i lasten, så vidt han tror og kjenner til, tilsvarer fuktighetsinnholdet som er angitt i sertifikatet på det tidspunkt sertifikatet blir levert til kapteinen, eller den representant for myndighetene som er bemyndiget til å gi tillatelse til at lastingen kan begynne. Når det skal inntas last i mer enn ett rom i skipet, skal sertifikat for fuktighetsinnholdet bekrefte fuktighetsinnholdet i hvert enkelt konsentrat i hvert rom som skal innlastes. Kopi av sertifikatet skal oppbevares i minst ett år.

Dersom fuktighetsinnholdet ligger nært opp til fuktighetsgrensen, bør vi ikke akseptere å ta lasten om bord før det er foretatt ytterligere laboratorietester. Under vedvarende eller sterkt regn skal lastingen avbrytes og lukene tildekkes. På tilsvarende måte skal konsentrat som blir lastet fra jernbanevogner, biler eller lektere beskyttes på behørig måte. Når vi vet at lasten er blitt våt enten under transport til kai eller under lagring i biler, jernbanevogner eller lektere før lastingen, skal det før innlasting tas representative prøver fra overflaten og i halv dybde fra omtrent hver femte lastebil eller annet transportmiddel.

Sikkerhet før entring av lukkede rom

Mange alvorlige ulykker, noen med dødelig utfall, har inntruffet om bord på skip, og spesielt bulkskip, fordi sikkerhetsprosedyrene ikke er blitt fulgt. Ethvert rom som har vært avstengt, dette gjelder blant annet lasterom, batterirom, lagerrom, malingslager, mastehus, koffertdammer, ferskvannstanker, bunkers- og lastetanker skal ikke entres før sikkerhetsprosedyrene er gjennomførte. Det har hendt at mannskap har gått ned i lasterom som har vært avstengt, og som ikke har vært ventilert eller dårlig ventilert, med det resultat at de har falt om og i flere tilfeller har omkommet. Last som absorberer oksygen ved oksidasjon, for eksempel råjern, er spesielt farlig. Vi må aldri styrte ned i et rom for å redde en kamerat som har falt overende. Friskluftapparater skal alltid brukes når vi må hente opp folk som har mistet bevisstheten. Et menneske vil være hjernedød etter fire minutter uten oksygen.

Det finnes mange eksempler på ulykker.

1 To av mannskapet på et skip lastet med kull gikk inn i et mastehus der den ene tente en sigarett. Metangass hadde sivet inn fra lukene som ikke var tette, og gassen eksploderte. Begge ble drept. Selv om de ikke hadde tent sigaretten, kunne de ha blitt forgiftet.
2 Fem lastearbeidere om bord i et skip lastet med mais gikk ned i rommet før lukene var blitt åpnet. En del av maisen hadde begynt å spire under reisen og hadde forbrukt oksygenet i rommet. Alle lastearbeiderne omkom på grunn av mangel på oksygen.

Det er mange eksempler på mannskap som har gått inn i batterirom og brukt åpen ild fra fyrstikker eller sigarettennere med eksplosjon som resultat. Årsaken er at det blir dannet gass under lading av batteriene (knallgass). Med dårlig ventilasjon vil batterirommet akkumulere gassen slik at blandingen blir eksplosiv. Å gå ned i koffertdammer er spesielt farlig. De kan ha vært avstengt i lang tid og korrosjon kan ha forbrukt all oksygenet. Rengjøring av ferskvannstanker før skikkelig ventilasjon utgjør en stor risiko. The International Maritime Organization (IMO) har utarbeidet en tosidig plakat, som består av «Maritime Safety Card» og «Safety Check List». Plakaten er gjengitt i sin helhet. Det blir her gitt detaljert informasjon om de forholdsreglene vi må ta før vi entrer lukkede rom. Skipsførerer og offiserene om bord må forsikre seg om at mannskapet har en klar forståelse av den instruksjonen som plakaten gir. Det er spesielt viktig i dag ettersom et skip ofte har mannskap fra flere nasjoner om bord. Dersom vakthavende offiser mistenker at noen ikke har fullt ut forstått hva som menes, skal vedkommende ikke bli tatt med i den gruppen som skal entre avstengte rom.

Avstengte rom skal ventileres grundig ved hjelp av mekanisk ventilering dersom atmosfæren ikke er eksplosiv og det er trygt å ventilere. Før noen entrer slike rom skal oksygeninnholdet og innholdet av giftige gasser måles. Oksygeninnholdet skal være 21 % før en entrer rommet, og innholdet av giftige gasser må ikke være over den tillatte verdi. Det bør alltid være noen som holder vakt når noen entrer rom som har vært avstengt.

MARITIME SAFETY CARD

Entering cargo spaces, tanks, pump-rooms, fuel tanks, cofferdams, duct keels, ballast tanks and similar enclosed compartments

GENERAL PRECAUTIONS

Do not enter an enclosed space unless authorized by the master or a responsible officer and only after all the appropriate safety checks listed overleaf have been carried out.

The atmosphere in any enclosed space may be incapable of supporting human life. It may be lacking in oxygen content or contain flammable or toxic gases. This also applies to tanks which have been inerted.

The master or a responsible officer should ensure that it is safe to enter an enclosed space by:

.1 ensuring that the space has been thoroughly ventilated by natural or mechanical means;

.2 testing the atmosphere of the space at different levels for oxygen deficiency and harmful vapour where suitable instruments are available; and

.3 requiring breathing apparatus to be worn by all persons entering the space where there is any doubt as to the adequacy of ventilation or testing before entry.

WARNING

Where it is known that the atmosphere in an enclosed space is unsafe, it should only be entered when it is essential or in an emergency. All the safety checks overleaf should be carried out before entry and breathing apparatus must be worn.

Protective equipment and clothing

It is important that all those entering an enclosed space wear suitable clothing and that they make use of protective equipment which may be provided on board for their safety. Access ladders and surfaces within the space may be slippery and suitable footwear should be worn. Safety helmets protect against falling objects and, in a confined space, against bumps. Loose clothing, which is likely to catch on obstructions, should be avoided. Additional precautions are necessary where there is a risk of contact with harmful chemicals. Safety harnesses, belts and lifelines should be worn and used where there is any danger of falling from a height.

There may be additional safety instructions on board the ship – make sure that they are made known to all concerned.

Printed and published by the International Maritime Organization, 4 Albert Embankment, London SE1 7SR

Figur 14.28 Maritime Safety Card

SAFETY CHECK LIST

Before entering any enclosed space all the appropriate safety checks listed below must be carried out by the master or responsible officer and by the person who is to enter the space.

Section 1

To be checked ☑ by the master or responsible officer

1.1 Has the space been thoroughly ventilated and, where testing equipment is available, has the space been tested and found safe for entry? ☐

1.2 Have arrangements been made to continue ventilation during occupancy of the space and at intervals during breaks? ☐

1.3 Are rescue and resuscitation equipment available for immediate use beside the compartment entrance? ☐

1.4 Have arrangements been made for a responsible person to be in constant attendance at the entrance to the space? ☐

1.5 Has a system of communication between the person at the entrance and those in the space been agreed? ☐

1.6 Are access and illumination adequate? ☐

1.7 Are portable lights or other equipment to be used of an approved type? ☐

When the necessary safety precautions in SECTION 1 have been taken, this card should be handed to the person who is to enter the space for completion.

Section 2

To be checked ☑ by the person who is to enter the space

2.1 Have instructions or permission been given by the master or a responsible officer to enter the enclosed tank or compartment? ☐

2.2 Has SECTION 1 been completed as necessary? ☐

2.3 Are you aware you should leave the space immediately in the event of failure of the ventilation system? ☐

2.4 Do you understand the arrangements made for communication between yourself and the responsible person in attendance at the entrance to the space? ☐

Section 3

Where breathing apparatus is to be used, this section must be checked jointly by the responsible officer and the person who is to enter the space.

3.1 Are you familiar with the apparatus to be used? ☐

3.2 Has the apparatus been tested as follows? ☐
(i) Gauge and capacity of air supply
(ii) Low pressure audible alarm
(iii) Face mask – air supply and tightness

3.3 Has the means of communication been tested and emergency signals agreed? ☐

Where instructions have been given that a responsible person be in attendance at the entrance to the compartment, the person entering the space should show their completed card to that person before entering. Entry should then only be permitted provided all the appropriate questions have been correctly checked ☑.

Figur 14.29 Safety check list

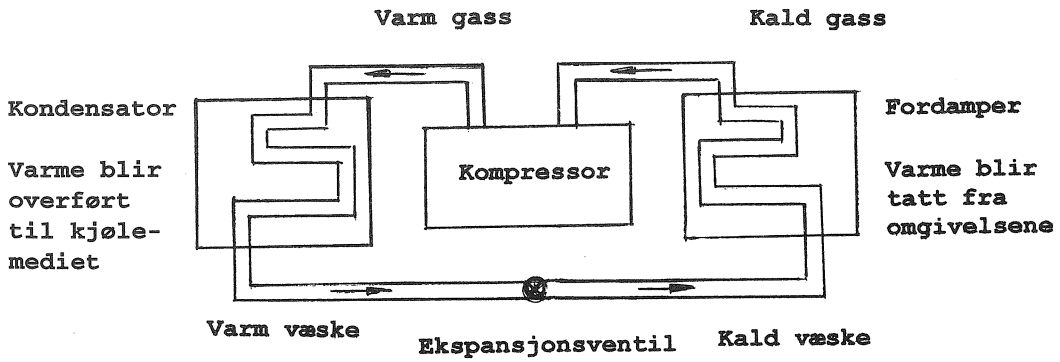
Kjøle- og fryselast

Matvarer som blir oppbevart ved vanlig lufttemperatur, vil etter hvert bli bedervet. Dette skyldes mikroorganismer (bakterier og sopp) som bryter ned og forvandler de organiske stoffene. En annen årsak er den selvødeleggelsen som foregår i cellene. Her foregår det en stoffomsetning påskyndet av fermenter og enzymer. Videre har vi kjemiske og fysikalske endringer som uttørring, harskning og fargeforandring. Disse prosessene er mer eller mindre temperaturavhengige. Under – 10 °C regner vi med at mikroorganismene slutter å fungere. Enzymer og fermenter tåler lavere temperaturer, ned til – 50 °C, men ved lave temperaturer er aktiviteten sterkt nedsatt. Uttørring, harskning og fargeforandring skyldes kontakt med luft. Ved hensiktsmessig emballasje kan vi unngå dette. Kjøle- og fryseteknikken er en av de mest kvalitetsbevarende konserveringsmetodene.

Det er to prinsipper som ligger til grunn for et kjøleanlegg:
1 Når en væske fordamper, bruker den varme som den trekker fra omgivelsene.
2 En væske fordamper ved en lavere temperatur når trykket er lavt.

Alle væsker som fordamper lett kan bli brukt til kjølemedium. Teknikken som blir brukt, er å la væsken sirkulere gjennom rør der trykket varierer. Prosessen kalles for fordampningsprosessen, og det er den mest brukte metode innen kuldeteknikken.

Fordampningsprosessen gjør bruk av at når væsken går over til damp, forandrer den aggregattilstand, og det krever varme som den tar fra omgivelsene. Aggregattilstanden avhenger av trykket. Ved normalt trykk koker vann ved 100 °C, og temperaturen er konstant så lenge trykket er uforandret. Øker vi trykket, så øker temperaturen, men avtar trykket så avtar temperaturen. Videre varmetilførsel fører til dannelse av mer damp. Kuldeteknikken benytter stoffer som koker ved temperaturer under 0 °C ved de aktuelle trykkene. Ammoniakk (R 717) og freon (R 22) er de to mest brukte kjølemediene. Figur 14.30 viser en skisse av et kjøleanlegg.



Figur 14.30 Skisse av et kjøleanlegg

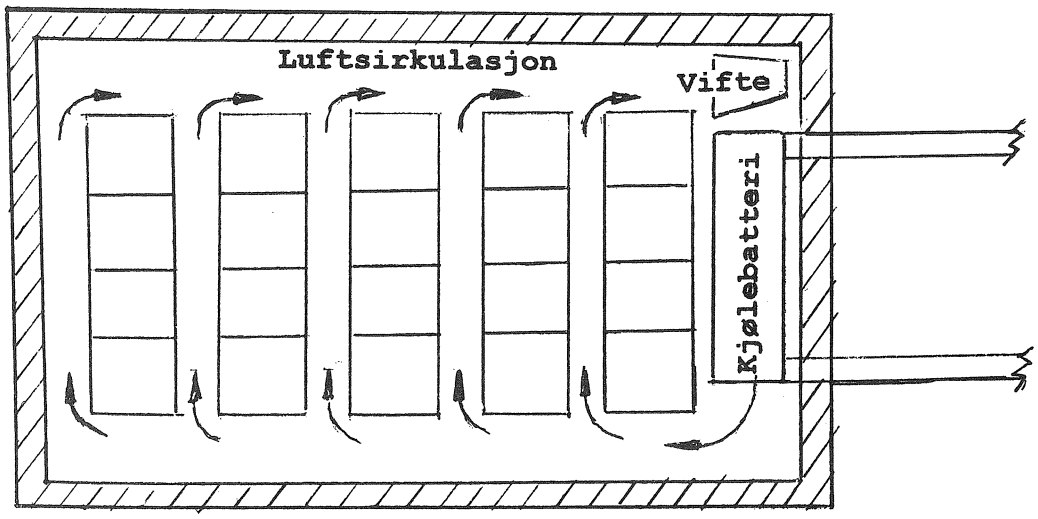
Følger vi skissen rundt ser vi:
I fordamperen som kan være plassert i kjøle- eller fryserommet, kommer kald væske inn. Væsken tar varme fra omgivelsene (rommet) slik at den begynner å koke og går over til damp. Dampen blir ført inn på en

kompressor som øker trykket, slik at den kan kondensere i kondensatoren. Mens fordamperen krever at det blir tilført varme, krever kondensatoren at varme blir ført bort. Denne varmemengden blir overført til det kjølemiddelet vi bruker, for eksempel vann eller luft. Kondensatorens oppgave er å fjerne varmemengden som kuldemediet gir fra seg ved kondensasjon. Fra kondensatoren får vi varm væske under høyt trykk. Denne væsken slippes inn på fordamperen gjennom en reguleringsventil (ekspansjonsventil) som har til oppgave å opprettholde trykkforskjellen mellom fordamper og kondensator, og samtidig slippe inn i fordamperen et tilsvarende kvantum væske som det som fordamper.

Vi skiller mellom *direkte kjøling*, der fordamperen er plassert i rommet som skal kjøles ned, og *indirekte kjøling*, der et annet kjølemedium, sekundærmedium, blir nedkjølt i fordamperen og fjerner varme fra rommet det sirkulerer i. Et vanlig brukt sekundærmedium er saltlake.

Kjølearrangement i lasterommene kan utføres på forskjellige måter. Vi kan la kjøling foregå ved konveksjon og stråling direkte fra kjølerørene, eller vi kan bruke tvungen luftsirkulasjon gjennom fordamperen (kjølebatteri), se figur 14.31. Ved «død last» som fisk og kjøtt, har det vært vanlig å benytte det første systemet. Ved «levende last» som frukt osv. brukes alltid forsert luftsirkulasjon.

Rom som blir brukt til kjøle- og fryselast, må være godt isolert. Isolasjonens oppgave er å redusere varmestrømning. Det har vært vanlig å bruke mineralull som isolering av skipssider, skott og under dekk, mens kork eller polyesterplater har vært brukt på dørken. Innvendig kledning av skott og under dekk er ofte aluminium. Til dørkbelegg brukes ofte sementstøp eller annet fast belegg.



Figur 14.31 Tvungen luftsirkulasjon gjennom kjølebatteri (fordamper)

Forberedelser før lasting

Når vi skal ta om bord kjøle- og frysevarer, må vi sørge for at rommene er rene og luktfrie. Rengjøringen kan til en viss grad være avhengig av hvilken last vi har hatt om bord tidligere. Rommet kan se rent ut, men

det kan henge igjen lukt fra den forrige lasten. Det kan være nødvendig å bruke desinfeksjonsmidler og luktfjerningsmidler, og vi må ventilere rommet godt. Skip som har ozonanlegg, kan fjerne lukt ved å starte dette, men vi skal huske på at ozon fjerner oksygen og for stort innhold av ozon kan være farlig. Vi bør alltid være nøye med at avløpsluker blir skikkelig rengjort. Før innlasting må rommene være helt tørre og nedkjølt til den riktige temperaturen. Nedkjøling bør starte 24 timer før lasting. Ved fryselast skal avløpsrørene plugges. Når alt er klart til lasting, bør vi tilkalle en inspektør fra avskiper for besiktelse av anlegget. Når alt er funnet i orden, må vi sørge for å få utstedt et sertifikat eller attest som bekrefter at alt er funnet i orden. Temperaturen i rommene skal også bli ført inn i sertifikatet. Vi bør føre inn alle relevante opplysninger i skipets dekksdagbok.

Lasting

Under lastingen må vi stadig kontrollere lastens tilstand og foreta stikkprøver. Frukt og grønnsaker bør vi kontrollere ved å plukke ut noen eksemplarer og dele dem. Vi bør også kontrollere smaken for å forvisse oss om at produktet ikke har tatt til seg lukt fra andre varer. Fryselast kontrolleres med et såkalt stikktermometer. Vi må bruke en bor for å lage hull til termometeret. Dersom lasten ikke holder den foreskrevne temperaturen, må vi enten nekte å ta imot lasten eller ta forbehold i konnossementet. I alle tilfeller må representant for avskiper tilkalles. I det vesentligste består fryselast av frosne fiskeprodukter og frosset kjøtt. Frosne produkter er vanligvis dypfryst til minimum – 20 °C før levering om bord. Det blir da skipets oppgave å holde denne temperaturen under transporten. Den vanlige emballasje for frossen fisk og kjøtt er pappkartonger. Disse kan stues kompakt ved såkalt stille kjøling der vi ikke har forsert luftsirkulasjon. Ved forsert luftsirkulasjon, vanligvis vertikalt system, må det være lagt inn luftekanaler.

Vi kontrollerer temperaturen regelmessig ved innlastingen, og resultatene blir ført inn i skipets dekksdagbok. I tillegg bør vi bruke et eget temperaturskjema som gir god oversikt. Lufttemperatur og temperaturen for sjøvannet bør også føres inn. Det samme gjelder for tidspunktet når lastingen begynner, når den avsluttes, og når dører og luker lukkes. Vi bør også journalføre hvordan lasten er stuet, og om det er luftekanaler.

Ved stopp i lastingen må dører og luker stenges. Ved innlasting av fryselast forlanges det vanligvis at frysemaskineriet stenges av, noe som medfører at temperaturen i rommet stiger. Ved venting på last bør vi derfor stenge dører og luker, og starte frysemaskineriet. I regnvær og snøvær bør vi ikke laste fryselast uten å ta spesielle forholdsregler.

Er lasten våt, risikerer vi at kartongene fryser sammen og det blir vanskelig å losse lasten. I verste fall kan vi risikere å måtte hugge ut lasten. Når lastingen er ferdig må lasten sikres. Det er vanlig i dag at lasten er stuet på paller. Fryselaster bør være stuet kompakt og danne blokker. Anlegg som har luftsirkulasjon krever at det blir lagt inn luftekanaler. Kjølelast må ha god luftsirkulasjon, men må likevel være stuet forsvarlig for å unngå at den forskyver seg. Bruk av luftputer til stempling har vist seg å være effektiv.

Underveis

Det er viktig at de instrukser som avskiper har gitt angående behandling av lasten blir fulgt. Temperaturen må ikke komme over de verdier som er angitt for fryselast, og for kjølelast må temperaturen holdes på det nivå som lastepapirene krever. Temperaturen må jevnlig kontrolleres og journalføres. Selv om det vanligvis er fjernavlesning, bør vi foreta manuelle målinger med jevne mellomrom. Minst hver fjerde time eller i henhold til instruks fra avskiper, bør temperaturen bli avlest. Vi må journalføre alt som skjer med lasten og kjøle- og frysemaskineriet underveis.

Lossing

Ved ankomst lossehavn bør vi tilkalle en inspektør for mottakersiden før lukene og dørene åpnes. Temperaturen blir målt og journalføres. Ved uenighet og eventuelt skade på last må en agent eller representant for assurandører kontaktes. Vi bør kontrollere oksygeninnholdet i rommet før lossing, spesielt dersom vi har frukt som kjølelast.

Spesielt om kjølelast

Fersk fisk, kjøtt, egg og grønnsaker skipes som kjølelast. Kjølelast krever god luftsirkulasjon. I motsetning til fryselast som kan stues kompakt, må vi her sikre god ventilasjon ved hjelp av luftekanaler osv. Skal vi ta inn kjølelast etter å hatt om bord fryselast, byr det vanligvis ikke på problemer ettersom frosne produkter pakket i kartonger ikke etterlater seg noen lukt av betydning. Skal vi derimot ta om bord frossen fiskelast etter fruktlast, må rommet bli godt rengjort og luftet ellers kan gass fra fruktlasten smitte over på den frosne fisken. Ved kjølelast gjelder det spesielt å være nøye med å holde den temperaturen som er foreskrevet av avskiper. Kjølt fisk skal vanligvis ha en temperatur på ca. – 1 °C, mens kjøtt krever ca. 0 °C og egg ca. + 1 °C.

På korte reiser kan frukt, som appelsiner og epler, bli fraktet uten nedkjøling. Over lengre avstander må den nedkjøles for å bevare sin kvalitet. I fruktfarten bruker vi alltid forsert luftsirkulasjon. To systemer blir benyttet, horisontal og vertikal sirkulasjon. Ved horisontal sirkulasjon blir luften blåst, ved hjelp av vifter, gjennom kjølebatteriene, og gjennom sidekanaler langs skipssiden, der det er justerbare åpninger mot lasterommet. Luften passerer gjennom lasten og blir sugd ut gjennom åpninger til en tilsvarende sidekanal på motsatt side. En ulempe med dette systemet er at luften har en tendens til å strømme over lasten i det ledige rommet mellom lasten og dekket. Vertikal sirkulasjon er nå mer vanlig. Her blir luften ført under lasten gjennom kanaler (trallverk) og opp gjennom lasten, og returner over lasten til bake til kjølebatteriet. Kraftige vifter holder sirkulasjonen i gang.

De fleste fruktsorter utskiller gasser, og det er påkrevd med friskluftanlegg. Gassene som utskilles har en tendens til å påskynde modningsprosessen, og vi må hele tiden under transporten sørge for at tilstrekkelig frisk luft blir tilført. Friskluftanlegget bidrar også til å holde luften i rommet med en viss fuktighet, noe som er viktig for at frukten ikke skal tape vekt under reisen. Gassinnholdet blir målt med visse mellomrom. Moderne kjøleskip er utstyrt med ozonanlegg som har som funksjon å

fjerne lukt som kan sette smak på lasten. Ozon hjelper også til å holde konsentrasjonen av skadelige gasser nede. Frukt har høyst forskjellige egenskaper, og det får følger for temperaturkravene. Her må vi følge så nøye som mulig den instruks som avskiper har gitt. Bare en liten temperaturforskjell utover det tillatte kan føre til skade på lasten. Avskiper gir vanligvis instruks om hvor ofte luften i rommet skal fornyes. Under innlasting må vi nøye kontrollere lasten. Overmoden og bedervet frukt må avvises. Tar vi i mot overmoden frukt med forbehold, kan vi likevel få ubehageligheter ettersom den overmodne frukten kan fremskynde modningsprosessen for annen frukt. Alle forhold som er av betydning må journalføres.

Arbeidsoppgaver

1. Et stoff har UN nr. 1398. Gi en kort forklaring på hvilken informasjon du kan få av en slik opplysning.
2. Du skal laste cesium (caesium) i metallkanner. Hvilke opplysnin-ger og stuasjeregler kan du finne om dette stoffet?
3. Du skal laste stoffet perklorsyre (perchloric acid) i metallfat. Hvilke forhold må du ta hensyn til.
4. Du skal laste et stoff i fareklasse 5.2 og et stoff i fareklasse 6.2. Hvordan vil du plassere disse stoffene?
5. Du er om bord på et skip som ved et uhell har mistet over bord en container som inneholder pakket farlig gods, i den engelske kanal. Hva vil du gjøre i en slik situasjon?
6. Beredskapsprosedyrer ved uhell er beskrevet i Emergency Sche-dules. Gi en oversikt over viktige forhold som er oppført her.
7. Hvilke stuasjeregler gjelder for pakket farlig gods som blir fraktet i containere?
8. Hvordan bør bulklaster med høy spesifikk vekt være fordelt i skipet? Hva må du spesielt passe på ved lasting/lossing av slike laster?
9. Du er om bord på et vanlig stykkgodsskip og skal laste en bulklast med høy spesifikk vekt og rasvinkel større enn 35°. Hvilke stuasje-regler gjelder?
10. Hvilke regler gjelder for bulklaster med rasvinkel mellom 30° og 35°, og for rasvinkler mindre enn 30°?
11. Transport av kull er forbundet med visse farer. Gi en kort oversikt over hvilke farer bulklaster med kull kan utgjøre, og hvilke for-holdsregler du skal ta når du laster kull.
12. Du er om bord på et bulkskip som har lastet kull. Temperaturen i lasten har steget det siste døgnet og er registrert til 56 °C i rom nr. 2. Skipet befinner seg ca. 2 døgn seilas fra Sør-Afrika. Hva vil du som skipsfører gjøre?
13. Hvorfor er konsentrater en farlig last å transportere med skip?
14. Hvilke regler gjelder for transport av konsentrater med skip?
15. Hva skal du spesielt passe på før du entrer rom som har vært av-stengt? Nevn noen av de viktigste forholdsreglene som fremgår av Maritime Safety Card.
16. Nevn forhold som det er viktig å kontrollere ved kjøle- og fryselaster, før lasting, under lasting, underveis og ved lossing.

15 Transport av olje

Tankskiptyper

Til å begynne med ble oljen transportert i vanlige lasteskip i fat og kanner. Mot slutten av forrige århundre tok en i bruk tankskip til frakting av olje. Konstruksjoner og utstyr har gjennomgått en rivende utvikling frem til i dag. Inntil ca. 1960 var vanlig størrelse på tankskip på 20–30 000 dødvekttonn. Størrelsen har stadig økt, og i dag finnes det tankskip på 500 000 dødvekttonn. Begrensning i havneanlegg og dybdeforhold har satt en stopper for videre økning av størrelsen på tankskip. I dag bygger en tankskip med tanke på spesielle farvann.

Vi har fem hovedtyper tankskip:
1 Råoljetankskip
2 Produkttankskip
3 Kjemikalietankskip
4 Gasstankskip
5 Kombinasjonsskip

Råoljetankskip er konstruert for føring av råolje. Det er vanligvis store skip med et enkelt rørsystem. Størrelsen varierer fra 20 000–500 000 dødvekttonn.

Produkttankskip er beregnet til å føre raffinerte oljeprodukter og kjemikalier som ikke stiller spesielle krav. Rørsystemet er mer komplisert enn på et råolje tankskip. Det er vanlig at slike skip kan føre flere sorter last atskilt uten fare for sammenblanding. Vanlig størrelse for produktskip er 20 000–50 000 dødvekttonn.

Kjemikalietankskip er beregnet på føring av ulike typer kjemikalier. De er utstyrt med mange tanker, ofte 50–60 tanker. For å unngå sammenblanding av lasten er hver tank utstyrt med eget rørsystem og pumpe. De som skal behandle og betjene disse skipene, må ha et godt kjennskap til lastens egenskaper og til skipenes spesielle konstruksjon og utstyr.

Gasstankskip er spesialskip som frakter gass under trykk eller nedkjølt eller begge deler, slik at gassen blir flytende. Det gjelder spesielle regler for gasstankskip.

Kombinasjonsskip er skip som er bygd for å frakte både olje, bulklaster og malmlaster. Det gjelder spesielle regler for kombinasjonsskip. Det

har vært flere store ulykker med slike skip, og i dag er det vanlig at kombinasjonsskip frakter kun en last.

Denne boken tar først og fremst opp generelle forhold som gjelder for vanlige tankskip. Kjemikalietankskip, gasstankskip og kombinasjonsskip vil bare få en kort omtale.

Forhold som vi må ta hensyn til, er:
1 Helsefare
2 Forurensning av miljøet
3 Brann og eksplosjonsfare

Oljeprodukter avgir giftige gasser som kan utgjøre en helserisiko dersom vi over lengre tid oppholder oss i en for stor konsentrasjon. Utslipp av oljeprodukter forurenser miljøet. Det blir stilt meget strenge internasjonale krav til utslipp, og det er nødvendig med overvåkningsutstyr som kontrollerer at tillatt mengde utslipp blir overholdt. Etter Exxon Valdez-ulykken i Alaska i 1989 har USA innført svært strenge krav til skip som frakter olje. Skipet blir holdt økonomisk ansvarlig for eventuelle utslipp. For å unngå at også rederiet kommer i økonomiske vanskeligheter har mange rederier opprettet egne aksjeselskap for hvert enkelt skip.

Inndeling av oljer

Det er flere måter å klassifisere olje på. Vi ser her bort fra vegetabilske oljer og fiskeoljer og vil bare betrakte petroleum. En grov klassifisering er:

1 Rene oljer (clean)
2 Urene oljer (dirty)

Rene oljer er raffinerte produkter av råolje. Blant de rene oljene finner vi bensin, parafin og lette dieseloljer. Karakteristisk for de rene oljene er at de ikke setter av slam og skitt i tanker og rørledninger. Urene oljer er råolje (crudeoil), tykkere brenselsoljer, smøroljer o.l. Disse oljene etterlater et belegg i tanker og rørledninger.

De forskjellige typene olje går under fellesnavnet *petroleum*. En viktig egenskap som vi bør kjenne til, er *flyktighetsgraden*. Flyktighetsgraden er et mål for hvor lett petroleum avgir gasser som kan antennes. Flammepunktet er den temperaturen oljen må varmes opp til for at det skal oppstå lett antennelig gasser. Det er vanlig å dele inn petroleum i to klasser:

1 Flyktig petroleum: Dette er petroleum som har flammepunkt under 60 °C. Her finner vi blant annet råolje, bensin, parafin, nafta, lette gassoljer og jetbrennstoff.
2 Ikke-flyktig petroleum: Dette er petroleum som har flammepunkt over 60 °C. Her finner vi blant annet tunge gassoljer, dieseloljer, brenselsoljer og smøroljer.

Viskositet er et mål for den indre friksjonen (seigheten) i oljen. Tykke oljer er seigtflytende. Vi sier at de har høy viskositet. Å kjenne oljens

viskositet er spesielt viktig med hensyn til oljepumper. Olje som er blitt varmet opp, har mindre viskositet og er derfor mer pumpevennlig. Enheter som brukes er centistoke, sayboltsekund, redwoodsekund og Englergrader. Forbindelsen mellom disse enhetene finnes i tabeller. Et utdrag av en slik tabell er vist nedenfor.

Eksplosjonstriangelet

Figur 15.1 viser i prinsippet hva som skal til for at en brann skal oppstå og vedvare. Alle sidene i triangelet må være til stede samtidig. Arbeidet med å forebygge eller slukke en brann, består i å fjerne minst en av sidene i triangelet.

For å hindre eksplosjon kan vi
1 fjerne det brennbare materialet (her oljen)
2 hindre tilgang på oksygen
3 kjøle ned brannområdet slik at temperaturen kommer under flammepunktet

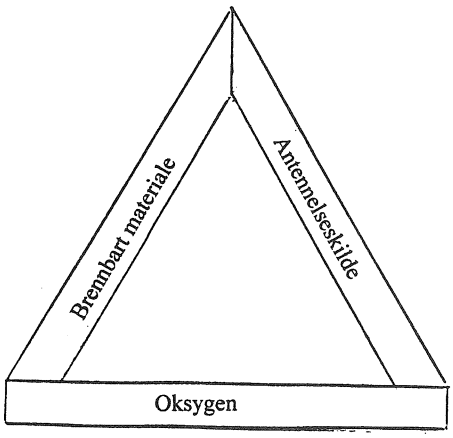


Fig 15.1 Eksplosjonstriangelet

Tabell over viskositet:

	Sayboltsekunder			Redwoodsekunder			Englergrader
centistokes	100 °F 37,8 °C	130 °F 54,4 °C	210 °F 98,9 °C	70 °F 21,1 °C	140 °F 60 °C	200 °F 93,3 °C	Alle temp.
2	32,6	32,7	32,8	30,2	31,0	31,2	1,14
4	39,1	39,2	39,4	35,3	36,0	36,3	1,31
6	45,5	45,6	45,8	40,5	41,0	41,5	1,48
8	52,0	52,1	52,4	46,0	46,4	46,9	1,65
10	58,8	58,9	59,2	51,7	52,0	52,6	1,84
12	65,9	66,0	66,4	57,9	58,1	58,8	2,02
14	73,4	73,5	73,9	64,4	64,6	65,3	2,22
16	81,1	81,3	81,7	71,0	71,4	72,2	2,43
18	89,2	89,4	89,8	77,9	78,5	79,4	2,64
20	97,5	97,7	98,2	85,0	85,8	86,9	2,87
24	114,6	114,8	115,4	99,9	100,9	102,2	3,34
28	132,1	132,4	133,0	115,3	116,5	118,0	3,82
30	140,9	141,2	141,9	123,1	124,4	126,0	4,07
34	158,7	159,0	159,9	138,9	140,2	142,2	4,57
38	176,7	177,0	177,9	155,0	156,2	158,3	5,08
40	185,7	186,0	187,0	163,0	164,3	166,7	5,34
50	231,4	231,8	233,0	203,3	204,7	208,3	6,63
60	277,4	277,9	279,3	243,5	245,3	250,0	7,90
80	369,6	370,3	372,2	323,9	326,6	333,4	10,53
100	462,0	462,9	465,2	404,9	408,2	416,7	13,16
200	924	925			816		26,00

På et tankskip kan vi ikke fjerne det brennbare materialet (oljen). Å kjøle ned tankområdet for å hindre at temperaturen kommer over flammepunktet er heller ikke realistisk, men kan vi hindre tilgang på oksygen vil vi unngå at det oppstår en eksplosjon. Det er denne metoden som blir brukt om bord på tankskip. Ved å erstatte oksygen i tankene med en gass som ikke inneholder oksygen, vil ikke eksplosjonen eller brannen kunne oppstå. Hydrokarbongasser fordamper fra råolje, slam

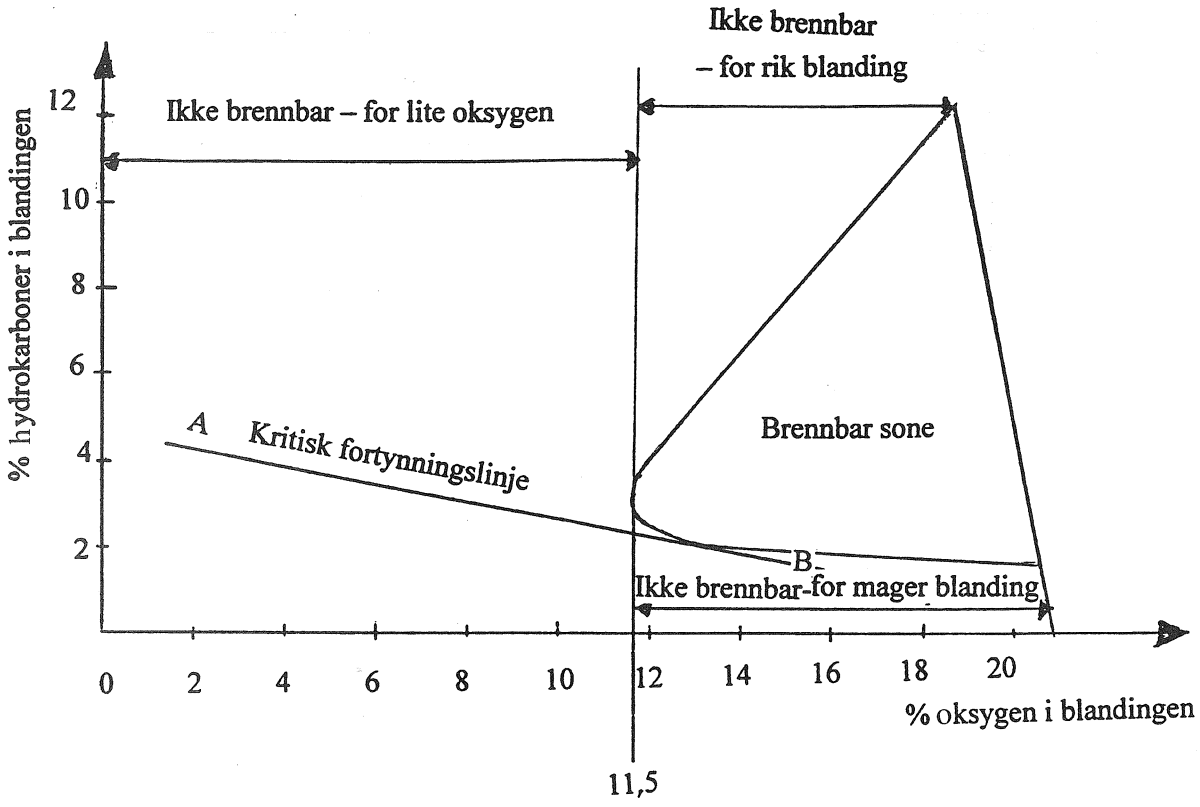
og sedimenter som ligger igjen i skottene og på bunnen av tankene. Gassene vil blande seg med luft og kan føre til eksplosjon dersom blandingen blir antent når konsentrasjonen av gass og oksygen ligger innenfor visse grenser.

Dersom vi ikke kan begrense tilgangen på oksygen, vil det oppstå en oljebrann etter eksplosjonen. Råolje inneholder mange forskjellige typer hydrokarbongasser som kan ha forskjellig eksplosjonsområder. Eksplosjonsområdet angis som øvre eksplosjonsgrense (Upper Explosion Limit, U.E.L.) og nedre eksplosjonsgrense (Lower Explosion Limit, L.E.L.).

Grensene angir hvor mange volumprosent brennbare gasser som er til stede i forhold til frisk luft (21% oksygen). For råolje er den nedre grensen ca. 1,0 volumprosent (mager blanding). Det betyr at det ikke er tilstrekkelig med hydrokarbongasser til stede for å starte og vedlikeholde en forbrenning. Den øvre grensen for råolje er ca. 10 volumprosent (fet blanding). Det betyr at mengden av hydrokarbongass er så stor at det ikke er tilstrekkelig luft tilstede for å starte og vedlikeholde en forbrenning. Hydrokarbonkonsentrasjoner som ligger mellom L.E.L. og U.E.L., er eksplosjonsfarlige.

Antennelseskilder

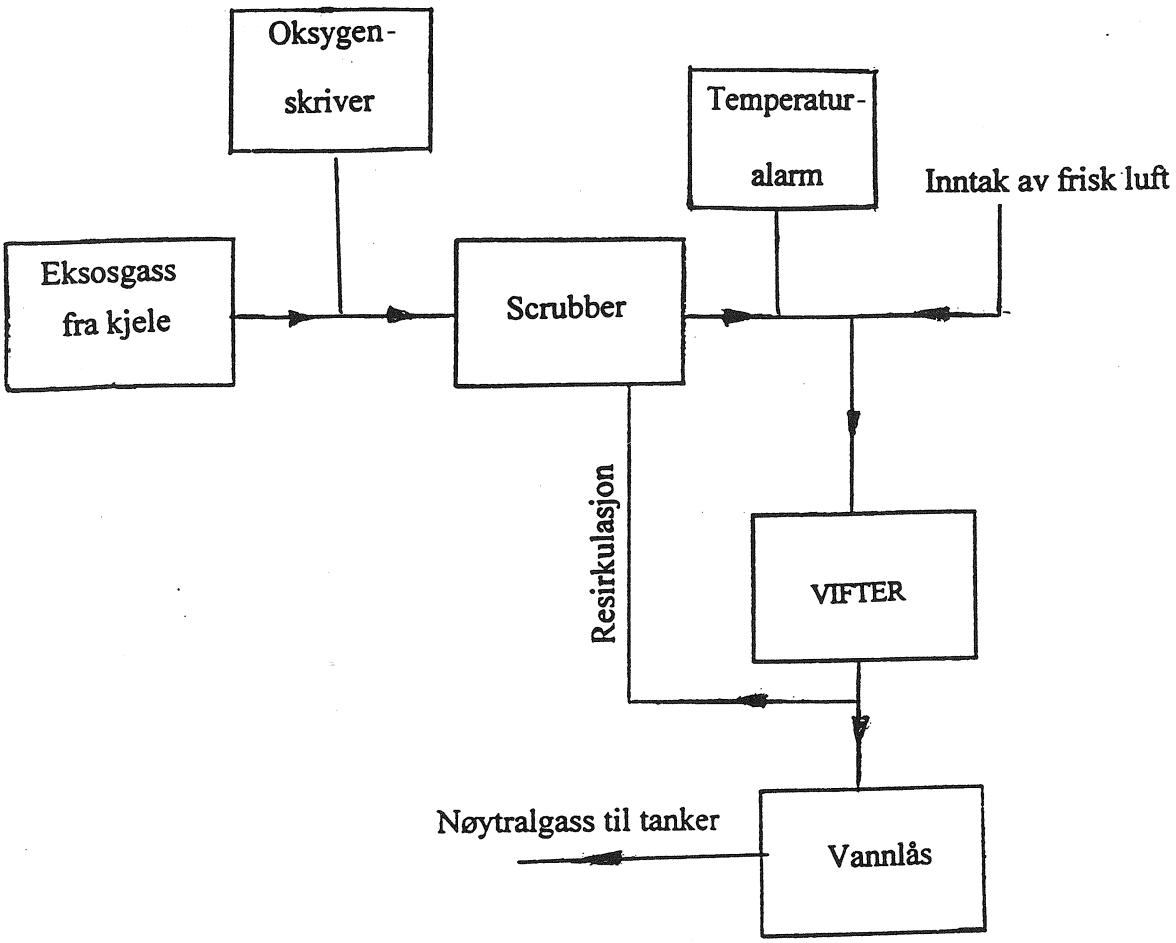
Det er mange antennelseskilder om bord på et tankskip. Eksempler kan være røyking, gnister fra verktøy, gnister fra elektrisk utstyr og statisk elektrisitet. Elektrisk utstyr og verktøy som brukes i lastetankområdet, skal være godkjent av Sjøfartsdirektoratet. Sterke radiosendere (avstand opptil 500 meter) kan indusere elektriske strømmer i master, stag og bommer og kan forårsake gnister. Sendinger bør ikke tillates dersom det er brennbare gasser tilstede selv om det er påbudt at master, bommer og stag skal være jordet. Statisk elektrisitet har sannsynligvis vært årsaken til flere store tankskipeksplosjoner. Kilder til statisk elektrisitet kan være steaming av tanker (forbudt etter 1965), vanntåke dannet av spyleapparater, bruk av peilepinner o.l. Etter flere store tankskipulykker kom en frem til at eksplosjoner kunne hindres ved å tilføre tankene ikke-brennbare gasser, se figur 15.2.



Figur 15.2 Eksplosjonsgrenser

Nøytralgass

Gasser som ikke underholder forbrenning av hydrokarboner, går under navnet nøytralgasser eller inertgasser. Nitrogen (N_2) og karbondioksyd (CO_2) er nøytralgasser. Ved stadig å tilføre slike gasser til tankatmosfæren vil innholdet av oksygen avta slik at gassblandingen til slutt ikke vil være brennbar. Av figur 15.2 ser vi at dersom oksygen innholdet er mindre enn ca. 11,5 volumprosent, vil det ikke være mulig å antenne blandingen. Linjen AB representerer den kritiske fortynningslinjen når blandingen blir tilført luft. SOLAS har satt 8 % som øvre grense for oksygeninnholdet i en tank. I tilførselsledningen til tanken er grensen satt til 5 % oksygeninnhold. Nøytralgass kan produseres som eksosgass ved forbrenning i kjeler eller fra egne gassgeneratorer, se figur 15.3. For de fleste tankskip er rensete avgasser (eksos) brukbar som nøytralgass, men for produkttankere som fører spesielle laster må vi sikre oss mot at nøytralgassen reagerer med lasten og forurenser den.



Figur 15.3 Skisse av nøytralgassanlegg

Trykk-/vakuumventiler

Oljelasttankene er dimensjonert for trykkområdet 0,07 bar undertrykk til 0,21 bar overtrykk. For å hindre at trykket overstiger disse grensene er det installert trykk-/vakuumventiler. De innstilles på et ønsket trykk og vil åpne og stenge automatisk når trykket blir endret. Temperaturstigning i oljen fører til at oljen utvider seg og trykket i en lukket tank vil stige. Dersom trykket i tanken overstiger innstilt trykk, vil ventilen slippe ut nøytralgass til atmosfæren via lufteledninger. Det er vanlig i dag med separate lufteledninger for hver tank.

Måleinstrumenter

Overvåkning av nøytralgassen som blir tilført tankene, foregår automatisk. Måleutstyret er plassert i tilførselsledningen til tankene, og vi leser av måleinstrumentene i kontrollrommet. Vi overvåker nøytralgasstrykket og oksygeninnholdet. Dersom grensene overskrides, blir alarmen automatisk satt i gang. I tillegg til fast installert utstyr skal skipet være utstyrt med transportable måleapparater for måling av oksygeninnhold i tankatmosfæren. Instrumenter for måling av hydrokarbongass med hensyn til nedre og øvre eksplosjonsgrense skal også finnes om bord.

Hvor mye olje en tank inneholder, finner vi ved å måle avstanden fra dekk (eller et spesielt merke) til overflaten av oljen. Denne avstanden

kalles *ullasje*. Hvilket volumet som tilsvarer den målte ullasje, finner vi i tabeller. Ullasje kan måles manuelt, ved fjernavlesning fra kontrollrommet eller en kombinasjon av disse.

Før ble lodd og målesnor brukt til manuell måling, men ettersom tankene ble dypere gikk en over til flottører festet til styresnorer eller stenger. I dag blir det brukt moderne metoder til fjernavlesning som automatisk gir ullasje og volum. Til dette blir det brukt datateknologi, kapasitetsfølere, trykkfølere, radar osv.

Farer ved bruk av nøytralgass

Nøytralgassen kan inneholde giftige gasser. Når vi åpner tanklokk eller ullasjelokk, må vi ikke puste inn den utstrømmende gassen. Mennesker kan ikke overleve dersom oksygeninnholdet er mindre enn 18 volumprosent. Det er ikke tillatt å entre en tank dersom oksygeninnholdet er lavere enn 21 volumprosent.

Tankrengjøring og gassfriing

Tankrengjøring og gassfrigjøring foregår vanligvis på ballastreisen. Med unntak av *Crude Oil Washing* (COW), som vi kommer tilbake til senere, skal tankrengjøring og gassfrigjøring vanligvis ikke finne sted under lasting og lossing. Vi bruker vann som vaskemiddel. For å få god vaskeeffekt er det vanlig å varme vannet opp til 50–60 °C. For å få rengjort tanken etter spesielle laster tilsetter vi ofte kjemikalier. Vi må følge de reglene som gjelder for bruk av slike stoffer. Spylingen foregår med tankvaskemaskiner såkalte *spylekanoner* (spylemaskiner) som kan være fast montert i tanken, eller de kan være transportable og flyttes fra tank til tank.

Tankrengjøring kan finne sted under fire forskjellige forhold:

1 I en atmosfære der tanken er fylt med nøytralgass slik at oksygeninnholdet er under 8 volumprosent.
2 I en atmosfære der gassblandingen ligger under L.E.L. Blandingen er for mager til at den kan antennes.
3 I en atmosfære der gassblandingen ligger over U.E.L. Blandingen er for fet til at den kan antennes.
4 I en atmosfære der blandingen ligger i det eksplosjonsfarlige området.

Vasking av tank som er fylt med nøytralgass

Før vasking skal oksygeninnholdet måles både 1 m under dekk og midt i tankens høyde. Er tanken delt med hele eller delte tverrskott, skal vi måle oksygeninnholdet også i dette området. Ingen av målingene må vise oksygeninnhold over 8 volumprosent. Under vaskeprosessen må oksygeninnholdet og trykket på nøytralgassen overvåkes kontinuerlig. Vaskevannet blir pumpet til sloptanken.

Vasking i en atmosfære der blandingen er for mager

Før vaskeprosessen settes i gang, bør bunnen i tanken, rørsystem og pumpene som brukes spyles med vann og *strippes*. Før vi starter vaskingen, bør vi ventilere tanken med vifter. Viftene er vanligvis vanndrevne. Bruk av *vindmenn* kan i mange tilfeller være et godt supplement. Vindmenn er store seil som blir heist opp mot vinden (fartsretningen). En trakt fører luftstrømmen ned i tanken.

Vi bør foreta gassmåling og forsikre oss om at blandingens atmosfære er under 10 % av L.E.L. Dersom vi bruker transportable vaskemaskiner, må vi forsikre oss om at det ikke er spenningsforskjeller mellom slangekoblingene og tanken før spylemaskinen fires ned i tanken. Vi bør ikke koble fra slangene før maskinen er fjernet fra tanken. Under vaskeprosessen må vi foreta gassmålingen i forskjellig høyde. Dersom konsentrasjonen stiger til 50 % av L.E.L., må vaskingen stoppes. Vi bør ventilere og forsikre oss om at konsentrasjonen reduseres til under 20 % av L.E.L. før vasking blir gjenopptatt. Vaskevannet blir pumpet til sloptanken.

Vasking i en atmosfære som er for fet

Dette er en metode som krever stor påpasselighet. Den ansvarlige for vaskingen må ha gjennomgått spesialopplæring. Metoden går ut på å holde atmosfæren i tanken over U.E.L. ved å hindre inntrenging av luft. Vasking skal ikke startes før konsentrasjonen av hydrokarboner er over 15 volumprosent. Under vaskeprosessen må konsentrasjonen ikke gå under denne verdien. Vaskevannet blir pumpet til sloptanken.

Vasking i en atmosfære der blandingen ligger i det eksplosjonsfarlige området

Før ble tankvasking nesten alltid utført under forhold der blandingen var eksplosiv. Det var ofte en kritisk periode og kravet til forsiktighet var meget stort. Det må ikke finnes kilder som kan antenne blandingen.

Det er innført spesielle krav for å unngå statisk elektrisitet:

1 Vaskemaskinene skal ikke ha større kapasitet enn maksimum 60 m^3/h.
2 Den totale vannmengde per tank skal ikke overstige 180 m^3/h.
3 Resirkulert vann må ikke benyttes.
4 Kjemiske stoffer må ikke tilsettes.
5 Dersom vannet blir oppvarmet, må ikke temperaturen overstige 60 °C.
6 Steam må ikke bli sent inn i tanken.
7 Tanken må dreneres under vaskeperioden. Dersom det samler seg opp vann, bør vaskingen stoppes. Vaskevannet pumpes til sloptanken.
8 Ved bruk av transportable vaskemaskiner må slangeforbindelsene bli testet for å unngå elektrisk spenningsforskjell før vaskemaskinene blir ført ned i tanken. Forbindelsen må ikke kobles fra før maskinen er tatt opp fra tanken

9 Dersom vi skal måle vannmengden i tanken, må målesnoren med lodd fires ned gjennom spesielle målerør. I tanker som ikke har slike rør, må vi vise stor varsomhet. Det anbefales å bruke en metallstang festet i metallsnor som er jordet til skipet. Metallstang festet i fibertau skal ikke brukes. Vi kan bruke måleutstyr av ikke-metallisk materiale.

Råoljevasking (COW)

Råoljetankskip som er utstyrt med nøytralgassanlegg og faste tankspylemaskiner, kan bruke råolje til å vaske tankene med. Spylingen foregår ved at vi bruker råolje fra en lastetank til å spyle tanken. På grunn av faren for statisk elektrisitet skal tanker som oljen blir tatt ifra, tømmes for minst 1 m før COW tar til. Oljen blir tilført spylemaskinene med et trykk på 8–10 bar. Vi kan bruke spesielle pumper beregnet på råoljevasking, eller vi kan bruke en av skipets lossepumper. Vaskingen må foregå mens skipet ligger i lossehavn. Det er også tillatt å bruke COW mellom to loss havner, men tankene som er vasket skal da holdes tomme inntil inspeksjon i neste lossehavn. Fordelen med COW er at sedimenter som dannes i tanken blir oppløst.

Erfaring viser at etter lossing av en råoljetank ligger det igjen et tykt vokslignende lag på de vertikale flatene. Etter råoljevasking er de vertikale flatene helt tørre og bare dekket av et tynt fettlag, noe som reduserer korrosjon. Oljen fra vaskeprosessen blir pumpet i land sammen med den øvrige lasten via en *strippepumpe*. En ulempe med COW er at lossekapasiteten blir nedsatt noe som vil resultere i lengre tid i havn.

Det er nødvendig å innhente tillatelse fra losseterminalen før COW blir satt i gang. Det er sjelden behov for å vaske alle tankene med råolje under lossing. Tanker som skal brukes til ren ballast, skal vaskes med råolje. Det gjelder både ballasttanker beregnet på avgang lossehavn og ankomst lastehavn. I tillegg skal en fjerdedel av de resterende tankene vaskes, men ikke oftere enn hver fjerde måned.

Det stilles strenge krav til COW-anlegget og til nøytralgassanlegget. Normalt skal vi kunne vaske 2–3 tanker samtidig.

Fordelen med COW er at det blir mindre slopmengder etter vask med derav redusert risiko for forurensning. Sedimenter i tankene fjernes og behovet for tanksjau blir eliminert. Vannvask av tanker som skal brukes til ren ballast, blir enklere, og det blir kortere vasketid og mindre slopmengder. Det stilles strenge krav til skipets besetning, og arbeidsbelastningen kan bli stor under vaskeprosessen. IMO angir detaljerte kvalifikasjonskrav til de som skal være ansvarlige for COW-operasjoner.

Den hovedansvarlige skal ha minst ett års tankskipserfaring som har innbefattet laste-/losseoperasjoner, inklusiv COW. Dersom han ikke har COW-erfaring, skal han ha gjennomført et godkjent treningsprogram. Andre med spesielt ansvarsområder tilknyttet COW skal ha minst 6 måneders tankskipserfaring i forbindelse med lasting/lossing. I tillegg skal de ha opplæring angående COW-anlegget for det aktuelle skipet.

IMO har utarbeidet spesielle sjekklister som dekker de kontrollene som skal gjøres

- før ankomst lossehavn (Checklist pre-arrival at discharge port)
- før under og etter COW i lossehavn (Checklist before, during and after COW operation)

Sjekklistene er vist nedenfor.

CRUDE OIL WASHING CHECKLISTS

This section contains operational checklists for the use of the crew at each discharge which shall include the checking and calibration of all instruments.

PRE-ARRIVAL CHECKS AT DISCHARGE PORT

No.	ITEM	
1.	Has terminal been notified?	
2.	Is oxygen analysing equipment tested and working satisfactorily?	
3.	Is tank washing pipeline system isolated from water heater and engine room?	
4.	Are all hydrant valves on tank washing line blanked?	
5.	Are all valves to fixed tank washing machines shut?	
6.	Have tank cleaning lines been pressurized and leakages made good?	
7.	Have portable drive units for fixed tank washing machines been tested?	
8.	Have pressure gauges on top discharge line, manifold and tank cleaning main been checked?	
9.	Has the stripping system monitoring equipment been checked?	
10.	Has the communications system been checked and tested?	
11.	Has the organization plan been drawn up and posted with duties and responsibilities defined?	
12.	Have the discharge/crude oil wash operation plans been drawn up and posted?	
13.	In cases where the terminal has a standard radio checklist, has this been completed and transmitted?	

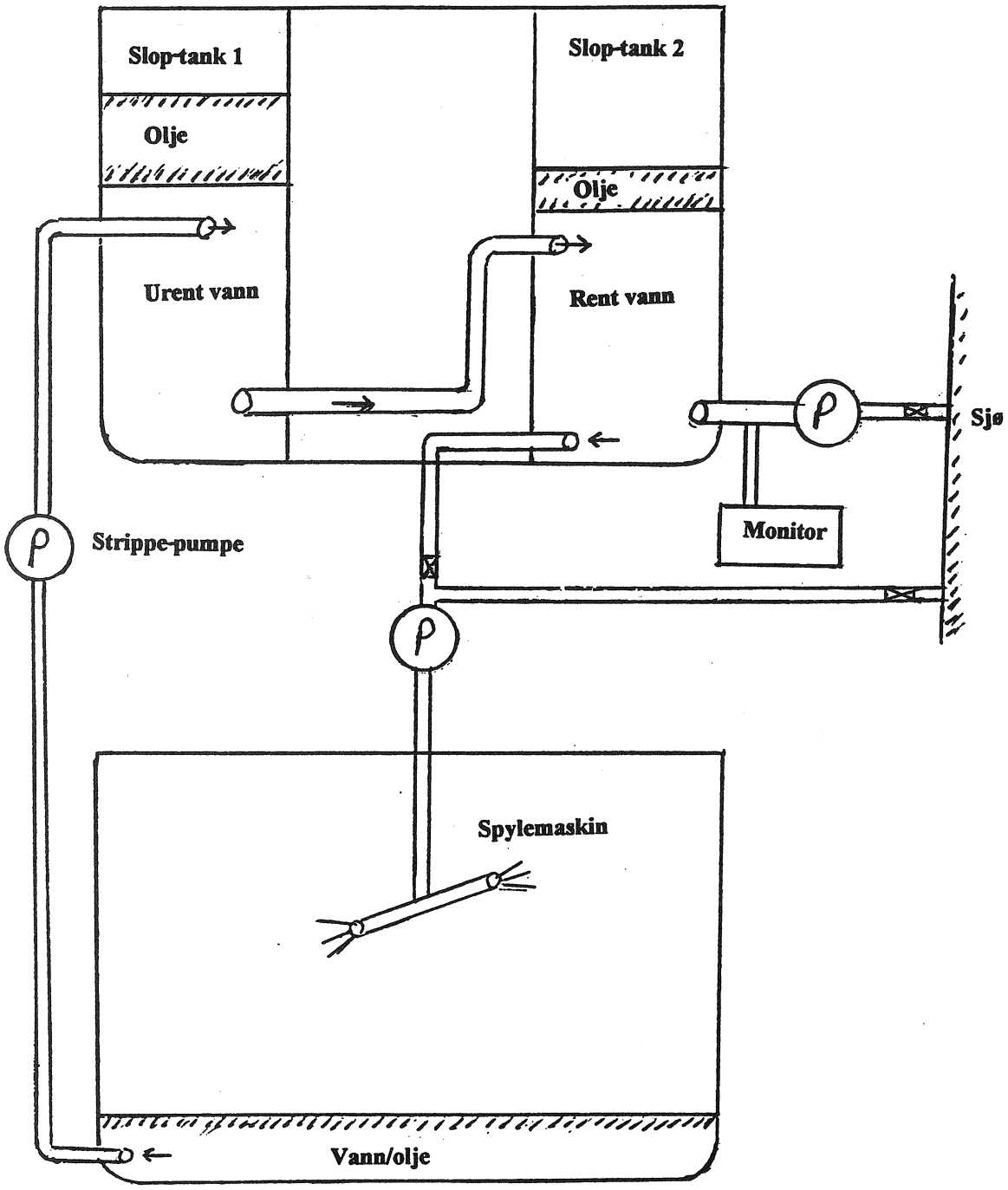
CHECKLIST FOR USE BEFORE, DURING AND AFTER CRUDE OIL WASH OPERATION

No.	ITEM	
	A. ***Before crude oil wash operation***	
1.	Are all pre-arrival checks and conditions in order?	
2.	Has discharge/crude oil wash operation been discussed with both ship and shore staff and is agreed plan readily available for easy reference?	
3.	Has communication link between deck/control station and control station/shore been set up and is it working properly?	
4.	Have crude oil wash abort condition and procedures been discussed and agreed by both ship and shore staff?	
5.	Have fixed and portable oxygen analysers been checked and are they working properly?	
6.	Is inert gas system working properly and is the oxygen content of inert gas being delivered below 5 per cent by volume?	
7.	Is oxygen content of tank(s) to be crude oil washed below 8 per cent by volume?	
8.	Have all cargo tanks positive inert gas pressure?	
9.	Has a responsible person been assigned to check all deck lines for leaks as soon as washing starts?	
10.	Are the fixed machines set for the required washing method and are portable drive units, if fitted, mounted and set?	
11.	Have valves and lines both in pumproom and on deck been checked?	
	B. ***During crude oil wash operation***	
12.	Is quality of inert gas being delivered frequently checked and recorded?	
13.	Are all deck lines and machines being frequently checked for leaks?	
14.	Is crude oil washing in progress in designated cargo tanks only?	
15.	Is the pressure in the tank wash line as specified in this Manual?	
16.	Are cycle times of tank washing machines as specified in this Manual?	
17.	Are the washing machines in operation, together with their drive units if applicable, frequently checked and are they working properly?	
18.	Is a responsible person stationed continuously on deck?	
19.	Will trim be satisfactory when bottom washing is in progress as specified in this Manual?	
20.	Will recommended tank draining method be followed?	
21.	Have ullage gauge floats been raised and housed in tanks being crude oil washed?	
22.	Is level in holding tank for tank washings frequently checked to prevent any possibility of an overflow?	
	C. ***After crude oil wash operation***	
23.	Are all valves between discharge line and tank wash line closed?	
24.	Has tank wash line been drained of crude oil?	
25.	Are all valves to washing machines closed?	
26.	Are cargo pumps, tanks and pipelines properly drained as specified in this Manual?	

Load on top-systemet – sloptanker

Tidligere ble blandingen av vann og olje etter tankrengjøring pumpet over bord. Skittent ballastvann ble også pumpet over bord. Det førte til store forurensninger. Det ble nødvendig å begrense utslipp av olje. Den internasjonale konvensjonen om forurensning av havet, MARPOL, har utarbeidet retningslinjer for tillatt utslipp. Ved rengjøring av tankene om bord, ble det værende igjen store mengder oljeblandet vann. Det ble nødvendig å komme frem til en metode som kunne behandle forurenset vann på en forsvarlig måte. Løsningen ble den såkalte Load on top-metoden. Den går ut på å pumpe spylevannet til sloptankene, se figur 15.4. Ren ballast kan nå fylles på tankene. Sloptankene er vanligvis to vingtanker. Spylevannet blir pumpet til den ene tanken, sloptank 1. Her vil oljen og vannet skille seg slik at vannet som er tyngst, ligger nederst og oljen flyter opp. Fra sloptank 1 går det rørforbindelse til sloptank 2. Når blandingen har satt seg skikkelig, blir den pumpet over til sloptank 2. Her vil blandingen ytterligere skille seg, og i bunnen vil det stort sett være sjøvann. Her er det plassert en overvåkningsenhet, en olje/vann monitor, som kontrollerer at innholdet i sjøvannet er under 15 ppm (parts per million), se figur 15.5 Dersom dette er tilfelle, blir over bord-ventilen åpnet og sjøvannet kan pumpes over bord. Monitoren kontrol-ler også at utslippet ikke overstiger 60 l per nautisk mil. Hastigheten på pumpen blir styrt av monitoren. En annen begrensning er at det totale utslipp ikke skal overstige 1/15 000 av skipets lastekapasitet. Overvåk-nings- og kontrollsystemet sørger for at dato, tid, oljeinnhold og total oljemengde automatisk blir skrevet ut. Utskriften skal oppbevares i minst tre år. Skipet må befinne seg minst 50 nautiske mil fra land før pumping over bord kan begynne.

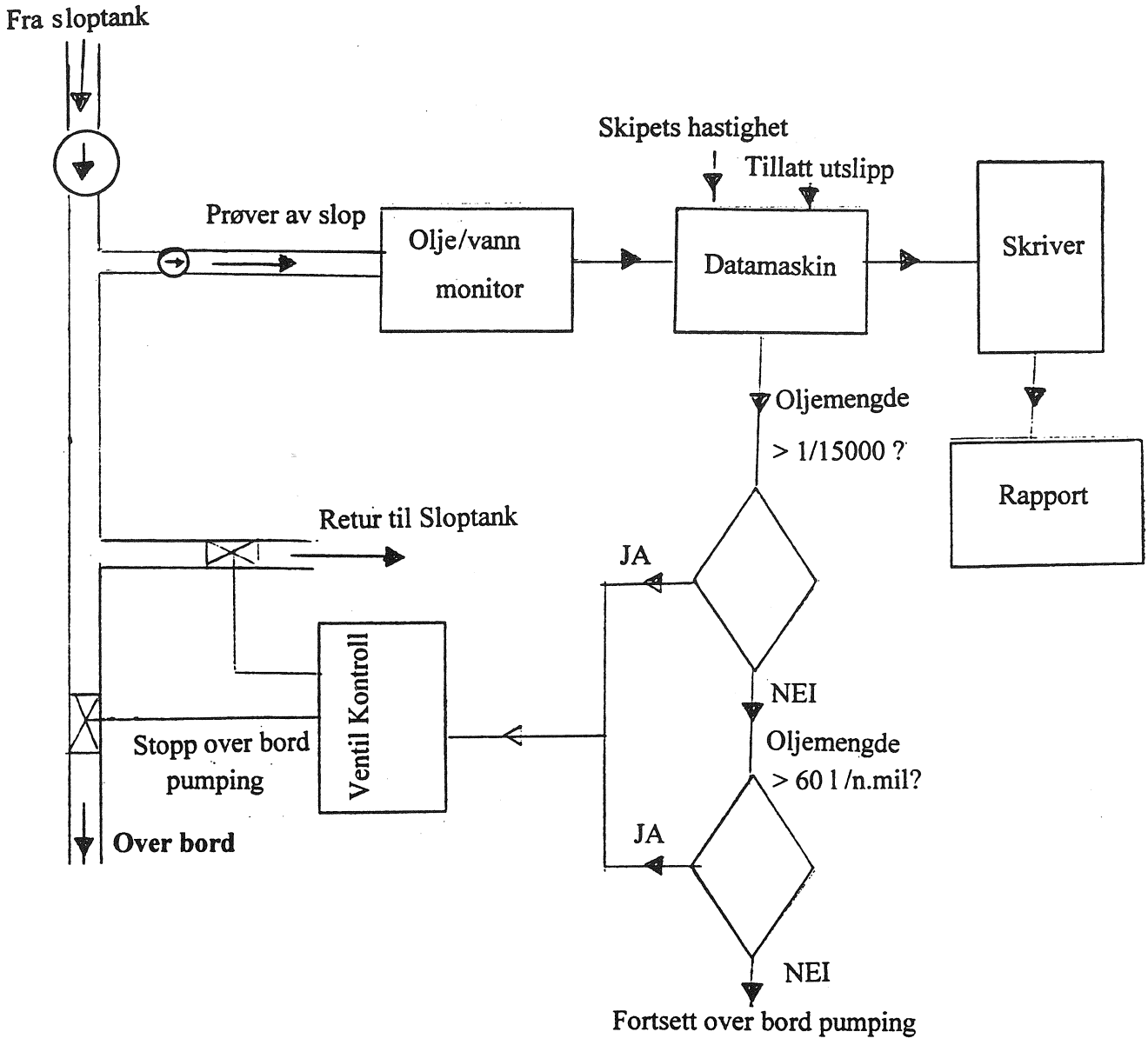
Alle tankskip skal ha en *oljedagbok* om bord. I den blir det ført når tøm-mingen startet, når den ble avsluttet og mengden som er pumpet over bord. Det blir også anbefalt å føre dette i skipets dekksdagbok.



Figur 15.4 Sloptanksystem

Ved ankomst i lastehavnen er det vanlig at skipet har slop om bord. På en råoljetanker kan vi, dersom terminalen ikke kan ta imot slop, laste på toppen av sloppen (Load on top). For produkttankere som fører forskjellige laster, vil dette vanligvis ikke være tillatt. Mange skip har hatt store problemer med å bli kvitt slop. Selv om konvensjonen pålegger å opprette mottakerstasjoner for slop, har mange skip måttet ha sloppen om bord i lengre tid. Det fører til at lastemengden blir redusert. Ofte blir det ikke gitt tillatelse til å laste på toppen av sloppen og det medfører ytterligere mindre lastemengde. Skip som er utstyrt med spesielle separatorer som skiller olje og vann, kan ytterligere redusere slopmengden. Nye tankskip bygges nå med segregerte ballasttanker (SBT). Behovet for tankrengjøring blir da mindre og slopmengden blir betyde-

lig redusert. Kapasiteten på sloptankene skal ikke være under 3 % av skipets totale lastekapasitet. For skip med segregerte ballasttanker kan kapasiteten bli redusert til 2 %.



Figur 15.5 Olje/vann monitor

Ballasttanker

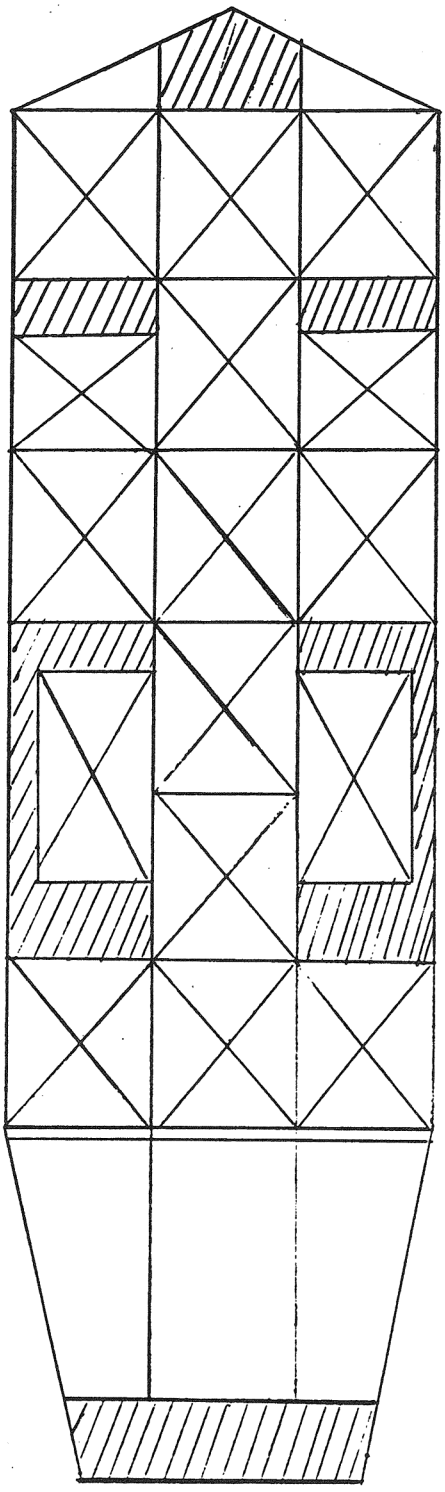
Før skipet kan gå fra lossehavnen, må det ta om bord ballast for at skipet skal få propellen og roret under vann og oppnå tilstrekkelig stabilitet. Det blir stilt bestemte krav til skipets dypgående og trim ved avgang. Et skip uten segregerte ballasttanker (SBT) må ta inn «skitten» ballast. Hvordan ballasten skal fordeles i skipets tanker og i hvor stor mengde, vil avhenge av værforholdene. Byggeverkstedet gir anbefalinger om hvordan ballasten skal fordeles langs skipsskroget for å unngå for store påkjenninger på skroget. Skipets offiserer bør alltid kontrollere skjærkrefter og bøyemomenter på lasteinstrumentet for å sikre en forsvarlig fordeling. Før vi går i gang med råoljevasking, bør vi tenke

over hvilke tanker vi skal bruke til ballast. Før avgang bør vi ta inn ballasten i tanker som er vasket med råolje. Det er vanligvis ikke et eget rørsystem eller pumper til ballast, og vi må bruke lastelinene og lastepumpene til fylling. Vi bør forsikre oss om at de er rengjort før ren ballast blir tatt inn.

Underveis vannvasker vi andre tanker som tidligere er råoljevasket, og tar inn ren ballast i disse samtidig som vi kvitter seg med den skitne ballasten i henhold til de forskrifter som gjelder for skipet (MARPOL, Skipskontrollens regler). Ved ankomst lastehavn kan den rene ballasten pumpes direkte over bord. Svært ofte hender det at skipet ankommer lastehavnen med skitten ballast. Denne ballasten må pumpes i land.

Segregerte ballasttanker (SBT)

Det er innført krav til segregerte ballasttanker på alle nye tankskip over 5 000 dødvekttonn. MARPOL-konvensjonen krever at ballasttankene skal være plassert slik at de beskytter lastetankene i tilfelle grunnstøting eller kollisjon. Noen skip er også utstyrt med dobbelbunn som kan bli brukt til ballast. Det gir en ekstra sikkerhet i tilfelle grunnstøting. Eksempel på plassering av segregerte ballasttanker er vist på figur 15.6 (skravert). Kapasiteten på ballasttankene skal være slik at skipet kan seile trygt på hele ballastreisen. Dypgående akter skal alltid være slik at propellen er helt neddykket.



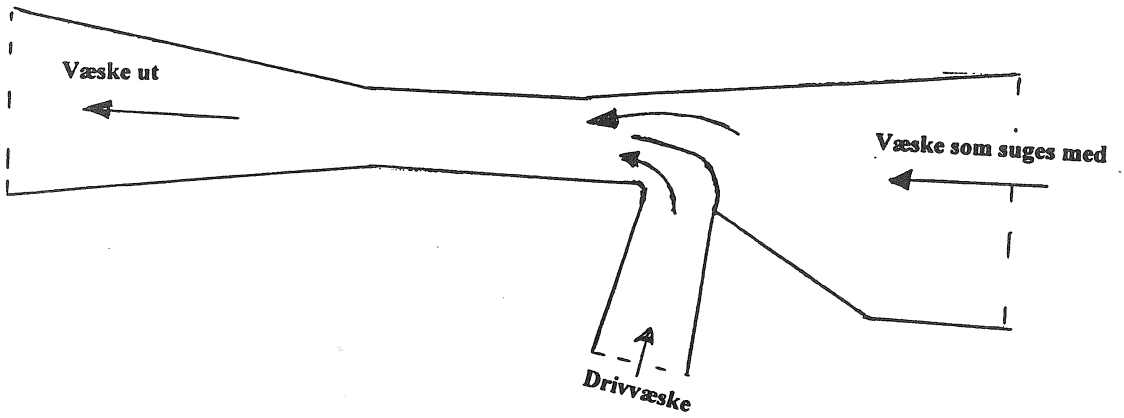
Figur 15.6 Segregerte ballasttanker

Rørsystemer på tankskip

Det brukes mange forskjellige rørsystemer på tankskip. Felles for alle er at det må være en forbindelse mellom de enkelte tankene og pumperommet. Fra pumperommet må det være forbindelse til dekk der det er slangekoplinger til landledninger. Arrangementstegninger (i stor målestokk) for skipet må studeres nøye. Figur 15.8 viser en forenklet skisse av lastelinjesystemet for et moderne tankskip. Skipet har dobbel bunn og dobbelt skrog i tankområdet. Bunntankene og de ytre sidetankene brukes til ballast. Det doble skroget gir en ekstra sikkerhet i tilfelle grunnstøting og kollisjoner. De fleste nye tankskip blir bygd med dobbelt skrog i tankområdet.

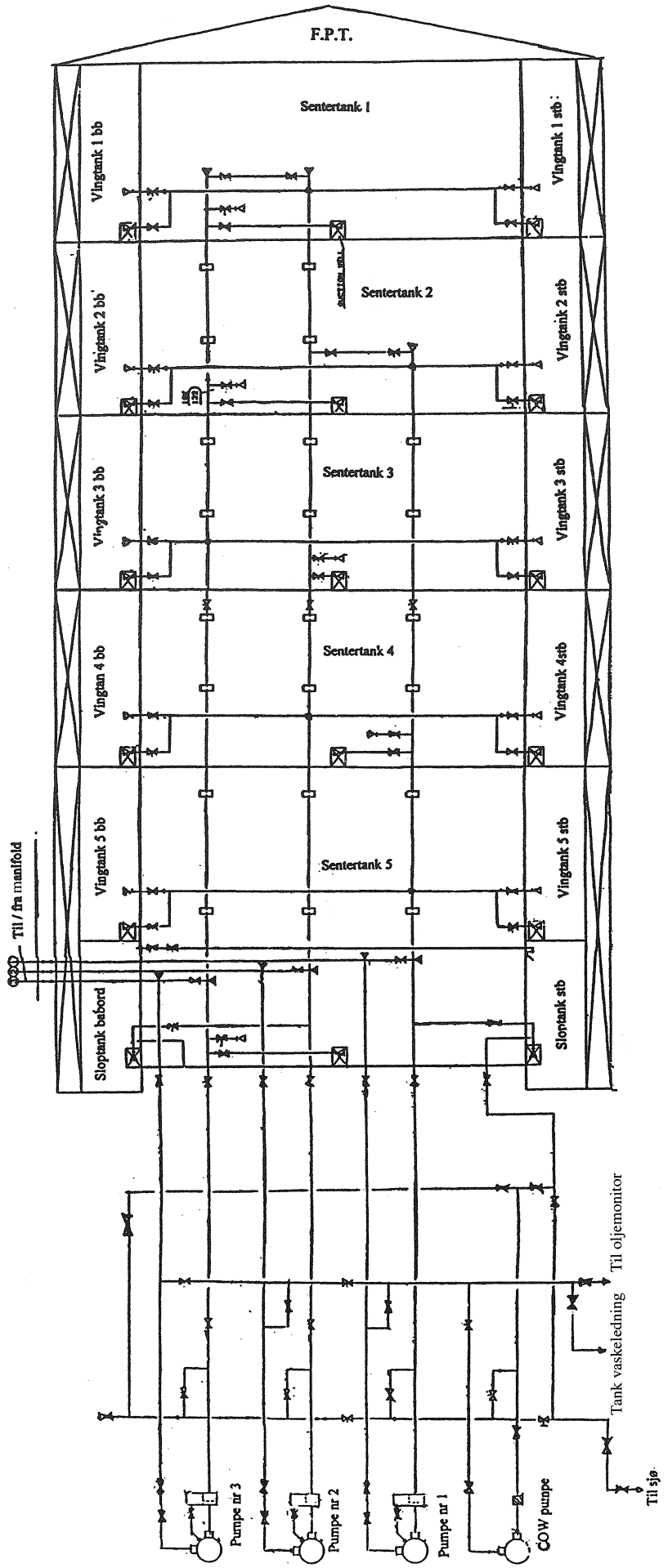
I hver tank er det en sugeventil som kan åpnes og stenges ved fjernkontroll fra kontrollrommet. I hver tank er det også fylleventiler som blir brukt ved lasting. På hovedlinjene er det plassert masterventiler. Med visse mellomrom er det plassert ekspansjonskoblinger. Tverrskips forbindelse mellom hovedlinene blir kontrollert med crossover-ventiler. Fra pumperommet går det ledninger opp til dekk til et system av tverrledninger som kalles *manifolder*. Her kan forbindelse til landledninger tilkoples ved hjelp av fleksible slanger. Ved lasting går vi utenom pumperommet. Skipet er utstyrt med tre pumper, hver med en kapasitet på 5000 m^3 per time. Det har også en egen COW-pumpe som blir brukt ved tankrengjøring. Skipet er også utstyrt med ejektorer og strippepumpe. Vi bruker hovedledningsystemet til stripping av tankene. Det består av en vakuumpumpe, en vakuumtank og en nivåtank. Når oljen i tanken som losses når et bestemt nivå, starter vakuumpumpen og oljen blir sugd inn i nivåtanken. Væskenivået i nivåtanken vil nå sørge for at lossepumpen har tilstrekkelig olje å arbeide med. Riktig brukt har

strippe-vakuumanlegget vist seg å være effektivt. Ejektorer kan også bli brukt til stripping. Ejektoren består av et rørsystem med en dyse som lager en sugeeffekt, slik at olje trekkes inn i ejektoren og videre gjennom dysen, se figur 15.7. Som drivmedium brukes den samme oljen som den suger. Ejektoren er robust og har god sugeeffekt selv om tanken er nesten tom. Den kan brukes sammen med skipets øvrige strippesystem. Til å få de siste oljerestene i land må vi bruke strippepumpen og en ledning med liten diameter.



Figur 15.7 Skisse av ejektor

Rørsystemet for et produkttankskip kan være bygd opp på samme måten som for en råoljetanker. Forskjellen ligger i at det er separate ledninger med pumpe til hver enkelt tank eller til en gruppe av tanker. Nyere produkttankskip har vanligvis separate pumper og røropplegg for hver enkelt tank. De kan ofte benyttes både som produkttankskip og kjemikalietankskip. Disse skipene har et stort antall tanker og kan laste flere forskjellig laster atskilt fra hverandre. Figur 15.9 viser røropplegget for et moderne produkttankskip (parcel-tanker). I hver tank er det en neddykket hydraulisk drevet lossepumpe (Framo-pumpe). For å unngå og laste gjennom pumpene er det lagt rør utenom slik som vist på skissen. Tilkobling til manifolden er ikke vist. Vingtanker nr. 3 er ballasttanker. I tillegg kan skipet ta ballast i dobbeltbunnen. Ventilasjonssystemet er atskilt for hver enkelt tank. Det som spesielt skiller et kjemikalietankskip fra en produkttanker, er først og fremst lasten og antall tanker. Produkt- tankskip frakter petroleumsprodukter, mens et kjemikalie tankskip frakter mange forskjellige typer kjemiske laster som krever spesiell behandling. Tankene på kjemikalietankskip er ofte spesialbehandlet for å tåle visse laster.



Figur 15.8 Lasteledninger – tankskip

Andre rørsystemer

Heating coils

Noen oljeprodukter må bli varmet opp for at de skal bli tilstrekkelig flytende slik at de kan bli pumpet i land. Det blir da lagt et eget rørsystem i bunnen av tankene (heating coils). Vanligvis blir vann eller steam brukt til oppvarmingen. Temperaturen kan ofte ligge på 50–60 °C.

Råoljevaskeledninger og spylemaskiner

Det er et eget rørsystem for råoljevasking. Det viser hvordan spylemaskiner og ventiler er plassert.

Nøytralgass fordelingssystem

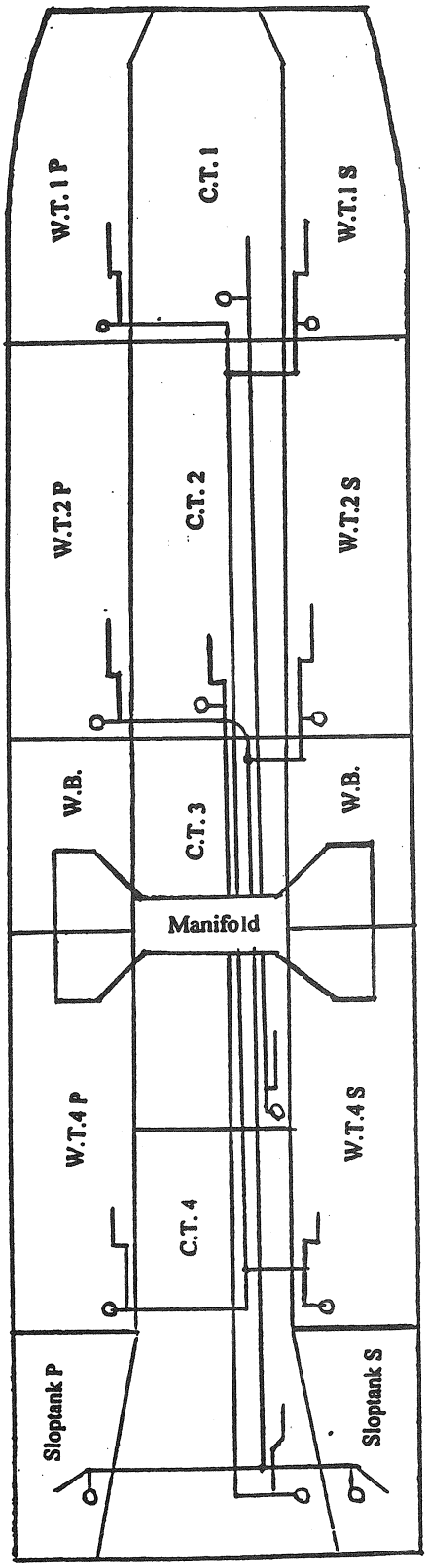
Rørsystemet viser hvor nøytralgassen er ført inn i tanken, og hvordan trykk-/vakuumventilene (P/V) er plassert. Videre kan det vise hvor ullasjemålerne er plassert. Nyere skip bruker fjernavlesning av ullasje.

Informasjoner i forbindelse med havneanløp

Før et tankskip ankommer laste-/losseterminalen, må det utveksles informasjon med havnemyndighetene og representanter for laste-/losseterminalen. Vi må innhente opplysninger om havneforhold og andre forhold som har betydning for en sikker navigering av skipet inn til havn. Det er nødvendig for skipsføreren å forholde seg både til internasjonale, nasjonale og regionale bestemmelser. Informasjon blir ofte gitt i form av en *sjekkliste*.

Informasjonen som bør være med på en slik sjekkliste:

1 Skipets navn og kjenningssignal
2 Skipets nasjonalitet
3 Skipets største lengde, bredde og dypgående
4 Navn på anløpshavn, og antatt ankomsttid (ETA)
5 Skipets last med angivelse av korrekt teknisk navn, UN-nummer, flammepunkt og mengde
6 Fordelingen av lasten om bord
7 Om skipet har nøytralgassanlegg som fungerer
8 Om det er nødvendig med vasking av tanker eller levering av slop
9 Enhver skade på skrog, maskineri eller utstyr som vil ha betydning for
   - skipets manøveringsegenskaper
   - sikkerheten til andre skip
   - forurensningsskade på miljøet
   - skade på personer og eiendom om bord eller i land
10 Forhold angående skipets sikkerhetssertifikat og gyldighetsperiode



Figur 15.9 Skisse som viser røroppleget på en produkttanker

Informasjon fra skipet til laste-/losse-terminalen

Informasjon som bør være med:

1 Skipets dypgående og trim ved ankomst
2 Maksimum dypgående og trim under havneoppholdet
3 Avtale om bruk av slepebåt(er)
4 Skip som har nøytralgass anlegg, må bekrefte at tankene er fylt med nøytralgass, og at systemet er i orden
5 Oksygeninnholdet i lastetankene
6 Eventuelle reparasjonsarbeider som kan forsinke lasting/lossing.
7 Eventuelle skader på skrog eller skott. Ventiler eller lasteledninger som lekker og som kan forårsake forurensning
8 Andre forhold som angår skipet:

- manifolden, antall, størrelse og nødvendige tilkoplinger til land
- om skipet har eksternt påtrykt katodisk beskyttelse
- forhåndsopplysninger om laste-/losseoperasjoner, eller endring i eksisterende planer for laste-/losseoperasjoner
- sloprester, skitten ballast, COW, forurensning av kjemiske tilsettingsstoffer o.l.

Informasjon fra terminal til skipet

Informasjon som bør være med:

1 Vanndypde ved terminalen ved lavvann, tettheten av vannet og tidevannsopplysninger
2 Tilgjengeligheten av slepebåter og fortøyningsfartøyer dersom det er nødvendig med assistanse ved ankomst-/avgangskaien eller ved bøyefortøyningen
3 Om slepebåtens slepeliner eller skipets liner skal brukes
4 Fortøyningsliner og utstyr som kreves, og hvilken side skipet skal ha til kai. Maksimum tillatt fart og vinkel ved kaitillegg
5 Detaljer angående fortøyning som vil bli tilgjengelig fra land, og andre forhold som er viktig for skipsføreren
6 Antallet og størrelsen av slangeforbindelser/manifolder
7 Utstyr for måling av nøytalgass i lastetankene
8 Eventuelle visuelle signaler eller lydsignaler som kan brukes under fortøyningsoperasjonen, inkludert tilgjengeligheten av indikator for måling av hastigheten mot kai
9 Arrangementer for landganger og tilgjengeligheten av utstyr som finnes ved terminalen
10 Forhåndsopplysninger angående laste-/losseoperasjoner eller endring i eksisterende planer
11 Utstyr for COW- eller tankvaskoperasjoner. Arrangement for mottak av slop
12 Om skipets tanker må gjøres gassfri for å laste spesielle produkter som ikke avgir gass, men som kan utgjøre fare med hensyn til statisk elektrisitet

Lasting

Skipsføreren må så tidlig som mulig be befrakteren om opplysninger angående lastemengden og type av last slik at han i god tid kan beregne

lastemengde med hensyn til lastesoner, dypgående, trim og stress. Han må finne ut om det er muligheter for å bli kvitt slop, og om ren ballast kan bli pumpet ut i sjøen, eller om den må pumpes i land. Noen steder er det forbudt å pumpe ren ballast på sjøen på grunn av forurensning fra mikroorganismer. Lastehavnen må bli underrettet og holdt oppdatert om ETA. Dypgående før ankomst lastehavn må være beregnet. Lastetankenes tilstand må undersøkes i god tid og forhold som har betydning for lasten, må klargjøres med terminalen. Kan lasting foregå samtidig med at skipet kvitter seg med ballast? Ventiler mellom laste- og ballastsystemet må være stengt og sikret. Pumperommet skal være rengjort og fritt for gass før ankomst.

Normalt vil skipet få spesifisert informasjon fra lasteterminalen om:

1 Spesifikasjoner av lasten
2 Flammepunkt
3 Lastetemperatur
4 Egenvekt for lasten
5 Maksimum lasterate
6 Beredskapstid (standby-tid) for normal pumpestopp
7 Maksimum tillatte trykk for skip/landforbindelsene, og begrensninger i bevegelser av skipet under lasting
8 Antallet av og størrelsene på slangeforbindelsene og manifoldene som er påkrevd for de ulike oljesortene
9 Spesifikasjoner om bunkers og lasterater
10 Kommunikasjonssystemet for kontroll av lastingen, inkludert nødstoppsignal
11 Begrensninger i bevegelser av slanger og lastearmer

Skipet plikter å gi følgende informasjon til lasteterminalen:

1 Maksimum tillatte lasterate
2 Maksimum tillatte trykk for skip/land slangeforbindelser
3 Forslag til i hvilke tanker lasten skal bli plassert, og i hvilken rekkefølge den skal lastes ved ulike sorter
4 Maksimum akseptert lastetemperatur
5 Forslag til ventilasjonsmetode
6 Mengden av og kvaliteten på slop
7 Ballastmengden og plasseringen av den. Nødvendig tid til deballasting og maksimum lettskips fribord

Skriftlig overenskomst i forbindelse med lasteoperasjoner

På grunnlag av den informasjonen som er utvekslet mellom skip og lasteterminal, bør det bli nedtegnet en skriftlig overenskomst angående lasteoperasjonen mellom den ansvarlige lasteoffiseren og en representant for lasteterminalen.

Følgende forhold bør være med:

1 Skipets navn, navn på terminalen, tid og dato
2 Navn og signatur av den ansvarlige for skipet og terminalen
3 Lastefordelingen ved ankomst og avgang
4 For hvert lasteprodukt bør følgende informasjon være gitt:
   - mengde
   - tanker som skal benyttes til lasten

- ledninger som skal brukes for skip/land forbindelser
- lasterate
- maksimum tillatte trykk
- temperaturgrenser
- ventilasjonssystem

5 Begrensninger på grunn av
- elektrostatiske egenskaper
- bruk av automatiske stoppeventiler (shut down valves)

Overenskomsten bør inneholde en lasteplan med et tidsskjema. Følgende punkter bør være dekket i en slik overenskomst:

1 Rekkefølgen skipets tanker skal lastes når det er tatt hensyn til
- deballasting
- omkopling til skipets og terminalens tanker
- å unngå forurensning
- klargjøring av lasteledningene før lasting
- andre forhold som påvirker lasteraten
- dypgående, trim og tillatt stress

2 Maksimum start lasterate, toppingrate og normal stoppetid med hensyn til:
- lastetype
- kapasitet og arrangement av skipets lasteledninger og ventilasjonssystem
- maksimum tillatte trykk og lasterate i skip/land slangeforbindelsene
- forholdsregler for å unngå statisk elektrisitet

3 Andre forhold som kan begrense lasteraten idet en tar hensyn til:
- damptrykket av lasten som skal tas om bord
- lasterate
- atmosfæriske forhold

4 Bunkring- og storesoperasjoner

5 Prosedyrer for nødstopp

Et nettverksdiagram vil være en god måte å anskueliggjøre en slik plan på.

Oljedagbok skal føres ved alle operasjoner som foregår i forbindelse med lasting og deballasting, COW o.l.

Tank-survey rapport

Tankene skal inspiseres etter deballasting og før lasting. Dersom det er mulig, skal vi foreta inspeksjonen uten å gå ned i tankene. Hvis det er nødvendig å gå ned i en tank på grunn av renhetskrav for den spesielle lasten, må tanken først ventileres slik at det ikke er nøytralgass i tanken, og tanken må isoleres fra nøytralgass-systemet. Oksygeninnholdet skal være 21 volumprosent før entring av tanken. Etter at tankene er inspisert og godkjent, skal det fylles ut en *tank-survey rapport* som signeres av inspektøren (surveyor), se figur 15.10.

Tank-survey report

T/T/M/T _____

I herewith certify that the tanks

No. _____

port and starboard, and pumps and lines leading to same tanks, have been inspected

prior to loading, and found to be dry and clean ang suitable for carrying of

_____

_____ Date: _____

_____

Stamp and Signature

Figur 15.10 Tank-survey rapport

Å kvitte seg med sloprester

Før ankomst må skipsføreren underrette terminalen (eller befrakteren) om eventuelle oljerester som er beholdt om bord, og hvor de er plassert. Under forutsetning av at det finnes mottakeranlegg blir restene pumpet i land ved lasteterminalen. Sloptanken blir inspisert sammen med en inspektør fra lasteterminalen og *statement of slop-rapport* blir fylt ut før lasting, se figur 15.11.

Vessel: _____

Ref: _____

STATEMENT of SLOP

Tank Number			
Ullage			
Trim			
Corrected Ullage			
T.O.V. US Barrels			
Water Sounding			
Corr. Water Sounding			
Free Water US Barrels			
G.O.V. US Barrels			
A.P.I. Gravity Observed			
Temperarure Observed			
A.P.I. @ 60 (F)			
V.C.F. Table			
G.S.V. US Barrels			
W.C.F. Table			
Long Tons			
Metric Tons			
T.C.V. US Barrels			
Previous Cargo			
Port Loaded			
Loaded A.P.I			

Chief Officer: _____ Surveyor: _____

Dated: _____

Figur 15.11 Statement of slop

Lossing

På grunnlag av den informasjonen som er utvekslet mellom skipet og terminalen, bør det settes opp en skriftlig overenskomst mellom lasteoffiseren og representanten for terminalen angående losseoperasjonene. Flere av opplysningene er de samme som ved lasting.

Følgende forhold bør være med:

1 Skipets navn, navn på terminalen, dato og tid
2 Navn og signatur av den ansvarlige for skipet og for terminalen

3 Fordeling av last ved ankomst og ved avgang
4 Informasjon om det enkelte produkt som omfatter:
   – kvantum
   – landtanker som skal fylles
   – lastetanker som skal losses
   – ledninger som skal benyttes mellom skip og land
   – losserate og trykk
   – maksimum tillatte trykk
   – temperaturgrenser
   – ventilasjonssystem
5 Begrensninger på grunn av
   – elektrostatiske egenskaper
   – bruk av automatiske stoppeventiler
6 Overenskomsten skal inkludere en losseplan med et tidsskjema der følgende forhold er tatt med:
   – i hvilken rekkefølge tankene skal losses
   – omkobling mellom skipets tanker og tanker på land
   – hvordan unngå forurenset last
   – rengjøring av losseledninger
   – COW og andre tankvaskoperasjoner og forhold som har betydning for losseraten
   – trim, fribord og tillatt stress
   – ballastoperasjoner
7 Start og maksimum losserate når det er hensyn tatt til:
   – lasteproduktet
   – arrangement og kapasitet av skipets losseledninger, landledninger og tanker
   – maksimum tillatte trykk og losserate for skip/land koplinger
   – forholdsregler for å unngå statisk elektrisitet
   – andre begrensninger
8 Bunkers- eller storesoperasjoner
9 Prosedyrer for nødstopp

Det bør brukes et nettverksdiagram for å illustrere losseplanen.

Kommunikasjon ved laste- og losseoperasjoner

Kommunikasjonen mellom skipet og terminalen er viktig for å unngå misforståelser og ulykker. Begge parter må være enig i å opprette et pålitelig kommunikasjonssystem. Før laste- og losseoperasjonen starter, bør kommunikasjonssystemet testes. Det bør også opprettes et reserve kommunikasjonssystem.

Kommunikasjonssystemet bør inneholde signaler for
– identifikasjon av skip, terminal og last
– standby
– start lasting/lossing
– sett ned raten (slow down)
– stopp lasting/lossing
– nødstopp

Alle andre nødvendige signaler må en være enig om, og de må bli forstått. Når forskjellige produkter lastes/losses, må navn og beskrivelse

være fult ut forstått. For mer en ett skip må det unngås å bruke bare én VHF/UHF-kanal.

Sjekkliste

Ved laste-/lossesterminaler blir det ofte brukt ferdig oppsatte sjekklister. Det er vanlig at den ansvarlige lasteoffiseren og en representant for terminalen sammen går igjennom sjekklisten, som underskrives av begge parter. Nedenfor er en slik sjekkliste gjengitt.

SHIP/SHORE SAFETY CHECK LIST

Ship's Name _____

Berth _____ **Port** _____

Date of Arrival _____ **Time of Arrival** _____

INSTRUCTIONS FOR COMPLETION

The safety of operations requires that all questions should be answered affirmatively ☑ If an affirmative answer is not possible, the reason should be given and agreement reached upon appropriate precautions to be taken between the ship and the terminal. Where any question is not considered to be applicable a note to that effect should be inserted in the remarks column.

☐ – the presence of this symbol in the columns 'ship' and 'terminal' indicates that checks shall be carried out by the party concerned.

The presence of the letters A and P in the column 'Code' indicates the following:

A — the mentioned procedures and agreements shall be in writing and signed by both parties.

P — in the case of a negative answer the operation shall not be carried out without the permission of the Port Authority.

	Ship	Terminal	Code	Remarks
1 Is the ship securely moored?	☐	☐		
2 Are emergency towing wires correctly positioned?	☐	☐		
3 Is there safe access between ship and shore?	☐	☐		
4 Is the ship ready to move under its own power?	☐		P	
5 Is there an effective deck watch in attendance on board and adequate supervision on the terminal and on the ship?	☐	☐		
6 Is the agreed ship/shore communication system operative?	☐	☐	A	
7 Have the procedures for cargo, bunker and ballast handling been agreed?	☐	☐	A	
8 Has the emergency shut down procedure been agreed?	☐	☐	A	
9 Are fire hoses and fire fighting equipment on board and ashore positioned and ready for immediate use?	☐	☐		
10 Are cargo and bunker hoses/arms in good condition and properly rigged and, where appropriate, certificates checked?	☐	☐		
11 Are scuppers effectively plugged and drip trays in position, both on board and ashore?	☐	☐		

	Ship	Terminal	Code	Remarks
12 Are unused cargo and bunker connections including the stern discharge line, if fitted, blanked?	☐	☐		
13 Are sea and overboard discharge valves, when not in use, closed and lashed?	☐	☐		
14 Are all cargo and bunker tank lids closed?	☐	☐		
15 Is the agreed tank venting system being used?	☐	☐	A	
16 Are hand torches of an approved type?	☐	☐		
17 Are portable VHF/UHF transceivers of an approved type?	☐	☐		
18 Are the ship's main radio transmitter aerials earthed and radars switched off?	☐			
19 Are electric cables to portable electrical equipment disconnected from power?	☐	☐		
20 Are all external doors and ports in the amidships accommodation closed?	☐	☐		
21 Are all external doors and ports in the after accommodation leading onto or overlooking the tank deck closed?	☐	☐		
22 Are air conditioning intakes which may permit the entry of cargo vapours closed?	☐	☐		
23 Are window-type air conditioning units disconnected?	☐	☐		
24 Are smoking requirements being observed?	☐	☐		
25 Are the requirements for the use of galley and other cooking appliances being observed?	☐	☐		
26 Are naked light requirements being observed?	☐	☐		
27 Is there provision for an emergency escape possibility?	☐	☐		
28 Are sufficient personnel on board and ashore to deal with an emergency?	☐	☐		
29 Are adequate insulating means in place in the ship/shore connection?	☐	☐		
30 Have measures been taken to ensure sufficient pumproom ventilation?	☐			

	Ship	Shore
Are tank cleaning operations planned during the ship's stay alongside the shore installation?	Yes/No*	
If so, have the port authority and terminal been informed?	Yes/No*	Yes/No*

** Delete Yes or No as appropriate*

Declaration

We have checked, where appropriate jointly, the items on this check list, and have satisfied ourselves that the entries we have made are correct to the best of our knowledge, and arrangements have been made to carry out repetitive checks as necessary.

For Ship	For Terminal
Name _____	Name _____
Rank _____	Position _____
Signature _____	Signature _____

Time _____

Date _____

Eksempel på en organisasjonsplan for lasting

Når skipet er fortøyd, skal slanger tilkobles. Vakthavende styrmann og tre mann skal hele tiden være på dekk. Lasteoffiseren er i kontrollrommet.

Før lasting skal følgende forhold kontrolleres:

1 Alle dører i overbygning ut mot tankdekket skal være stengt. Air-condition skal kjøres på resirkulasjon.
2 Tanklukene skal være stengt. Ullasjeluker som brukes til kontroll av ullasje, skal være åpne.
3 Alle lyskilder, inkludert lommelykter, skal være av godkjent type.
4 Alle avløp fra rennesteinen skal stenges med treplugger.
5 Over bord-ventiler som ikke er i bruk, skal være stengt og sikret mot åpning ved surring.
6 Brannwire skal være på plass.
7 Røyking skal kun foregå på tillatte steder. Mannskapet skal være informert.
8 Uvedkommende skal nektes adgang.
9 Ingen båter tillates ved skutesiden.
10 Kommunikasjonssystemet med land og med kontrollrom skal sjekkes regelmessig.
11 Det skal være inngått avtale med land om å starte lasting med lav lasterate.

12 I nødstilfeller skal skipets mannskap møte ved sine stasjoner i henhold til oppslag.

Etter at lastingen har startet, skal alle uregelmessigheter øyeblikkelig bli rapportert til lasteoffiseren i kontrollrommet. Det skal være vakter på dekk som skal kontrollere
- at lasten kommer inn på tankene som planlagt
- lekkasjer i lasteledninger, slanger og manifolder
- fortøyninger og gangvei (ved visse mellomrom)
- ullasje. Det skal skje med jevne mellomrom og de skal jevnlig konferere med lasteoffiseren i kontrollrommet. Dette er spesielt viktig ved *topping* ettersom stenging og åpning av ventiler foregår fra kontrollrommet
- at operatøren på land er klar til å sette ned lasteraten når det nærmer seg sluttlasting, og stoppe ved avtalt signal
- at lasteledningene blir blåst rene etter lasting og samtlige ventiler, avluftingsluker og ullasjeluker blir stengt og blindlokk blir satt på manifoldene

Etter at lastingen er avsluttet, skal ullasje og temperatur måles og prøver tas av alle tanker, og lastemengden skal beregnes. Prøver av lasten kan også bli tatt under lasting. For råolje skal alle prøvene fra de forskjellige tankene bli samlet i en flaske. For rene oljer skal de forskjellige oljetypene bli holdt atskilt. Prøvene skal bli oppbevart om bord som dokumentasjon i minst ett år. Prøvene skal bli tatt sammen med en inspektør fra landstasjonen. Etter lastingen skal også skipets dypgående leses av forut midtskips og akter. Dødvekten blir kontrollert mot lastemengden.

Eksempel på en organisasjonsplan for lossing av råolje

Forholdsreglene før lossing er omtrent de samme som før lasting:
1 Når skipet er fortøyd, skal slangene koples til. Ullasje, temperatur og vannrester i lastetankene skal måles. Under dette arbeidet skal et brannsluknings-pulverapparat være i beredskap for øyeblikkelig bruk.
2 Når lossingen starter, skal tre mann være på dekk hele tiden utstyrt med walkie-talkie for kommunikasjon.
3 En mann skal være i beredskap ved manifolden, og to mann skal patruljere på dekk og holde et øye med fortøyningsledninger, brannwire, gangvei og brannslukningsutstyr. De skal også sjekke om det er lekkasjer langs losseledningene. Pumperommet skal bli sjekket med visse mellomrom. Enhver uregelmessighet skal øyeblikkelig bli rapportert til kontrollrommet.
4 Kommunikasjonen mellom dekket og kontrollrommet skal sjekkes med hyppige mellomrom.
5 Mens COW foregår, skal en mann i tillegg til de andre tre, være på dekk. Han skal sjekke oksygeninnholdet i hver tank før vasking, åpne *ullage floats*, overvåke spylemaskinene og sjekke for eventuelle lekkasjer. Han skal også foreta *dipping* av tankbunnen når det er påkrevd, forandre spylemaskinprogrammer og kontrollere trykket osv.

6 Vakthavende offiser skal sjekke at sikkerhetsreglene blir fulgt når det gjelder fortøyning, brannslukking, lossing og COW. Han er ansvarlig for avlesning av ullasje hver time. Skjærkrefter og bøyemomenter skal ikke overskride 100 % av havnebetingelsene. Det skal tas spesielt hensyn til at trimmen er minst 20 fot akterlig under COW av tankbunnen.
7 Vakthavende offiser skal sjekke kommunikasjonssystemet med land med visse mellomrom.
8 Enhver uregelmessighet med hensyn til skipets sikkerhet, lossing og vasking skal rapporteres øyeblikkelig til overstyrmannen som er hovedansvarlig.

En del forhold som stiller krav til skip og mannskap

I Obligatoriske minstekrav til opplæring og kvalifikasjoner for skipsførere, offiserer og mannskap på tankskip

Den Norske Skipskontrollens regler stiller følgende krav i henhold til STCW-konvensjonen av 1995:

Regel V/1

1 Offiserer og mannskap som skal ivareta plikter og ansvarsområder i tilknytting til last eller lasteutstyr på tankskip, skal ha utført et godkjent brannslukningskurs i land i tillegg til opplæringen som kreves i Regel VI/1 (regel VI/1 omfatter obligatoriske minstekrav til grunnleggende opplæring og grunnleggende sikkerhetsopplæring og instruksjon for alle sjøfolk):

1.1 opptjent minst tre måneders godkjent fartstid på tankskip for å tilegne seg tilstrekkelig kjennskap til sikker driftsmessig praksis; eller

1.2 fullført et godkjent grunnleggende tankskipkurs som dekker fagplanen for et slikt kurs i avsnitt A-V/1 i STCW-koden, slik at administrasjonen likevel kan akseptere en fartstid under tilsyn som er kortere enn det som kreves i punkt 1.1, forutsatt at

- slik fartstid ikke er kortere enn en måned
- tankskipets brutto tonnasje er mindre enn 3000
- varigheten av hver reise tankskipet foretar i løpet av perioden ikke overstiger 72 timer
- tankskipets driftsmessige karakteristikk og antallet reiser og laste- og losseoperasjoner som er gjennomført i løpet av perioden, gjør det mulig å oppnå det samme kunnskaps- og erfaringsnivået

2 Skipsførere, maskinsjefer, overstyrmenn, førstemaskinister og eventuelle andre personer som måtte ha direkte ansvar for lasting, lossing og ansvar for lasten under reisen, skal i tillegg til å tilfredsstille kravene i punkt 1.1 eller 1.2 ha

2.1 erfaring som er relevant for deres plikter om bord på den type tankskip der de gjør tjeneste

2.2 fullført et godkjent spesialisert opplæringsprogram som minst omfatter emnene oppført i avsnitt A-V/1 i STCW- koden (sær-

krav til opplæring for skipsførere, offiserer og mannskaper på tankskip), og som er tilpasset deres plikter om bord på tankskipet der de gjør tjeneste

3 Inntil to år etter at konvensjonen er trådt i kraft for en part, kan sjøfolk anses å tilfredsstille kravene i punkt 2.2 dersom de har gjort tjeneste i relevant stilling om bord på den aktuelle typen tankskip i en periode på ikke mindre enn ett år i løpet av de fem siste årene

4 Administrasjonen skal sørge for at nødvendig sertifikat utstedes til skipsførere og offiserer som har kvalifikasjonene som kreves for den enkelte i samsvar med punkt 1 eller 2, eller at eksisterende sertifikat får behørig påtegning. Enhver person som har kvalifikasjoner som mannskap, skal ha det nødvendige sertifikatet

II Forurensing fra skip

Kapittel II i forskrifter fastsatt av Sjøfartsdirektoratet av 16. juni 1983 omfatter regler om hindring av oljeforurensing. Det blir henvist til MARPOL-konvensjonen. Viktige forhold som blir omtalt, er:

1 Ethvert nytt råoljetankskip på 20 000 dødvekttonn. og over og nytt produkttankskip på 30 000 dødvekttonn. og over skal være utstyrt med tanker for segregert ballast.

2 Nye råoljetankskip på 20 000 dødvekttonn. og over skal være utstyrt med arrangement for råoljevasking. Eksisterende råoljetankskip på 40 000 dødvekttonn. og over som ikke er utstyrt med tanker for segregert ballast, skal med unntak nevnt i regel 13(9) i vedlegg I til konvensjonen, være utstyrt med arrangement for råoljevasking.

3 Eksisterende produkttankskip på 40 000 dødvekttonn. og over skal være utstyrt med tanker for segregert ballast eller skal operere med tanker forbeholdt ren ballast (etter visse regler som er angitt i MARPOL).

4 Alle oljetankskip skal ha en manifold plassert på åpent dekk på begge sider av skipet for tilkopling til mottakeranlegg for tømming av skittent ballastvann eller vann som er blitt forurenset av olje.

5 På alle oljetankere skal rørledninger for utslipp i sjøen av ballastvann eller oljeforurenset vann fra lastetankområdet som kan tillates (MARPOL), føres til åpent dekk eller til skutesiden over vannlinjen ved største dypgående i ballast.

6 På ethvert oljetankskip skal utslipp av ballastvann eller oljeforurenset vann fra lastetankområdet skje over vannlinjen, unntatt i følgende tilfeller:

6.1 Segregert ballast og ren ballast tømmes under vannlinjen i havner eller ved laste-/losseplasser i sjøen, eller til sjøs ved å la det renne ut. Forutsetningen er at overflaten på ballastvannet blir undersøkt umiddelbart før tømmingen for å sikre at ingen oljeforurensing har funnet sted.

6.2 Eksisterende oljetankskip som uten forandringer ikke er i stand til å tømme segregert ballast over vannlinjen, kan tømme segregert ballast under vannlinjen til sjøs, forutsatt at overflaten på ballastvannet blir undersøkt umiddelbart før tømming for å sikre at ingen oljeforurensing har funnet sted.

6.3 Eksisterende oljetankskip som opererer med tanker forbeholdt ren ballast, og som uten forandringer ikke er i stand til å tømme

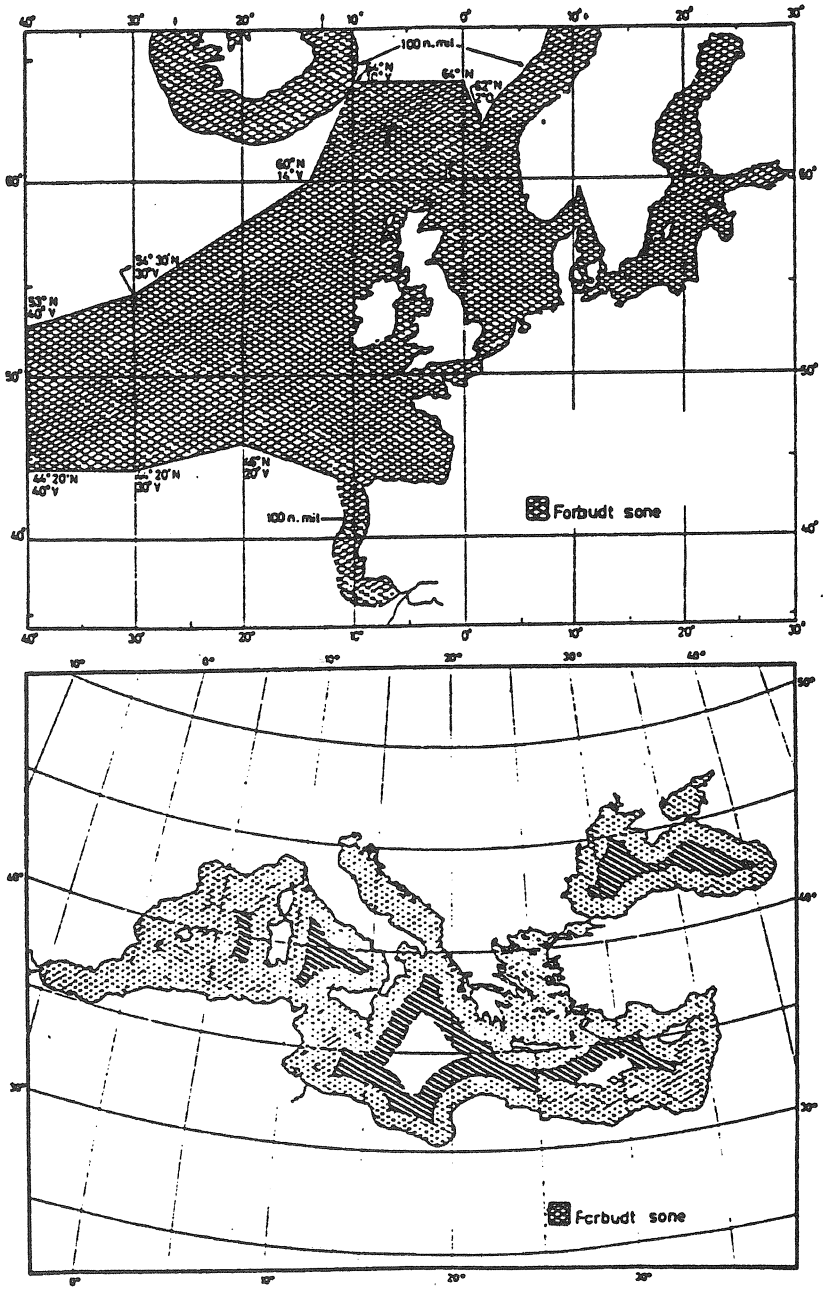
ballastvann fra tanker forbeholdt ren ballast over vannlinjen, kan tømme denne ballasten under vannlinjen forutsatt at tømmingen blir overvåket i samsvar med regel 13A (3) i vedlegg I til konvensjonen (forbudte spesielle områder).

6.4 På ethvert tankskip til sjøs kan skitten ballast eller oljeforurenset vann fra tanker i lastetankområdet, unntatt sloptanker, tømmes under vannlinjen ved å la det renne ut, forutsatt at det har gått tilstrekkelig tid til at separeringen av olje og vann har funnet sted. Ballastvannet må undersøkes umiddelbart før tømming med oljesjiktmåler (interface detector) for å hindre at høyden på sjiktet er slik at tømmingen innebærer økt risiko for skade på det marine miljøet.

6.5 På eksisterende skip til sjøs kan skitten ballast eller oljeforurenset vann fra lastetankområdene tømmes under vannlinjen etter, eller i stedet for, tømming etter den metoden som er nevnt i 6.4 ovenfor. Forutsetningen er at en del av vannet blir ført gjennom permanente rør til et lett tilgjengelig sted på øvre dekk eller over, der det kan bli observert visuelt under tømmeoperasjonen. Slike *part flow*-arrangementer skal være i samsvar med de krav som blir fastsatt av administrasjonen, som i det minste skal inneholde alle krav til drift av et part flow-system for kontroll av over bord utslipp, vedtatt av IMO.

III Oljedagbok

Ethvert oljetankskip over 150 bruttoregistertonn og skip over 400 bruttoregistertonn som ikke er et oljetankskip, skal være utstyrt med oljedagbok del I, «Maskinrom operasjoner». Oljetankskip over 150 bruttoregistertonn skal også være utstyrt med oljedagbok del II, last- og ballastoperasjoner. For øvrig skal det som er angitt i MARPOL 73/78 vedlegg I, regel 20 og bilag II til vedlegget, følges.



Figur 15.11 b Kart som viser forbudte soner for utslipp av oljerester

Skipsberedskapsplan for hendelser som fører til oljeforurensing

Skipsberedskapsplan for hendelser som fører til oljeforurensing (Ship Oil Pollution Emergency Plan):

1 Oljetankskip på 150 bruttoregistertonn og over og andre skip på 400 bruttoregistertonn og over skal ha en beredskapsplan om bord som er godkjent av Sjøfartsdirektoratet eller en besiktelsesinstitusjon akseptert av Sjøfartsdirektoratet. Skip levert før 4. april 1993 skal ha en slik plan etter 4. april 1995.

2 En slik plan skal være i samsvar med retningslinjer utviklet av IMO og skrevet på arbeidsspråket til skipsfører og offiserer om bord. Planen skal minst inneholde:

2.1 Prosedyrer som skal følges av den (det vil si skipsføreren eller den annen person som har ansvar for skipet) som har ansvar for

å rapportere oljeforurensing i henhold til forskrift av 2. april 1987 nr. 231 i Skipskontrollens regler om rapportering av hendelser til sjøs som involverer skadelige stoffer:

2.2 En liste over myndigheter eller personer som skal kontaktes ved hendelser med oljeforurensing.

2.3 En detaljert beskrivelse av hva som umiddelbart skal gjøres av personer om bord for å redusere eller kontrollere oljeutslippet som følge av hendelsen.

2.4 Prosedyrer og kontaktpunkter på skipet for koordinering av tiltak om bord med nasjonale og lokale myndigheter for å bekjempe forurensingen.

I Skipskontrollens forskrift av 2. april 1987 nr. 231 om rapportering finner vi blant annet følgende bestemmelser:

1 Skipsføreren eller en annen person som har ansvar for skipet som er innblandet i hendelsen, skal så snart og utførlig som mulig rapportere enkelthendelsen i samsvar med kravene i forskriften.

2 Dersom skipet forlates, eller dersom rapport fra skipet er ufullstendig eller utilgjengelig, skal eieren, befrakteren, den som disponerer eller opererer skipet eller deres agenter, i den grad det er mulig, overta pliktene som er tillagt skipsføreren etter denne forskriften.

3 Rapportering skal skje når en hendelse medfører

3.1 utslipp eller sannsynlig utslipp av olje eller skadelige flytende stoffer som overstiger den mengde utslipp som til enhver tid er tillatt etter bestemmelsene i MARPOL 73/78. Rapportering skal skje uavhengig av hvilken grunn utslippet skjer, også om det er for å ivareta skipets sikkerhet eller for å redde liv til sjøs

3.2 utslipp eller sannsynlig utslipp av skadelige stoffer i pakket form, herunder stoffer i fraktcontainere, transportable tanker, vei- og jernbanekjøretøyer og lektere om bord i skip

3.3 skade på, svikt på eller havari av skip med lengde over 15 m som

3.3.1 påvirker skipets sikkerhet, herunder, men ikke begrenset til, kollisjon, grunnstøting, brann, eksplosjon, konstruksjonssvikt, vannfylling eller forskyving av last

3.3.2 forårsaker svekket navigasjonssikkerhet, herunder, men ikke begrenset til, svikt eller havari i styresystemet, fremdriftsmaskineriet, det elektriske generatorsystemet eller viktige navigasjonshjelpemidler om bord

4 Føreren av et skip som er i ferd med å berge, eller blir anmodet om å yte assistanse til et skip som er innblandet i en hendelse som er nevnt overfor, skal snarest mulig avgi rapport om enkelthetene i aksjonen som er utført eller planlagt. Så langt det er praktisk mulig, bør rapporten i tillegg inneholde opplysninger ut ifra de krav som blir stilt til innholdet i rapporter og tilleggsrapporter nedenfor. Rapporten skal gis i samsvar med de kravene som er gitt i rapporteringsprosedyrene, og myndighetene skal holdes informert om den utviklingen som skjer.

Rapportens innhold

Rapporten skal, så vidt mulig, inneholde følgende opplysninger:

1 Skipet skal være identifisert gjennom
- navn, kallesignal og nasjonalitet

- hvilke(n) kyststasjon(er) skipet har samband med, eventuelt opplysning om satelittkommunikasjonsutstyr og immarsatnummer
- navn, adresse, teleks- og telefonnummer til skipets eier og representant (det vil si befrakteren, den som disponerer eller opererer skipet eller deres agenter)
- skipstype (for eksempel oljetankskip, kjemikalietankskip, tørrlasteskip) og bruttotonnasje

2 Tidspunkt, sted og hendelsens art, i tillegg til skipets posisjon, kurs og fart på hendelsestidspunktet
3 Hvilken mengde og type skadelig stoff det dreier seg om:
- stoffets korrekte teknisk betegnelse (handelsnavn bør unngåes)
- konsentrasjon av det skadelige stoff som er sluppet eller sannsynligvis vil bli sluppet i sjøen
- type og mengde last som er ført (skadelige stoffer skal spesifiseres)

4 Assistanse og bergingstiltak

Tilleggsrapport

Den som etter denne forskriften er forpliktet til å avgi rapport, skal, så vidt mulig, supplere den første rapporten og informere om den videre utvikling, og i så stor grad som mulig etterkomme anmodninger om tilleggsinformasjon fra de berørte myndighetene.

Tilleggsrapporten bør, så vidt mulig, inneholde følgende opplysninger:
1 skipets tilstand, dersom det er relevant
2 skipets evne til å overføre last/ballast
3 årsaken til utslippet
4 om utslippet fortsetter, og omtrent den mengden som er sluppet ut
5 været på stedet, sjø- og vindforhold
6 beregninger av utslippets bevegelser, og om mulig en angivelse utstrekningen av utslippets overflate
7 tiltak som er satt i gang i forbindelse med utslippet, og skipets bevegelse
8 om det er anmodet om assistanse fra andre, og om responsen på anmodningen
9 korrekte teknisk betegnelser, UN-nummer, IMO Dangerous Goods-klasse og navn på produsenten av det skadelige stoffet
10 pakkemåte, inklusive identifikasjonsmerker, og om det er i pakket form på fraktcontainere, transportable tanker, vei- eller jernbanekjøretøy eller lektere om bord i skip
11 om det tapte skadelige stoffet fløt eller sank
12 beregninger av mengden, og det pakkete skadelige stoffets sannsynlige forfatning

Rapporteringsprosedyrer

Rapporter skal sendes til nærmeste kyststat med høyest mulig prioritet gjennom en egnet kyststasjon.
1 Sendingen skal innledes med tryggingssignalet dersom hendelsen påvirker navigasjonssikkerheten, eller hastesignalet dersom hendelsen påvirker sikkerheten for skip eller personer.
2 Sendingen skal sendes på egnede frekvenser (på båndene 435–526,5 kHz, 1606,5–3800 kHz eller 156–174 Mhz).

3 Dersom skipet ikke er innen rekkevidde til en MF- eller VHF-kyststasjon, skal rapporten sendes gjennom den mest egnete HF-kyststasjon eller gjennom det maritime satellittsystemet Inmarsat.
4 Når skipet er innenfor eller i nærheten av et område som det er etablert et skipsrapporteringssystem for, skal rapporten sendes til den myndighet som er ansvarlig for operasjonen.

I forskrift av 24. mai 1996 om forsikring og annen sikkerhet for oljesøl ansvar for skip, finner vi følgende viktige forhold:
1 Eiere av norske skip som har mer enn 2000 tonn olje om bord, og som er lastet i bulk, plikter å ha godkjent forsikring eller annen sikkerhet som dekker ansvar av den art som er nevnt i sjølovens §191, opp til de grenser som er nevnt i sjølovens §194.
2 Eiere av norske skip som skal ha godkjent forsikring eller annen sikkerhet, skal sørge for at skipet har et sertifikat utstedt av Sjøfartsdirektoratet om bord som bekrefter at det foreligger slik forsikring eller sikkerhet.

Kjemikalietankskip

Kjemikalieskip er spesialskip som er bygd for å frakte kjemikalier, mineraloljer og animalske og vegetabilske oljer. Lasterørsystemene er vanligvis enkle. I stor utstrekning har hver tank eget røropplegg og pumpe for å hindre sammenblanding og forurensing av lasten. Det er nødvendig å bygge tankene slik at de ikke blir ødelagt av den lasten de fører. Mange tanker blir bygd i rustfritt stål og andre blir beskyttet med spesielle belegg (coating). Skipene må tilfredsstille bestemmelsene i IBC-koden (Internasjonal Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk) og BCH (IMOs Bulk Chemical Code). Det er viktig å kjenne til lastens egenskaper for å sikre seg mot at tankene og skipet blir utsatt for tæringer som kan medføre fare for skip og mannskap. Sammenblandinger av visse typer kjemikalier kan utgjøre en stor risiko med fare for eksplosjon, og det blir stilt strenge krav til separasjon av farlige laster. Vanligvis blir nitrogen brukt som nøytralgass.

Mannskap og offiserer må ha spesialopplæring for å operere disse skipene. De må ha kjennskap til egenskapene til de forskjellige stoffene for å behandle disse riktig og ikke utsette skipet, mannskapet og miljøet for risiko. Det kommer stadig nye kjemiske stoffer på markedet, og for å ha oversikt må vi ta i bruk datateknologien. IMOs kjemikaliekode krever at rederiet sørger for opplæring av personalet. Produsentene og avskiperne har plikt til å gi informasjon om produktene som skal lastes.

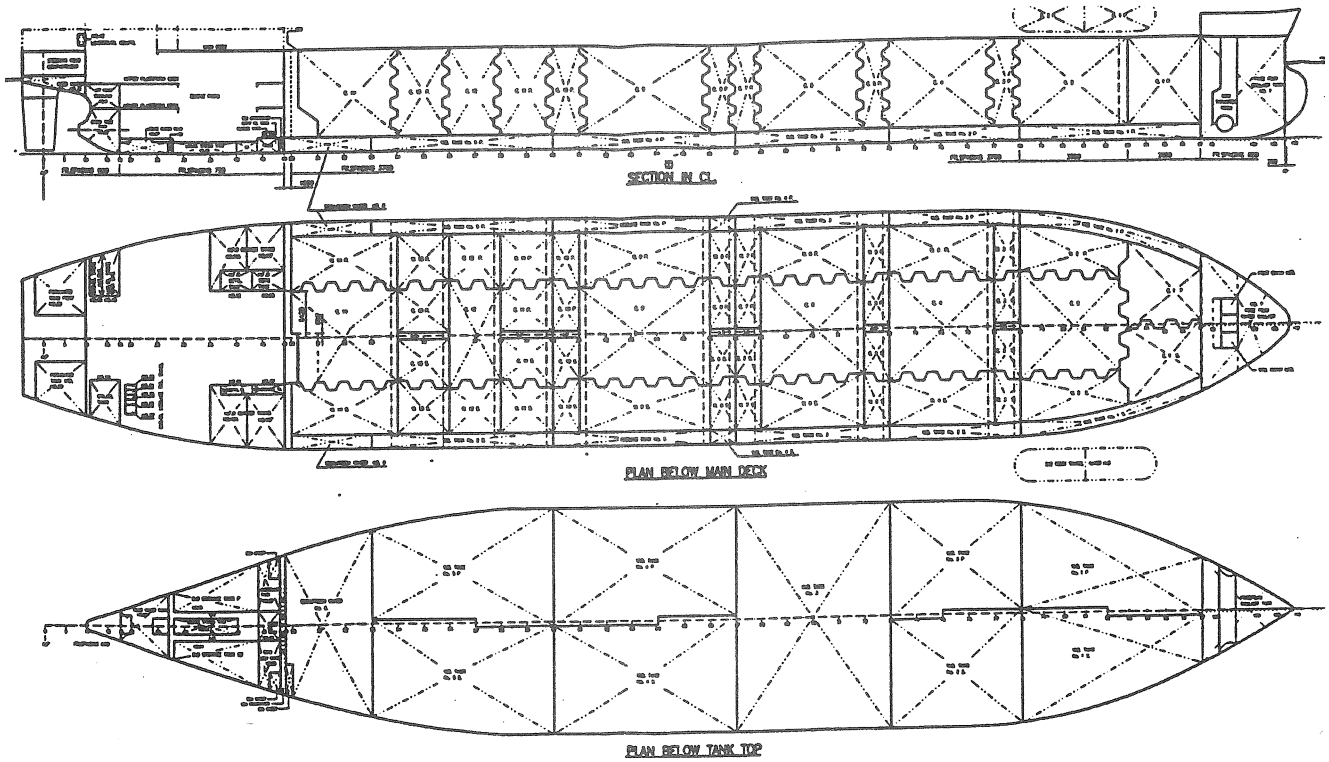
Kjemikalier kan være giftige og kan utgjøre en fare for det marine miljøet. Det er viktig at konstruksjonen av skipet tar hensyn til faren for utslipp ved grunnstøting og kollisjoner. Det er et krav at skipet skal ha dobbelbunn under sentertankene. Lastetankene er atskilt fra bunkerstankene ved hjelp av kofferdammer. Det er vanlig å bruke hydraulisk drevne lossepumper som er neddykket i lastetankene (Framo-pumper). Alle lasterørene går fra hver enkelt tank direkte opp til dekk. Det er da ikke nødvendig med pumperom. På større kjemikalietankere var det tidligere vanlig med et eller to pumperom, men etter at en gikk over til deepwell-pumper er det i dag sjelden med pumperom. Det var forbun-

det med stor helsefare å oppholde seg i pumperom på grunn av lekkasjer fra ventiler og pumper. Ved å fjerne pumperommet har en redusert en stor risiko for personalet om bord.

Viskositeten er av stor betydning med hensyn til pumpeegenskapene. De øvre grensene for sentrifugalpumper ligger omkring 400 centistoke. Skruepumper kan pumpe væsker med viskositet så høye som 10 000–20 000 centistoke. Mange laster krever oppvarming for at det skal være mulig å pumpe dem. Det vanlige er at oppvarming i tankene skjer via *varmespiraler* der damp blir brukt som oppvarmingsmedium, men også såkalte *heteoljer* blir brukt som varmemedium i varmespiralene. Heteoljer er hydrokarboner med særlig god motstandsevne mot oksydering og karbonisering.

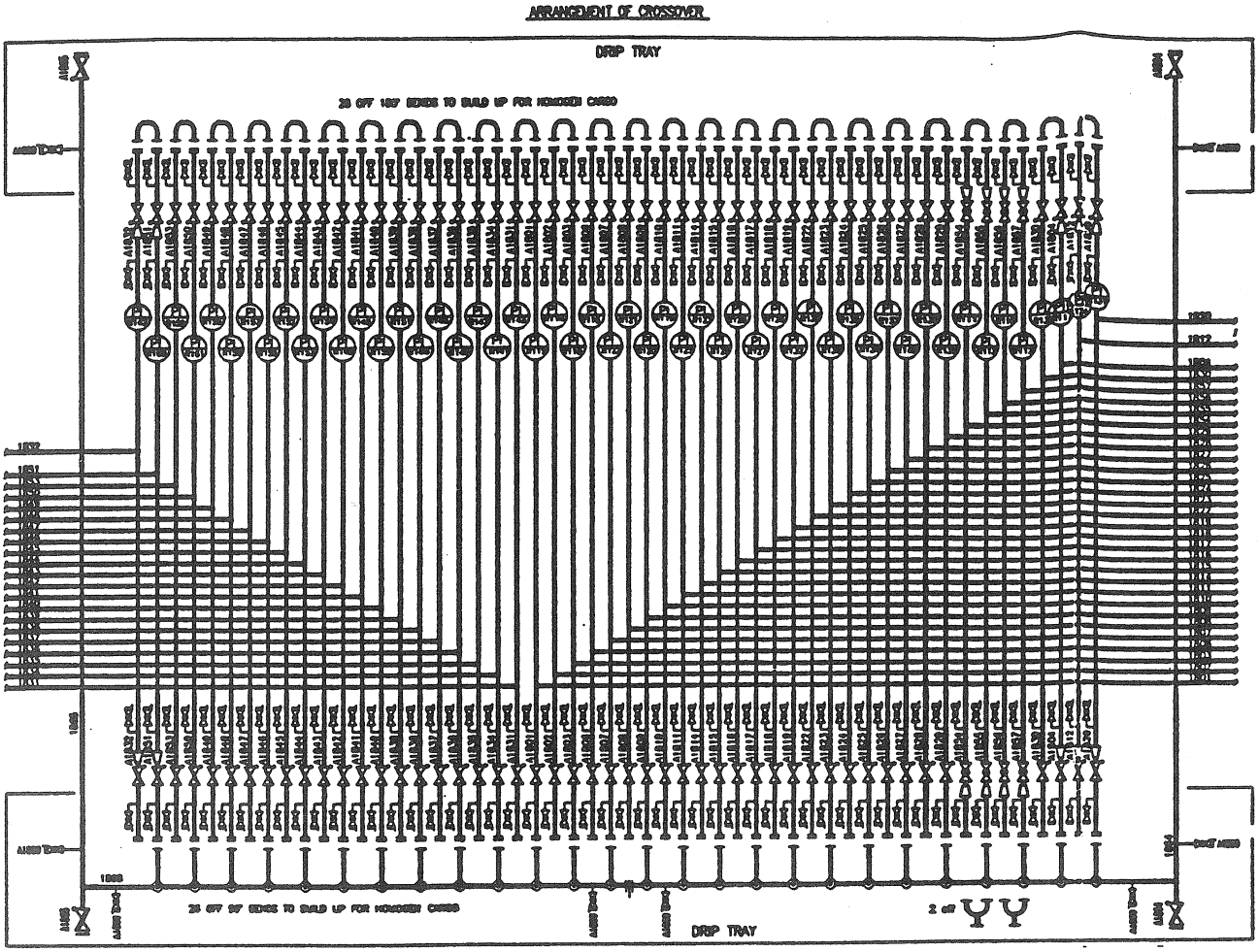
Rengjøring av tanker avhenger av det tidligere produktet som har vært i tanken. Det blir stilt spesielle krav til rengjøringsgrad for det enkelte produkt. Vasking med vann er mest vanlig, men i noen tilfeller kan det være nødvendig med kjemisk rensing. Det kan sitte lukt igjen i tanken etter vasking, og den fjernes ofte best ved steaming og god ventilering.

Figur 15.12 a viser en *parcel-tanker* på 37 449 dødvekttonn (Oddfjells rederi). Skipet er bygd for å føre kjemikalier og raffinerte oljeprodukter. Det har dobbelbunn og segregerte ballasttanker plassert rundt hele lastetankområdet. Alle sentertankene (22 stk.), med unntak av C1 som er beskyttet med et belegg, er bygd i syrebestandig rustfritt stål. Vingtankene (26 stk.) er bygd i syrebestandig rustfritt stål med unntak av W2, W13 og W14 som er beskyttet med belegg. Skipet har også to tanker av syrebestandig rustfritt stål plassert på dekk. Lossepumpene (52 stk.) er hydraulisk drevne og er neddykket i lastetankene (Framo-pumper). Skipet har ikke pumperom. Pumpene er kontrollert fra et kontrollpanel plassert i et kontrollrom midtskips.



Figur 15.12 a Parcel-tanker

Figur 15.12 b viser hvordan rørsystemet på dekk er arrangert på et kjemikalieskip. Til hver av de 52 tankene er det koblet et rør direkte fra deepwell-pumpen (Framo-type) i tanken. Detaljene er utelatt.



Figur 15.12 b Arrangementet av rørsystemet på dekk om bord et kjemikalieskip

Forholdsregler for å unngå forurensing fra kjemikalier

I MARPOL 73/78 er det gitt detaljerte krav til utslipp og målinger av flytende giftige produkter i bulk, se Annex II. Kjemikaliene er inndelt i fire kategorier gradert i klassene A,B,C,D, beroende på den fare produktene representerer for det marine miljøet, helseskade for mennesker og fare for omgivelsene for øvrig.

- *Stoffer i kategori A* akkumuleres biologisk og er tilbøyelig til å forårsake risiko for livet i sjøen og menneskets helse. Stoffene kan være giftige for det marine livet, og det er ikke tillatt med utslipp. Eksempler på slike stoffer er karbondisulfid, kreosot, diklorbenzen, natrium pentaklorfenat og tetrametylbly.
- *Stoffer i kategori B* akkumuleres biologisk med kort oppholdstid i størrelsesorden en uke eller mindre. De er tilbøyelig til å skade føde fra sjøen og er moderat giftig for det marine livet. Utslipp er bare tillatt utenfor spesielle områder (special areas) i begrenset mengde.

Eksempler på slike stoffer er karbontetraklorid, klorobenzen, etylendibromid, fenol og trikloretylen.

- *Stoffer i kategori C* utgjør en mindre risiko for det marine miljøet eller for helseskader. Utslipp er tillatt innenfor spesielle områder begrenset til 1 m^3 fra hver tank, og utenfor spesielle områder begrenset til 3 m^3 fra hver tank. Skipet må være minst 12 nautiske mil fra land og dybden må være minst 25 m. Eksempler på slike stoffer er eddiksyre, benzen, klorsulfonsyre, kaustik soda og svovelsyre.
- *Stoffer i kategori D* er stoffer som ikke utgjør noen fare for det marine miljøet, og det stilles ingen begrensninger til utslipp utover at konsentrasjonen må være innenfor de begrensinger som konvensjonen setter. Skipet må være minst 12 nautiske mil fra land.

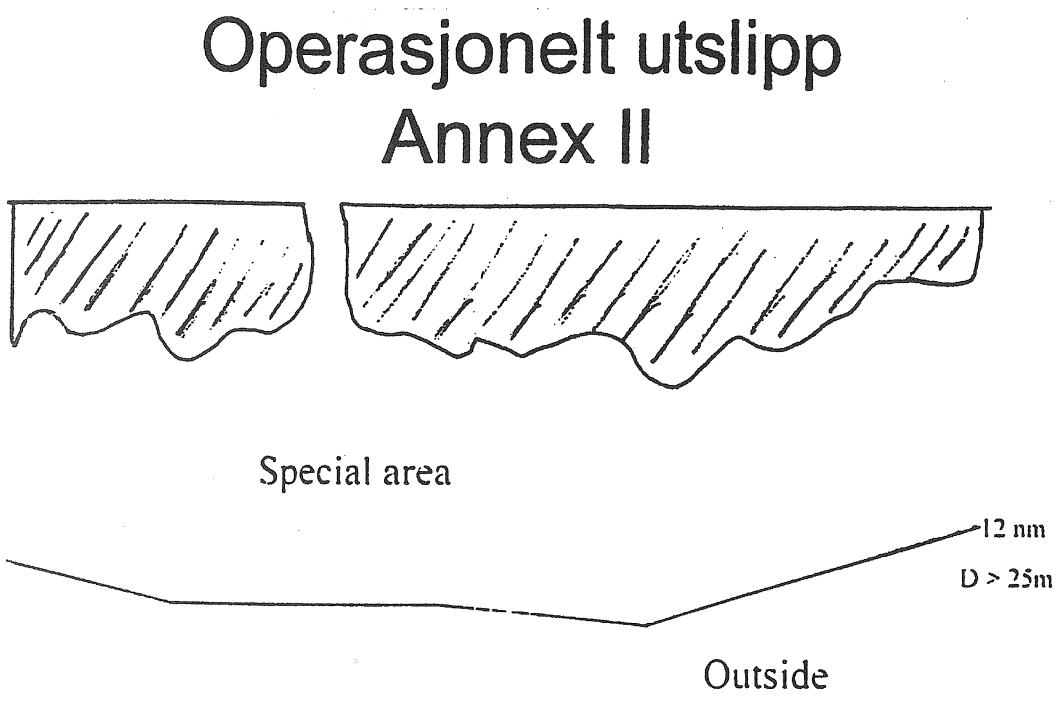
Utslipp fra sloptanker

Alle rester som blir oppbevart i en sloptank om bord, inklusive rester fra rennestener i lastepumperommet, og som inneholder et kategori A-stoff, eller innenfor spesielle områder kategori A- eller B-stoffer, skal tømmes i et mottaksanlegg i samsvar med bestemmelsene i MARPOL.

Lastedagbok

Ethvert skip som fører skadelige flytende stoffer i bulk, skal være utstyrt med en lastedagbok, enten som en del av skipets offisielle loggbok eller på en annen måte. Alle operasjoner som involverer produkter som omfattes av MARPOL 73/78 vedlegg II, skal bli ført inn i lastedagboken.

Rapporteringsrutiner i forbindelse med hendelser som involverer skadelige stoffer, er de samme som angitt for oljetankskip.



Conditions (regulation 5(1).(2).(3).(4))	Substance Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
Maximum of substance at time of discharge	Virtually nil	1ppm in wake of the ships	10ppm in wake of the ship	1 part of the substance in 10 part of water in discharge mixture
Maximum quantity of cargo discharged from each tank	Virtually nil. Tank part washed and transfer washing to reception facility	1cbm or 1/3000 of tank capacity	3cbm or 1/1000 of tank capacity	No limit
Discharge of effluent	Below the waterline			
Minimum depth of water	25m			No limit
Minimum distance from land	12 nautical miles			
Minimum speed of ship, (self propelled, non self propelled)	7 knots 4 knots			

Figur 15.12 c

Gasstankskip

Transport av gass med skip kan bare foregå når gassen er i flytende form. Behovet for gass til energi og til petrokjemisk industri er stadig økende, og det blir benyttet spesialskip til denne transporten. Kravene til konstruksjon og drift av gasstankskip er meget strenge. Avhengig av

hvilke gasser skipet er beregnet på å føre, deler vi inn gasstankskip i to hovedgrupper:

- LNG-skip
- LPG-skip

LNG står for Liquified Natural Gases. Det er naturgass som finnes i jorden på samme måte som olje. Hovedbestanddelene er metan, etan og etylen. Ved atmosfæretrykk har naturgass et kokepunkt på – 160 °C. Naturgass blir stort sett brukt til energiformål.

LPG står for Liquified Petroleum Gases. Gassen blir fremstilt ved fraksjonering av jordgasser, som et biprodukt ved oljeraffineriene. Gassen består av en blanding av propan, propylen, butan, iso-butan og butylen. Den blir brukt innen petrokjemisk industri og til energiformål. Kokepunktet ved atmosfæretrykk er mellom – 50 °C og 0 °C.

Skip for føring av LNG

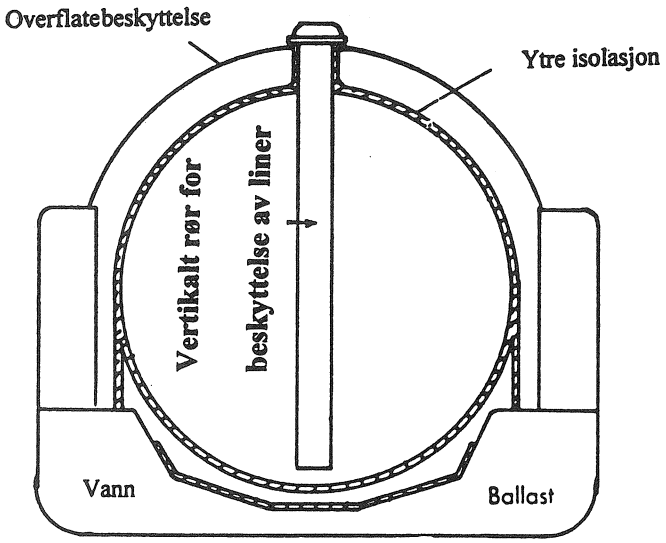
Naturgass blir fraktet nedkjølt til ca. – 160 °C. Tanktrykket er 0,25 bar. Stål som er nedkjølt til slike lave temperaturer, blir sprøtt. Gasstankene må isoleres fra skroget, og det blir stilt store krav til isolasjonen.

Det blir i hovedsak benyttet to typer tanksystemer:
1 Selvbærende tanker
2 Integrerte tanker

Det finnes tre typer selvbærende tanker:

- Prismatiske tanker
- Kuletanker
- Sylindriske tanker

Kværner (tidligere Moss/Rosenberg) benytter kuletanker som er lagret i et sylindersk skjørt. Tankene er bygd av aluminium eller 9 % nikkelstål. Inne i hver tank er det et sylindrisk tårn der rørsystem for lasting, lossing, pumper, nivåutstyr mv. er plassert. Tanken og deler av skjørtet er isolert med polystyren. Figur 15.13 viser en kuletank som er bygd ved Moss/Rosenberg.

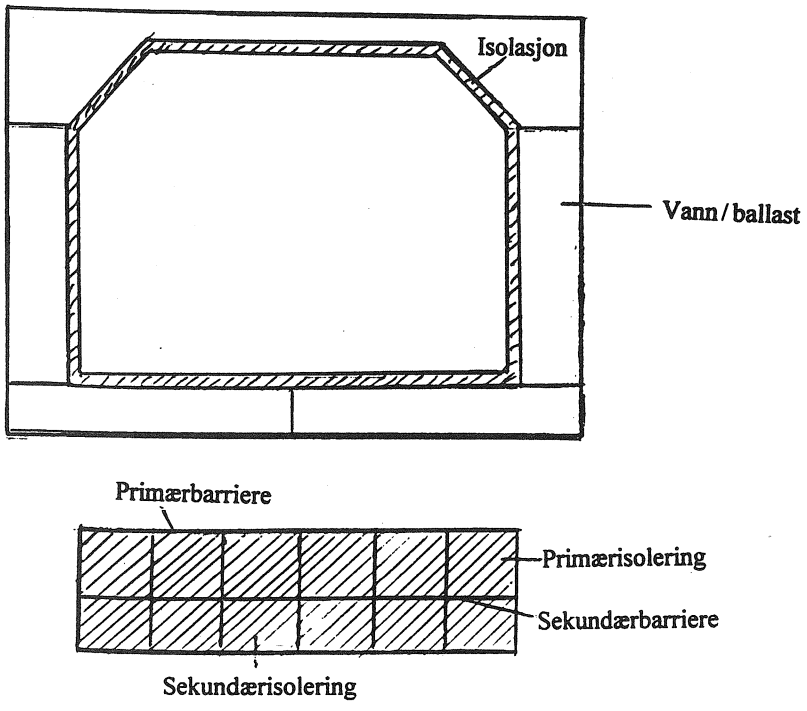


Figur 15.13 Selvbærende kuletank

I integrerte tanker er det selve skroget som er styrkekomponenten. Isolasjonen overfører belastningen fra tankskallet til skroget. Det mest utbredte tanksystemet er «gaz-transport».

Sett fra skutesiden mot lasten består tanksystemet av:
- sekundærisolering
- sekundærbarriere
- primærisolering
- primærbarriere

Primær- og sekundærbarrieren blir laget av invarstål (36 % nikkelstål) som har en termisk utvidelseskoeffisient tilnærmet null. Problemet med krymping under nedkjøling er dermed eliminert. Tykkelsen av membranene er 0,5 mm. Som isolasjonsmateriale benyttes perlitt, et løst kornaktig isolasjonsmateriale. Figur 15.14 viser et integrert tanksystem.



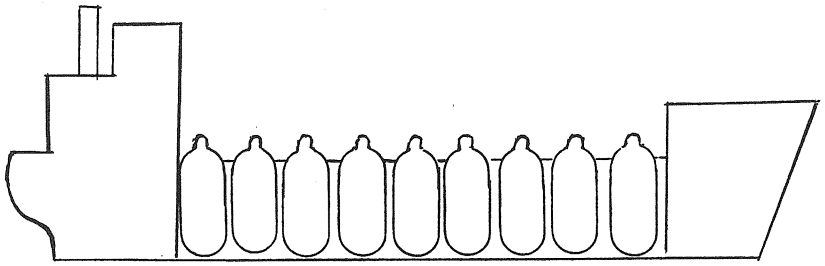
Figur 15.14 Integrert tanksystem

Skip for føring av LPG

LPG-skip blir delt inn i tre typer:
1 Fulltrykksskip
2 Semikjølte skip
3 Fullkjølte skip

I fulltrykksskip transporteres gassen under trykk ved omgivelsestemperatur. Tankene har ikke kjøleanlegg, og de er ikke isolert. Rørsystemet er enkelt. Lossingen skjer ved at det bygges opp et overtrykk på tanken ved hjelp av kompressorer, og lasten trykkes til booster-pumper på dekk som pumper lasten i land.

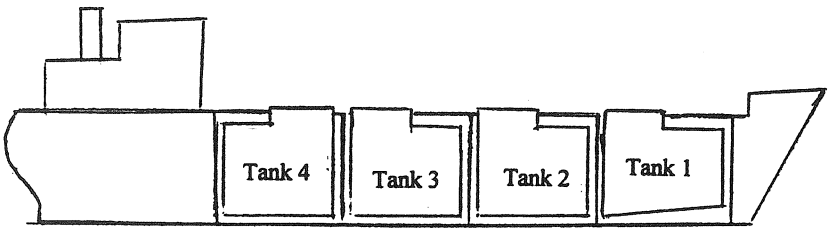
Trykket i tankene er lik gassens damptrykk ved den aktuelle temperatur. Tankene er dimensjonert for et innvendig trykk på ca. 17,5 bar. Figur 15.15 viser et skip med stående sylindertanker. Tankene på slike skip er små på grunn av det høye trykket. Utnyttelsen er dårlig, og antall tonn som transporteres ved lik fyllingsgrad, er mindre enn for semikjølte skip og fullkjølte skip.



Figur 15.15 Fulltrykksskip

I semikjølte skip er det innvendige trykket på 4–8 bar, og gassen kjøles ned til fra – 38 °C til – 104 °C avhengig av type gass. Vanlig tankform er sylindriske tanker arrangert som tvillingtanker. Tankene lagres i vuggelignende fundamenter laget av varmeisolerende materiale. Skipene har kjøleanlegg i eget hus på dekk. Avkoket suges fra tankene med kompressorer, komprimeres og kondenseres før det blir returnert til tanken. Til lossing blir det brukt deepwell-pumper som er plassert i tanken. Rørsystemet er mer komplisert enn på et fulltrykksskip. Foruten kjøleanlegg er det anlegg for oppvarming av lasten til sjøs og ved lossing.

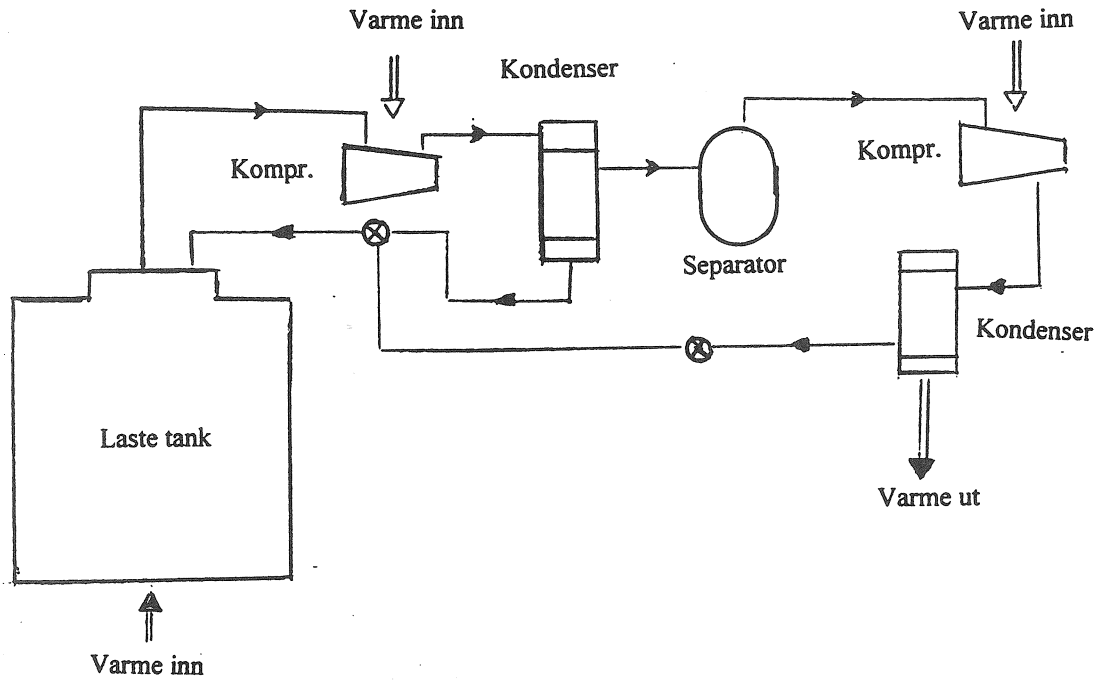
I fullkjølte skip transporteres gassen ved atmosfærestrykk. Lastetankene er dimensjonert for et overtrykk på 0,25 bar og en lastetemperatur på ca. – 40 °C. Tankmaterialet er lavtemperatur nikkelstål. Av stabilitetsgrunner er tankene bygd med langskips væsketett senterskott. På grunn av det lave trykket kan tankene bygges mer eller mindre etter skrogformen. Kjøleanlegg er plassert på dekk. Lossepumpene er av deepwell-typen. Skipene er bygd med tanke på transport av store kvanta enkeltlaster (vanligvis over 12 000 m^3). Figur 15.16 viser et fullkjølt skip.



Figur 15.16 Fullkjølt skip

Kjøleanlegget

Kjøleanlegget på et gasstankskip kan være oppbygd på forskjellige måter. Figur 15.17 viser et totrinnsanlegg. Varme (Q) kommer inn i tanken gjennom isolasjonen. Det fører til at trykket i tanken vil stige. For å hindre at det stiger over det tillatte trykket fører vi gassen som dannes til en kompressor der trykket blir økt. I kondensatoren avkjøles den varme gassen til væske som blir samlet opp og ført tilbake til tanken via ekspansjonsventiler.



Figur 15.17 Kjøleanlegg for gasstanker

Nøytralgass anlegg i gasstankskip

På samme måte som på vanlige tankskip, vil det også oppstå eksplosjonsfarlige blandinger i tankene på gasstankskip. Gasstankskipene har egne generatorer for nøytralgass som er spesielt konstruert for denne type skip. Nøytralgass som produseres om bord inneholder ca. 84 % nitrogen, 15 % karbondioksyd og små mengder av andre gasser. I noen tilfeller må det brukes ren nitrogen som blir levert fra land. Nøytralgassen må passere gjennom et tørkeanlegg for å senke duggpunktet før den slippes inn på tanken. Dette er svært viktig ettersom de lave temperaturene i tankene kan danne kondens som øyeblikkelig vil fryse til is, og det kan oppstå alvorlige problemer.

Havneopphold

Området der skipet, terminalen, lasteeiere, lokale- og nasjonale myndigheter har ansvar og myndighet, betegnes som *ship/shore interface*. Her må forskjellige de forskjellige interessegruppene samarbeide, og avgjørelsene fra en av partene vil virke inn på de andre. Det felles ansvarsområdet omfatter sikkerhet for skipet, terminalen, havnen, landinstallasjonene, andre skip, miljøet og forholdsregler mot forurensing.

Spesielle forhold ved gasstankskip

Sertifikat

Før et skip som skal føre flytende gass i bulk, kan settes i fart, skal det besiktiges av en anerkjent klassefiseringsinstitusjon godkjent av Sjøfartsdirektoratet. Skipet skal tilfredsstille de krav som stilles i IGC (International Gas Code), Gas Carrier Code eller kode for eksisterende skip. Et skip som tilfredsstiller kravene, vil få utstedt sertifikat.

Spesielle sikkerhetstiltak

1 Vi må sørge at ingen går ned i lastetankene, eller rom rundt slike tanker, eller rom for utstyr som skal brukes ved laste-/losseoperasjoner, eller andre lukkede rom før vi har forsikret oss om at rommet er fritt for giftige gasser, og at det er tilstrekkelig med oksygen i rommet. Vi må også påse at det benyttes nødvendig sikkerhetsutstyr, og at en ansvarlig offiser er til stede.

2 I rom rundt lastetanker på gasstankskip som er delvis fylt med perlitt-isolasjon eller lignende, skal det benyttes trykkluftapparater ved inspeksjon. En instruks skal være utarbeidet.

3 Ved lasting/lossing skal vi være oppmerksomme på følgende:
   – Verneutstyr skal brukes ved arbeidsoperasjonene.
   – Enhver operasjon i forbindelse med lasting, lossing eller tankrengjøring skal bare utføres etter spesialinstruks under direkte ledelse av en av skipets offiserer eller folk fra land med spesialutdanning.
   – Varselskilt med opplysninger om faren ved lasten skal settes opp ved landgangen. Teksten skal alltid inneholde følgende:
   - fare for (danger)
   - lastens navn
   - ingen besøkende (no visitors)
   - bruk av åpen ild og røyking forbudt (no smoking nor open lights)

4 Reparasjonsarbeid, for eksempel reparasjon av pumper, ventiler, armatur, ompakking av pakkbokser og lignende, skal bare utføres etter nøyaktig arbeidsinstruks og under ledelse av en av skipets offiserer. Skipets fører skal sørge for at slik arbeidsinstruks for nødvendige reparasjonsarbeider foreligger om bord.

Sikkerhetsoffiser

En av skipets offiserer skal oppnevnes til sikkerhetsoffiser. Han skal påse at sikkerhetsutstyr og verneutstyr som er påbudt i henhold til denne forskrift, til enhver tid er i forsvarlig stand, og at det lagres på en forsvarlig måte om bord. Han skal videre påse at de spesielle sikkerhetstiltakne blir fulgt.

Litteratur og oppslag

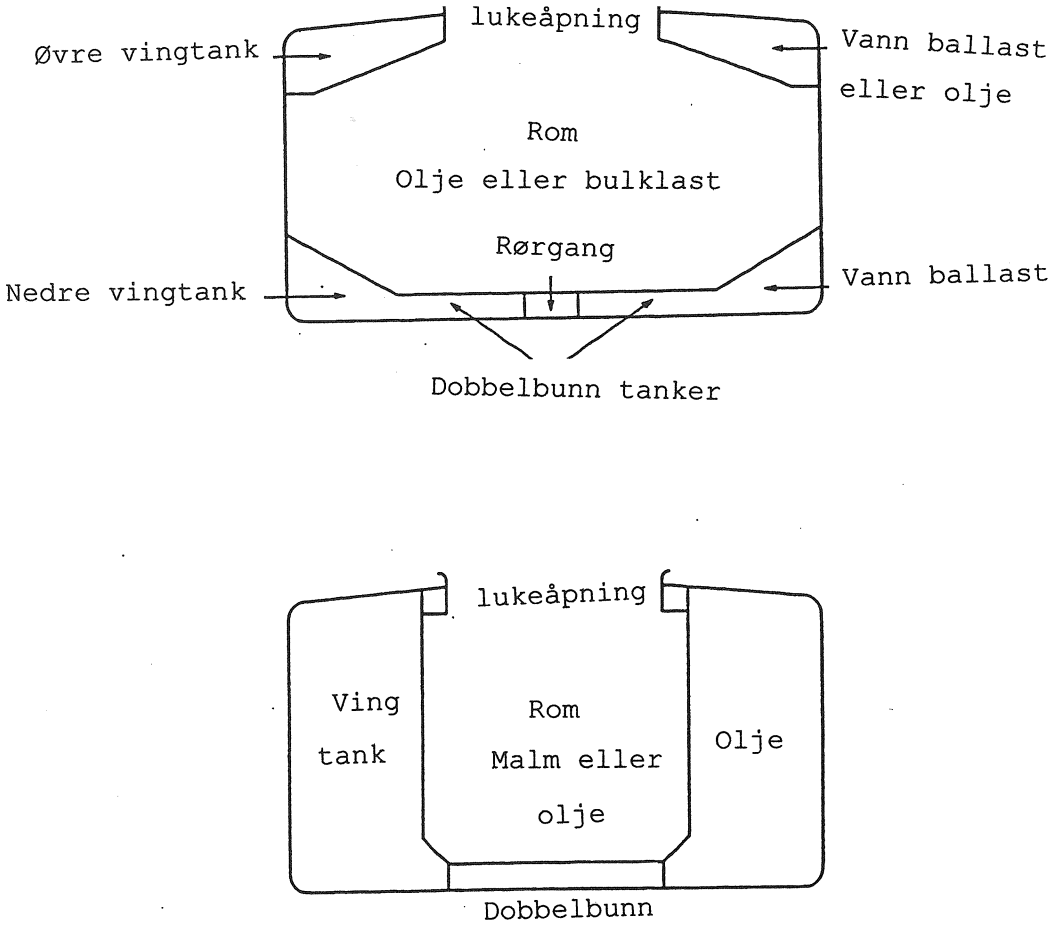
1 Skipets reder eller fører skal sørge for at det finnes nødvendig faglitteratur om bord som dekker skipets last med hensyn til brann- og

eksplosjonsfare, giftighet, helsefare, sykdomssymptomer, forholdsregler ved skade på utstyr, last og person.

2 Oppslag med opplysninger om lastens fysiske data og mulige helseskader i tillegg til forholdsregler ved uhell eller ulykker, skal være satt opp i samtlige messer på engelsk og norsk.

Kombinasjonsskip

Skip som kan føre både bulklaster, tørrlaster og oljelaster, kaller vi for kombinasjonsskip. De ligner på tankskipene i konstruksjon og har rørsystemer, pumpesystemer, sloptanker og nøytralgassanlegg som et vanlig tankskip. Begrunnelsen for å bygge slike skip var at de skulle ha et stort anvendelsesområde. De mest vanlige typene er oboskip (oil/ bulk/ ore) og O/O-skip (oil/ore), se figur 15.18.



Figur 15.18 Tverrsnitt av et oboskip og et O/O-skip

Et oboskip er konstruert for å føre malm, olje og andre bulklaster, for eksempel korn og kull. Rommene går over hele skipets bredde. Skipet har dobbeltbunn og vingtanker (øvre og nedre hopper-tanker). Lasteledninger og ballastledninger er plassert i tunneler i dobbelbunnen eller kjølkanalen (duct keel). Bare når skipet frakter tynge malmlaster kan det utnytte full dødvekt. Lukene er utstyrt med spesielle pakninger for å hindre oljelekkasjer. Når det blir ført olje i rommene, kan det oppstå redusert stabilitet på grunn av slakke tanker. De store rommene fører også til store påkjenninger på skottene (slashing), og det er nødvendig med ekstra forsterkninger.

Et O/O-skip er konstruert for å føre olje og malm. Det bruker både vingtankene og rommet til å føre oljen i. Malm blir bare ført i rommet. Skipet utnytter dødvekten både ved oljelaster og tyngre malmlaster. Rommene er konstruert slik at de opptar ca. halve skipets bredde. Under rommene er det alltid dobbeltbunn. Lasteledninger og ballastledninger er vanligvis plassert i vingtankene.

Kombinasjonsskip er utstyrt med stabilitetsopplysninger og instruksjoner for lasting og lossing. Av instruksjonene fremgår det hvor mange rom eller tanker som kan være slakke til enhver tid.

Problemet med kombinasjonskipene er at etter en oljelast må tankene/rommene rengjøres, gassfries og inspiseres før ny last kan bli att inn. Det er utarbeidet sjekklister for overgang fra olje til bulklaster og fra bulklaster til oljelaster. Det er forbudt å føre både oljelast og bulklast samtidig. Alle kombinasjonsskip må ha godkjent gassovervåkningssystem (scanningsystem). Flere store ulykker har inntruffet med kombinasjonsskip (Berge Istra og Berge Vanga), og IMO har skjerpet kravene til konstruksjon og drift av disse skipene.

Arbeidsoppgaver

1 Hva er det som kjennetegner flyktig og ikke-flyktig petroleum?
2 Blanding av hydrokarboner og oksygen kan være brennbar eller eksplosiv. Hva mener vi med Upper og Lower Explotion Limit ?
3 Hva består i store trekk nøytralgass av, og hvilken funksjon har den?
4 Statisk elektrisitet har vært årsak til mange eksplosjoner om bord på tankskip. Nevn noen av de kravene vi stiller ved vasking av tanker for å unngå statisk elektrisitet.
5 Gi en oversikt over fordeler med COW.
6 Forklar hva som menes med Load on top-systemet.
7 Hvilke krav blir stilt til utslipp av oljer?
8 Gi en oversikt over informasjon som skipets kaptein bør gi til havnemyndighetene og laste-/losseterminalen før ankomst.
9 Gi en oversikt over informasjon som laste-/losseterminalen bør gi til skipet før ankomst.
10 Hvilke lasteinformasjoner bør skipet få fra terminalen i god tid slik at du kan planlegge lasteoperasjonene?
11 Hva bekrefter en tank-survey rapport?
12 Nevn en del forhold som bør være med i en skriftlig overenskomst mellom skip og terminal i forbindelse med lasteoperasjoner.
13 Nevn en del forhold som bør være med i en skriftlig overenskomst mellom skipet og terminalen ved losseoperasjoner.
14 Hvorfor er det viktig med et kommunikasjonssystem ved laste-/losseoperasjoner? Nevn forhold som bør være med.
15 Gi en oversikt over forhold som vi må ta hensyn til ved utarbeidelse av en organisasjonsplan for lasting/lossing.
16 I tilfeller med utslipp av olje eller skadelige stoffer utover tillatt mengde skal det sendes rapport.
   a) Hva skal rapporten inneholde?
   b) Hvem skal den sendes til?
   c) Hva er hensikten med en tilleggsrapport, og hva bør den inneholde?
17 Hva er det som spesielt kjennetegner kjemikalietankskip?
18 Hvilke to hovedtyper av gasstankskip har vi?
19 Nevn en del forhold som er spesielle for gasstankskip.

20 Hva er spesielt for
   a) fulltrykksskip
   b) semikjølte skip
   c) fullkjølte skip
21 Nevn en del spesielle sikkerhetsforskrifter som gjelder for gass-tankskip.
22 Hva er det som er spesielt med kombinasjonsskip?
23 Hvilke problemer har en hatt med kombinasjonsskip?

16 Skade på skip og rutinar for inspeksjon

Merknad: Dette kapittelet med figurar er i stor grad utarbeidd på grunnlag av informasjon frå og med løyve frå International Association of Classification Societies, LTD London. Noko stoff er henta frå Det Norske Veritas.

Til alle tider har vi hatt skipsulukker. Somme hugsar vi betre enn andre. Kven hugsar ikkje det vidgjetne biletet av MS Venus som reddar mannskapet på DS Trym i ein forrykande storm i Nordsjøen i januar 1937. Andre ulukker som er godt kjende, er MT Berge Istra som vart borte i Stillehavet i januar 1976, og systerskipet MT Berge Vanga som vart borte i Sør-Atlanteren i 1979. Begge var kombinasjonsskip (OBO), og ein går ut frå at ulukkene kom av eksplosjonar om bord. Vi hugsar også dei store oljekatastrofane frå grunnstøytinga av MT Torrey Canyon utanfor England i 1967 og MT Amoco Cadis utanfor Brest i 1977. Årsakene til desse ulukkene er stort sett kjende. Andre skip har komme bort utan at ein har kunna påvise årsaka til ulukka. Det gjeld spesielt bulkskip. Eit av dei var Leros Strength, som gjekk ned i Nordsjøen utanfor sørlandskysten i 1997. Skipsfartsstyresmakter, klassifikasjonsselskap (International Association of Classification Societies , IACS) og forskingsinstitusjonar har gjort grundige analysar og forsøk på å kartleggje årsaka til slike ulukker. Svært mange bulkskip har gått tapt dei siste åra. I tilfelle der vi kjenner årsaka til at det har trengt seg inn vatn, viser data som er innsamla, at i 40 % av ulukkene har vatnet trengt inn i rom nr. 1. Det er grunn til å tru at det er representativt også for ulukker der vi ikkje kjenner staden for inntrenging av vatn. IMOs Maritime Safety Commitee (MSC) er oppteken av å få klarlagt årsaka til ulukkene og å komme fram til metodar som kan hindre eller minske omfanget av ulukker med bulkskip. MSC har vedteke at for seglande skip er det nødvendig at offiserar og mannskap får større kunnskap om faren med bulklaster, og korleis vi kan førebyggje at ulukker skal skje. Det vil seie at dei må ha kunnskap om kvar det kan bli skadar, og om korleis inspeksjon og dagleg tilsyn med skipa kan hindre ulukker.

IACS har teke initiativ til å betre tryggleiken og har arbeidd ut fleire krav for eksisterande bulkskip:

1 For bulkskip med enkelt skrog som fører last med stor tettleik, går ein inn for å styrkje dei vertikale korrugerte skotta mellom rom 1 og rom 2 og dobbeltbotnen i rom 1.
2 Skipa skal utstyrast med eit godkjent lasteinstrument, og ein skal vurdere konsekvensane av lasting og lossing.

3 Raskare innføring av den delen av eit utvida inspeksjonsprogram (ESP) som gjeld romma.
4 Utvida inspeksjonsprogram som del av ESP for bulkskip.

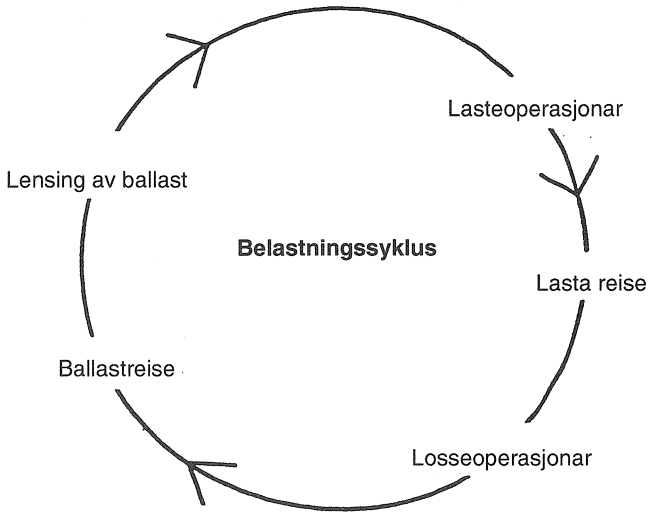
Årsaker til at dei fremste romma er meir utsette for skade:
- Faren for utmatting og skade av hardt vêr er størst i desse romma på grunn av større dynamiske krefter og bølgjepåkjenningar.
- Skipssidene i framskipet er meir utsette for kontaktskade. Når fleire slike skadar akkumulerer, svekkjer dei til saman styrken i skroget.
- Dei vertikale spanta er ofte konstruerte med lengre mellomrom i dei fremste romma enn i andre rom på grunn av skipsfasongen. Derfor er skroget i dette området mindre robust mot effekten av korrosjon og deformasjon.
- Under dårlege vêrforhold kan store mengder sjøvatn på dekk gi stor skade på lukedeksla.

I tilfelle der det trengjer inn vatn i rom nr. 1, reknar vi at ulukka utviklar seg slik:
- Fordi det trengjer inn vatn i rom nr. 1, blir trykket på det korrugerte skottet mellom rom nr. 1 og rom nr. 2 relativt stort når skipet er i lasta tilstand.
- Skottet mellom rom nr. 1 og rom nr. 2 kan kollapse, og vatn trengjer inn i rom nr. 2.
- På grunn av det store bøyemomentet som utviklar seg, kan skroget knekkje. For somme skip kan det i visse tilfelle skje berre det kjem vatn inn i rom nr. 1.

Det er prov for at situasjonen ovanfor kan utvikle seg svært raskt, slik at mannskapet får svært lita tid på seg før dei må forlate skipet. Risikoen for å tape menneskeliv er svært stor. I somme tilfelle har vi mistanke om at dobbelbotnen har kollapsa som følgje av urimeleg stor belastning på tanktoppen fordi det har trengt inn vatn der skipet fører tung last, og der lasta ikkje er jamt fordelt i alle romma.

Årsaker til skadar på bulkskip

Harde marknadsvilkår har ført til større operasjonelle krav til dei 4500 bulkskipa i verda. Skipa transporterer 30 % av lasta på verdshava. Last med stor tettleik, til dømes malm, gir store belastningar på skipsskroget. Dei mange ulukkene med bulkskip gjer det nødvendig å behandle skipa varsamt både i hamn og til sjøs. Stevedorar og skipsoffiserar er ansvarlege for lasteoperasjonane og er derfor ein viktig del av sikringa av skipet. God planlegging og god kommunikasjon mellom skip og land er avgjerande viktig for at skipet og mannskapet skal kjenne seg trygge. Forsking frå IACS viser at uheldig behandling av tung last med stor tettleik i samband med lasting og lossing kan gi store belastningar og fysiske skadar på rom og skott. Med tida kan det svekkje styrken i skipet og redusere dei marginane ein har til sikring når skipet kjem ut i dårleg vêr. Figur 16.1 viser ein typisk syklus for eit bulkskip.



Figur 16.1 Typisk syklus for eit bulkskip

IACS har gitt ut fleire publikasjonar som er retta mot tryggleiken til bulkskip. Søkjelyset er retta mot problem i samband med lasting og lossing av tung last med stor tettleik, tekniske faktorar ut frå avgrensingar i konstruksjonen på skipet, og ansvaret til skipsoffiserane med omsyn til å sikre skipet.

Desse forholda representerer ein risiko i samband med behandling av last:
- dårleg kommunikasjon mellom skipet og land
- tilsidesetjing av lasteplanar
- mangelfull førebuing for lasteoperasjonar
- galen fordelt last i romma
- overlasting
- fysisk skade under lossing

Nedanfor skal vi sjå nærmare på problem vi må rette søkjelyset mot:

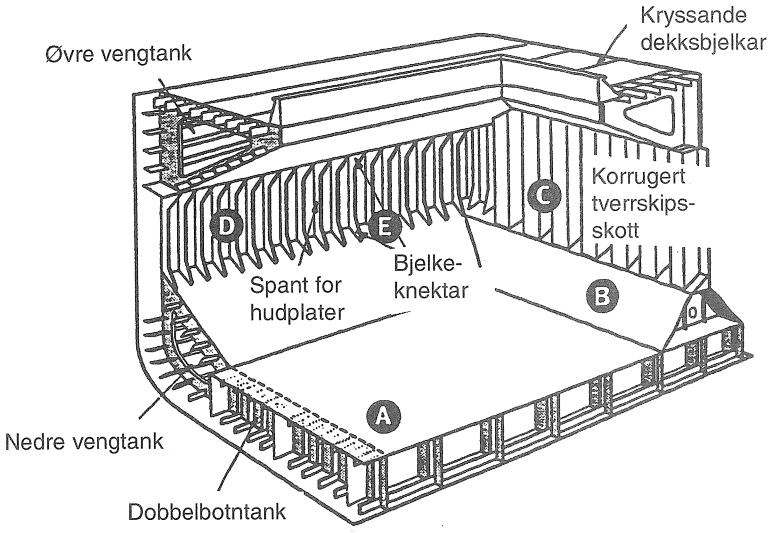
1 Lokale skadar på skroget

Uheldig belastning i samband med lasting og lossing kan svekkje skroget katastrofalt, anten medan skipet ligg i hamn eller er til sjøs. Databasen til IACS viser at frå 1983 til juni 1997 gjekk tapt 73 bulkskip på grunn av eller påreknа svekking av skroget. Analysane viser at tre forhold var felles for desse tilfella:
- skipa var over 18 år gamle
- lasta inneheldt tunge mineral
- det hadde trengt inn vatn i romma i dårleg vêr

Faktorar som var eller kunne vere noko av årsaka til at skipa gjekk tapt:
- korrosjon og sprekkar i skroget i sjølve romma
- overbelastning på grunn av galen lasting og fysiske skadar på strukturen i samband med lossing

Figur 16.2 viser strukturen i eit typisk lasterom for eit bulkskip med enkelt skrog. Bokstavane viser kvar skipet kan få skade. A: botnen av rommet, B: platekledningen over den nedste stortanken, C: tverrskips-

skottet, D: endeknea på sidespanta, E: bjelkeknektane. Mekaniske skadar og skadar på målingbelegget i romma er med på å svekkje konstruksjonen lokalt.

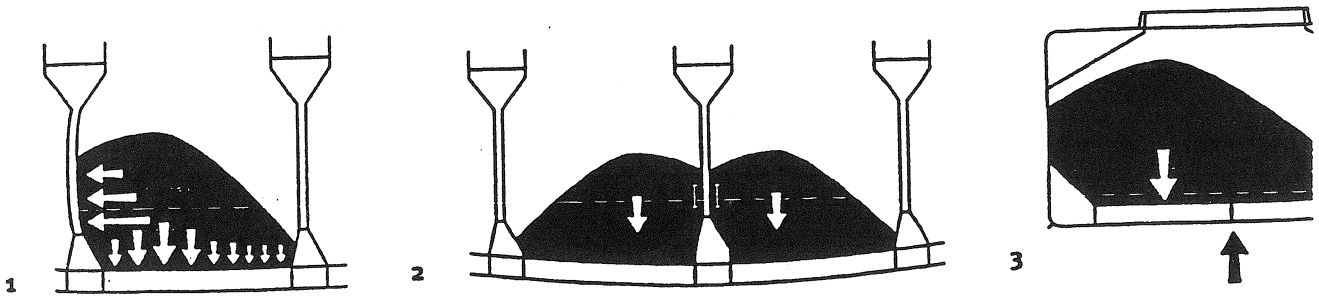


Figur 16.2 Typisk struktur i eit lasterom

2 Potensielle problem

Det er nødvendig at personalet ved lasteterminalane saman med skipsoffiserane særleg passar på dei åtte hovudfaktorane nedanfor, som må reknast som ein risiko for lokale strukturelle overbelastningsskadar med etterfølgjande svekking.

1 *Avvik frå lastemanualen*: Overskriding av dei lovlege grensene i den aksepterte lastemanualen for skipet overbelastar strukturen og kan resultere i at skipsskroget blir katastrofalt svekt.
2 *Høg lasterate*: Høg lastefart kan gi stor overbelastning på kort tid. Dersom det blir avvik frå den lasteplanen som er avtalt, bør skipsoffiseren stoppe lastinga. Eit skrog som er følsamt for overbelastning og lokal overbelastning saman med ballastoperasjonar der pumpefarten er låg i forhold til lasteraten, er tre risikofaktorar når lastefarten blir stor.
3 *Asymmetrisk last- og ballastfordeling*: Fordelinga av last og ballast verkar mykje inn på den resulterande belastninga på skroget. Last med stor tettleik bør trimmast plan så langt råd er. Dermed reduserer vi faren for at lasta skal forskyve seg i dårleg vêr, samtidig som vi reduserer faren for å få skade på skroget. Når ei tung last blir styrta i ein ende av rommet og lagar haugar, aukar sidetrykket av lasta mot skottet, og dekket over blir pressa saman. Strukturen i dobbelbotnen kan også bli sterkt overbelasta. Dersom vi lastar eit tilstøytande rom på same måten, kan sidetrykket på tverrskipsskottet bli utjamna, medan dei vertikale kreftene blir overførte til skottet. Lasta bør alltid stuvast symmetrisk i langskipsretning og trimmast plan så langt råd er. Ei asymmetrisk fordelt last om senterlinja til skipet induserer torsjonskrefter som kan vri skroget. På same måten induserer ei asymmetrisk fordeling av ballast også torsjonskrefter. Torsjon er ein medverkande faktor til stadig nye sprekkar ved lukehjørna og til problem med lukedeksel og utstyr. Figur 16.3 viser eit døme på ei asymmetrisk fordelt last.



Figur 16.3 Asymmetrisk fordelt last

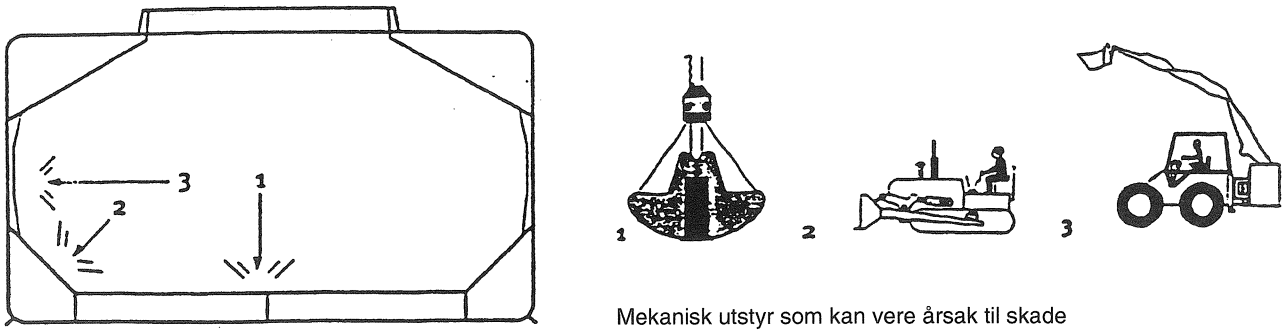
4 *Dårleg kommunikasjon mellom skipet og land*: Det er viktig at skipsoffiserane har god kontakt med personellet ved terminalen, spesielt med tanke på å stoppe lastinga dersom ho ikkje er i samsvar med den lasteplanen som er vedteken.

5 *Overlasting*: Det er eit lovpålagt krav at skipet ikkje skal laste meir enn til lastemerket. Det aktuelle lastemerket skal alltid vere synleg på heile sjøreisa. Vi må ikkje trimme skipet med last i endane slik at vi kan ta om bord meir last før skipet er på merket. Resultatet av ein slik metode er at vi går over den grensa som er tillaten for last i enderomma, og dermed aukar den lokale og den globale belastninga.

6 *Delvis fulle ballasttankar eller rom*: Det er ulovleg å segle med delvis fylt ballastrom eller delvis fylte tankar dersom ikkje den godkjende lastemanualen tillèt det. I ballastrom som er delvis fylte, eller i tankar med stor breidd eller lengd kan vi få ei enorm væskerørsle (sloshing), spesielt når eigenperioden til væskerørsla ligg i eit område med mykje skipsrørsle. Det utviklar seg store dynamiske krefter som kan skade konstruksjonen i rommet eller tanken.

7 *Mangelfullt utstyr for å måle vekta når vi lastar*: Overlasting på grunn av unøyaktig måleutstyr aukar belastninga på skipsskroget. Når vi lastar, er det viktig å kontrollere vekta og lastefarten i kvart rom. Dersom lastefarten er stor utan at vektmålingsutstyret er godt plassert, bør lasteoffiseren på skipet oppmode terminalen om å stoppe lastinga til ein får rekna ut deplasementet og såleis få stadfest at lastinga skjer i samsvar med den lasteplanen som er akseptert. IACS krev at utstyr som skal måle vekta, er godt plassert for kontroll og installert ved alle terminalar, spesielt ved terminalar der lastefarten er stor. Mangelfullt utstyr for vektmåling, avgrensa tid til kontroll og overlasting i romma for å kompensere for delbunkers kan gi strukturell overbelastning. Etter at lastinga er stoppa, bør terminalen informere om kor mykje last som står att å ta om bord.

8 *Konstruksjonsskadar*: Lastebehandlingsutstyr kan skade konstruksjonen på skipet, både gjennom direkte støytkontakt og fordi det skader belegg som vernar lasteromma. Det kan svekkje den lokale styrken og kan til slutt vere ein fare for strukturen på skipet og for den vasstette oppdelinga. Figur 16.4 viser kvar dei mest vanlege skadane kjem.



Figur 16.4 Skadar i samband med lossing

Når vi har lossa ferdig, bør skipsoffiserane inspisere romma og dekksområdet og sjå etter teikn på mekaniske skadar, korrosjonsskadar og skadar på belegget i romma. Skadar som kan verke inn på heile rommet og på det maskinelle utstyret i rommet, bør rapporterast til klassifikasjonsselskapet.

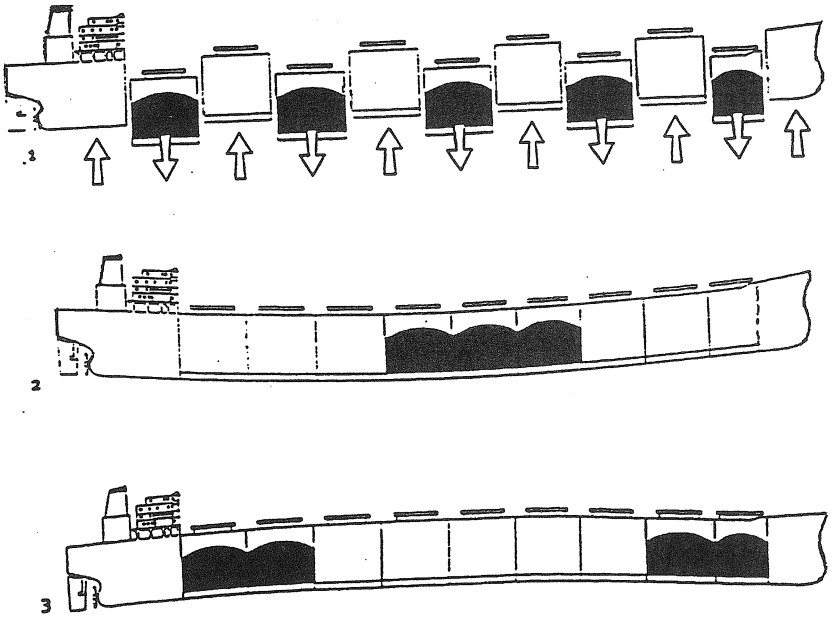
3 Belastning, skrogkonstruksjon og utforming

Alle skip er konstruerte med formålstenlege avgrensingar for dei operasjonane det kan gjere, for å sikre at den strukturelle heilskapen blir halden ved lag. Dersom vi går ut over desse avgrensingane, kan skipskonstruksjonen bli katastrofalt svekt. Skipsskroget er konstruert for å tole statiske belastningar av vekta på skipet, trykket frå sjøvatnet og dei dynamiske belastningane som kjem av bølgjer og skipsrørslene. Overbelastning i eitt av romma aukar den statiske belastninga på skipskonstruksjon og reduserer den evna skipet har til å tole dei dynamiske kreftene frå sjøen.

Skjerkrefter og bøyemoment: Når eit skip flyt i stille vatn, er oppdriftskrafta lik vekta av skipet og verkar på skroget gjennom oppdriftssenteret. På dei ulike delane av skipet kan dei vertikale kreftene av vekt og oppdrift variere og gi skjerkrefter og bøyemoment. Skjerkrefter er krefter som prøver å skjere av skipet. Når oppdriftskrefter og vekta av seksjonen med last ikkje er i balanse, blir skipet utsett for skjerkrefter.

Bøyemoment er moment som verkar på skipsskroget, og som prøver å bøye skipet i lengderetninga. For bulkskip som er klassifiserte etter reglane til IACS, har ein ut frå skipskonstruksjonen og den røynsla ein har med slike skip, rekna ut ei maksimum tillaten *stille vasskjerkraft* (SWSF) og eit maksimum *stille vassbøyemoment* (SWBM). Figur 16.5 viser korleis skjerkrefter og bøyemoment verkar på skroget når lastefordelinga er ujamn.

Ved hjelp av lasteinstrumenta på skipet kan skjerkrefter og bøyemoment for alle lastesituasjonar eller ballastsituasjonar reknast ut og samanliknast med dei tillatne verdiane. Dei tilsvarande sjøgåande verdiane av skjerkrefter (SWSF) og bøyemoment (SWBM) viser grensene for tillatne verdiar når skipet er lasta og utsett for kontinuerleg varierande bølgjer som induserer krefter som verkar på skroget når skipet er i sjøen.

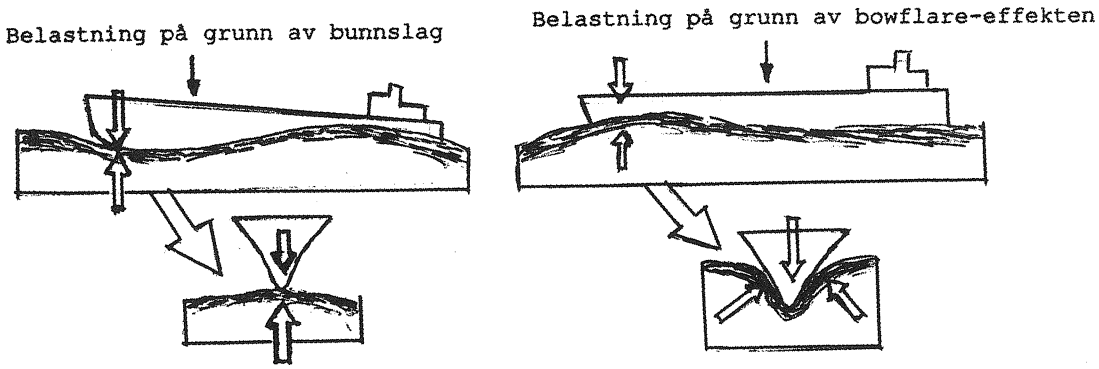


Figur 16.5 Skjerkrefter og bøyemoment når lastfordelinga er ujamn

Figur 16.5 viser
1 skjerkrefter som verkar på skroget som eit resultat av ujamn lastefordeling
2 saggingmoment fordi lasta er konsentrert kring midten av skipet
3 hoggingmoment på grunn av last i endane

Tilstand 2 og 3 er berre viste som demonstrasjon og må ikkje brukast i praksis.

Figur 16.6 viser skipet utsett for dynamiske belastningar i sjøen



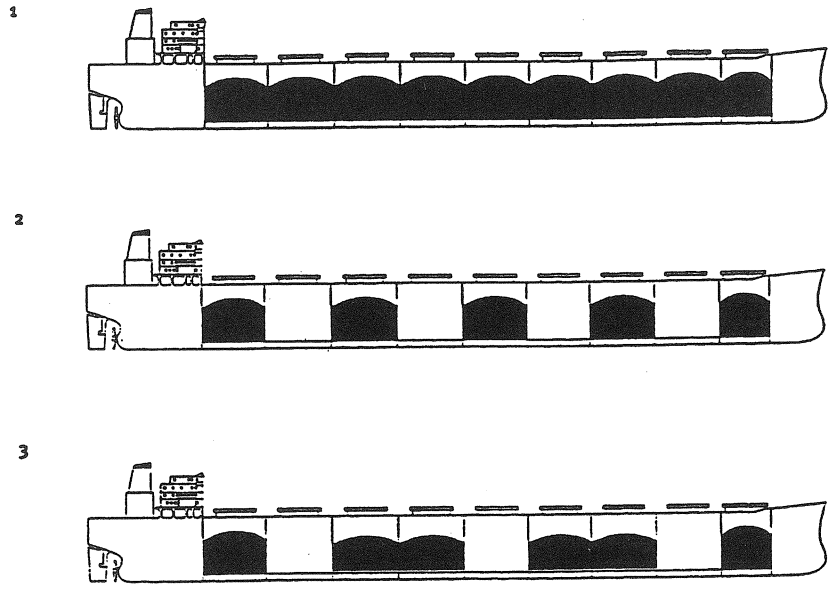
Figur 16.6 Dynamiske belastningar

På raske skip med utoverhengande baug kan vi få skadar i baugplatene. Det kjem av at baugen er i rørsle ut og inn av vatnet. Kreftene som verkar, blir kalla *bow flare-krefter.* Sjøen slår opp mot baugen og kan gi store skadar. Ein annan type skade får vi når baugen blir lyft ut av vatnet i stor sjø. Botnen når sjøen med stor kraft, og skipet får kraftige botnslag som kan gi skade. Slike botnslag blir kalla *slamming.*

4 Fordeling av last

Måten lasta er fordelt på verkar direkte inn på skjerkrefter og bøyemoment på skroget og på lokale belastningar. Figur 16.7 viser døme på tre lastesituasjonar.

1 *Homogen lastefordeling*: Det er vanleg å fordele laster med liten tettleik som korn og kol jamt i alle rom. Ei slik fordeling stettar normalt krava både til skjerkrefter og bøyemoment.
2 *Vekselvis fordeling*: Store bulkskip bruker å laste laster med stor tettleik som mineralmalmar i annankvart rom (fordeling etter oddetal). Vekta av lasta i romma er da omtrent det doble av vekta ved jamn fordeling. Det krev at romma er konstruerte med ekstra styrke for å tole ei slik belastning, og klassifikasjonsselskapet må godkjenne lastefordelinga.
3 *Blokklasting*: Når lasta blir plassert i to eller fleire tilgrensande rom med eitt eller fleire tomme rom imellom, kallar vi det blokklasting. Metoden blir brukt når skipet skal losse eller laste i fleire hamner. Blokklasting aukar belastninga på tverrskipsskottet og dekket over mellom to rom som er lasta. Når lasta er fordelt på denne måten, må vi forvisse oss om at vi ikkje går over den tillatne vekta i kvart rom. Vi må halde oss til den fordelinga som er godkjend i lastemanualen og ikkje gå over dei verdiane som er tillatne for skjerkrefter og bøyemoment. Dersom det er nødvendig å vike av frå den godkjende lastefordelinga, må vi kontakte klassifikasjonsselskapet.



Figur 16.7 Ulik lastefordeling

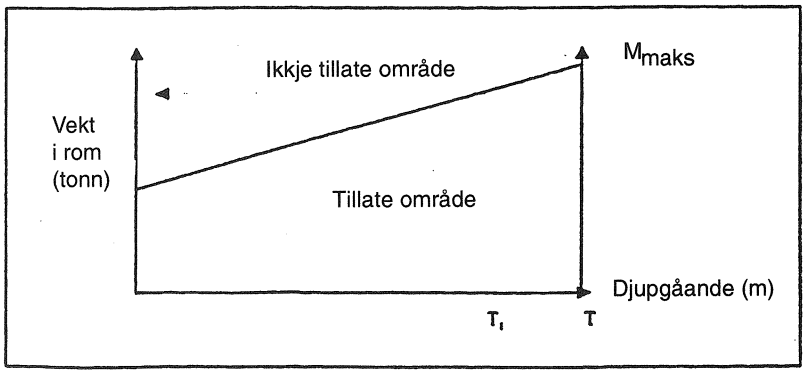
5 Rettleiande lasteinformasjon

Den internasjonale lastelinjekonvensjonen krev at skipsføraren skal ha informasjon om bord som set han i stand til å laste og ballaste skipet utan å måtte ty til uakseptable belastningar på skipskonstruksjonen. Skipet skal ha opplysningar om bord om stabilitet, ballasting og deballasting, maksimum tillaten vekt på kvar tanktopp og per rom, retningslinjer for lasting og lossing, informasjon for å avgrense belastningar på skroget, restriksjonar om operasjonelle forhold og utstyr til å gjere dei styrkeutrekningane som trengst. Korrekt lasting og lossing er ein føresetnad for å sikre skipet. Det er avgjerande viktig at skipsføraren og

overstyrmannen har nok informasjon til å rekne ut tilstanden på skipet med omsyn på skjerkrefter og bøyemoment.

Lastemanualen er avgjerande når vi skal planleggje lasting, stuving og lossing. Manualen bør innehalde
- lastetilstandar med ujamn fordelt last til fullt djuptgåande dersom det er aktuelt
- lastetilstandar med jamt fordelt last av lett og tung last til fullt djuptgåande
- ballasttilstandar
- lastetilstandar med kort segling og redusert mengd bunkers om bord
- lastetilstandar med fleire laste-/lossehamner
- lastetilstandar med dekkslast dersom det er aktuelt
- typiske sekvensar for å skifte ballast undervegs dersom det er aktuelt
- laste-/lossesekvensar

Lastemanualen bør minst innehalde opplysningar om
- skipet i lasta tilstand inkludert tillatne grenser for skjerkrefter (SWSF) og bøyemoment (SWBM) i stille vatn
- resultatet av utrekna SWSF og SWBM for dei lastetilstandane som er oppgitt
- for eit nytt bulkskip med enkelt skrog: Tillatne grenser for SWSF og SWBM når skipet er i lekk tilstand og det trengjer seg inn vatn i rommet
- for eit nytt skip med enkelt skrog: Utrekning av SWSF og SWBM for skipet i lekk tilstand når det trengjer seg inn vatn i rommet når skipet er i lasta tilstand
- maksimum tillaten vekt av last og minimum vekt av last og innhald i dobbelbotnen for kvart rom som ein funksjon av djuptgåande (lokalt styrkediagram)
- maksimum tillaten vekt og minimum vekt av last og innhald i dobbelbotn for to tilgrensa rom som ein funksjon av djuptgåande (lokalt styrkediagram)
- maksimum tillaten vekt på tanktoppen
- maksimum tillaten vekt på dekk og luker
- maksimum ballastfart ved skifting



Figur 16.7 b Lokalt styrkediagram

Lasteinstrument (vanlegvis PC-basert) er eit uvurderleg hjelpemiddel i tillegg til lastemanualen. Det blir brukt til å planleggje lasting, lossing og ballastoperasjonar, og det reknar ut skjerkrefter og bøyemoment og kontrollerer tilstanden mot dei tillatne verdiane. Krava er at etter 1. juli 1998 skal alle bulkskip med L_{pp} 150 m eller meir vere utstyrte med eit

godkjent *fleirpunkts* lasteinstrument, det vil seie at instrumentet skal kunne rekne ut skjerkrefter og bøyemoment fleire stader langs skroget både i stille vatn (hamnetilstand) og i sjøen.

Planlegging og kontroll av lasting/lossing

Terminalinformasjon: For å kunne planleggje lasting eller lossing må laste-/losseterminalen i god tid før skipet kjem til hamn, informere om desse forholda:

- ved lasting kor mange tonn som skal lastast, forutan eigenskapar og forhold ved lasta som krev spesielle tiltak
- laste-/losseutstyr, tal eller mengd, rekkjevidd og laste-/lossefart, djuptgåande ved terminalen, tider for flod og fjøre, tettleiken av vatnet, restriksjonar om djuptgåande, maksimum segling djuptgåande og minimum djuptgåande for sikker manøvrering
- når skipet gir stoppsignal for transportbandet, må ein gi opp kor mange tonn restlast ein har om bord
- prosedyrane ved terminalen når skipet må forhale
- relevant informasjon om bunkers, deballasting og restriksjonar

For å redusere faren for kasting bør lasta i alle rom trimmast plan. Skipsføraren må vere merksam på at somme laster kan korrodere, og last som har høg temperatur, bør ein vere spesielt merksam på med omsyn til brannfaren. Laster som kan bli flytande dersom fukta kjem over den grensa som er tillaten, bør ein ikkje ta om bord utan å hente inn råd frå ekspertar.

I samband med lasting, lossing og ballastoperasjonar må ein alltid referere til lastemanualen på skipet. Dersom det er nødvendig å vike av frå den lastefordelinga som er tilrådd, må lasteinstrumentet brukast for å kontrollere at ein ikkje går ut over SWSF, SWBM og dei lokale grensene for vekt i romma. Ballastoperasjonar må synkroniserast med laste-/losseoperasjonar for ikkje å få for store belastningar på skroget. Vi bør rekne ut SWSF og SWBM når vi avsluttar alle stadium i laste-/losseoperasjonane.

Kommunikasjon skip/terminal: Før ein lastar eller lossar, bør lasteoffiseren leggje fram den planen som er utarbeidd for laste- eller losseoperasjonane for representantar for terminalen. Skipsoffiserane bør vere kjende med dei IMO-sjekklistene som er tilrådde, og som gjeld for kommunikasjonen mellom skipet og terminalen. Det er viktig å halde oppe ein god og sikker kommunikasjon med terminalen gjennom heile opphaldet. Det er dessutan viktig å bli samd om prosedyrar

- dersom det blir stopp i lastinga
- for korleis terminalen skal informere skipsoffiserane med visse mellomrom om vekt som er lasta og vekt av last som står att
- for å kontrollere djuptgåande
- for å rapportere skade ved laste-/losseoperasjonane

Vi bør ikkje setje i gang lasteoperasjonane før det er semje om planen for korleis vi skal laste og losse, dei nødvendige prosedyrane for arbeidet, og der det er nødvendig, før skipsføraren har teke mot *Certificate of Readiness* av dei ansvarlege styresmaktene. Frå 1. juli 1998 er det eit krav frå SOLAS at ein plan for lasting/lossing og alle seinare endringar skal leggjast fram for dei ansvarlege hamnestyresmaktene. Skipsføra-

ren og representantar for terminalen skal forvisse seg om at lasteoperasjonane skjer i samsvar med den planen som er akseptert.

Skipsføraren har rett til å stoppe lasteoperasjonane dersom han ikkje er nøgd med arbeidet.

Før lasteoperasjonane tek til, bør vi forvisse oss om at det ikkje er strukturell skade på skipet. Vi bør inspisere rom, luker og dekk grundig. Dersom vi oppdagar skadar, skal kapteinen på skipet informerast. Skaden skal vidare rapporterast til klassifikasjonsselskapet. Det må ikkje setjast i verk lasteoperasjonar før skaden er undersøkt og utbetra dersom det blir funne nødvendig. Brønnar og ballastsystem må kontrollerast før vi lastar, og dei må vere i orden.

Kontroll under lasteoperasjonane

Skipsoffiserane og den ansvarlege for stevedor må forvisse seg om at terminalen følgjer den planen som er vedteken for lasting og lossing

- skade på skipet blir rapportert straks
- lastefarten er i samsvar med den planen som er vedteken
- lasta blir trimma
- det heile tida er kommunikasjon med terminalen
- informasjonen skjer i samsvar med planen når utstyr blir lasta og flytt

Skipsoffiserane må føre nøye kontroll med tilstanden til skipet under lasteoperasjonane og eventuelt stoppe lastinga og ballastoperasjonar dersom det dukkar opp store avvik frå den planen som er vedteken. Skipsoffiserane må vere spesielt merksame på at

- lasteoperasjonar og ballastprosedyrar er synkroniserte
- djuptgåande blir kontrollert og lastetilstanden til skipet kontrollert med omsyn til lasteplanen
- ballasttankar blir peila og ballast- eller deballastfarten kontrollert
- SWSF, SWBM og vekt av last i romma utrekna og kontrollert under dei ulike stadia i lastinga

Dersom det blir oppdaga avvik frå den lasteplanen som er vedteken, skal den ansvarlege offiseren på skipet setje inn tiltak for å gå tilbake til den opphavlege planen, eller det kan bli nødvendig å arbeide ut ein modifisert plan som partane må bli samde om. Vi må forvisse oss om at den endra planen ikkje fører til overbelastning, eller til at vi går ut over grensene for skjerkrefter og bøyemoment. Vi må ikkje ta opp att lastinga før offiseren på skipet har sagt klart frå om å halde fram.

Vilkår for forbetring

Gode prosedyrar for laste- og ballastoperasjonar og kontroll med belastningar på skipet, både lokale og globale, er avgjerande for å sikre skipet. Forsking og utvikling er nødvendig for å gjere skipa sikrare, og IACS er her avgjerande viktig. Det er dokumentert at mange ulukker med bulkskip kjem av strukturelle manglar ved skipa. Ein er klar over at det er nødvendig å styrkje den fremste delen av skipet, og det er utarbeidd fleire nye krav for skip som er kontraherte etter 1. juli 1998.

Krava inkluderer utvida langskips styrkekrav og styrking av dobbeltbotnen, større styrke i dei vasstette tverrskipsskotta og større krav til spant, hudplater og lukedeksel.

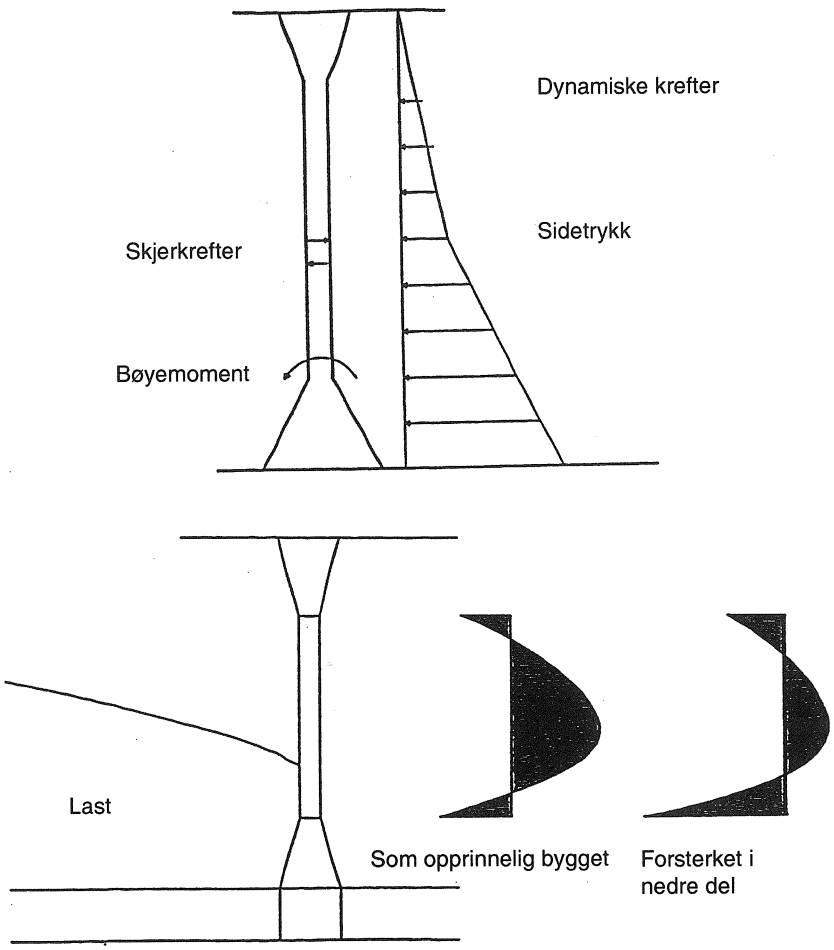
På eksisterande skip tek ein spesielt sikte på å forbetre skottet mellom rom nr. 1 og rom nr. 2 slik at det kan tole belastning om det trengjer inn vatn. Det kan føre med seg desse krava til utbetringar:
- *Skottrykk*: Kravet til lokal styrke blir oppfylt med å auke tjukna på dei korrugerte skottplatene og flensane. Det utrekna trykket må aukast i forhold til dei reglane som gjeld.
- *Bøyemoment* blir utrekna på korrugeringane ut frå den føresetnaden at dei kreftene som verkar, er ein kombinasjon av last og vatn som er trengt inn i rommet. Utrekningane blir gjorde for ekstreme nødsituasjonar. Ein må kontrollere om dei korrugerte flensane bular.
- *Skjerkrefter* må reknast ut, og ein må finne styrken av dei korrugerte platene med omsyn til avskjering og buing.
- *Dynamiske effektar* er inkluderte ved at vi legg til ein viss auke i trykkreftene som ein kompensasjon.

Viktige faktorar for utrekningane:
- *Konstruksjonen av tverrskipsskottet.* Det er ein fordel med kort korrugert skott mellom den øvste og nedste stolen og godt samband mellom det korrugerte skottet og den nedste stolen.
- *Djuptgåande*: Det er ein fordel med redusert djuptgåande fordi det reduserer krava til vasshøgd i rommet i skadd tilstand.
- *Tettleik og permeabilitet for lasta*: Det er ein fordel å ha last med stort volum. Effekten av vassinntrenging er avhengig av permeabiliteten til lasta og varierer derfor. Det totale trykket på tverrskipsskottet er ein kombinasjon av belastninga frå lasta og vatnet i rommet. Når det trengjer seg inn vatn, blir det utrekna trykket på skottet frå lasta redusert, men trykket av vatnet blir alltid lagt til i utrekningane.
- *Homogen/ujamn lastefordeling*: Ei jamn lastefordeling er ein fordel på grunn av jamt trykk på begge sider av tverrskipsskottet. Ei jamn lastefordeling fordeler også belastninga på skottet og på tanktoppen betre.

Krava til styrke i dobbeltbotnen i rom 1 er utvida med omsyn til skjerkreftene av botnstokkar og langskipsberarar. Det utrekna nivået av vatn som har trengt inn i rommet, er ein viktig parameter i dei nye krava til styrke. Som ein generell regel skal nivået reknast til djupn i riss. I tillegg til styrkekrava skal stabiliteten ved lekkasje og flyteevna til skipet vere tilfredsstillande dersom rom 1 er fylt med vatn. Når vi skal rekne ut stabiliteten i samband med lekkasje, må vi rekne dobbelbotnen og dei øvre og nedre vengtankane som intakte.

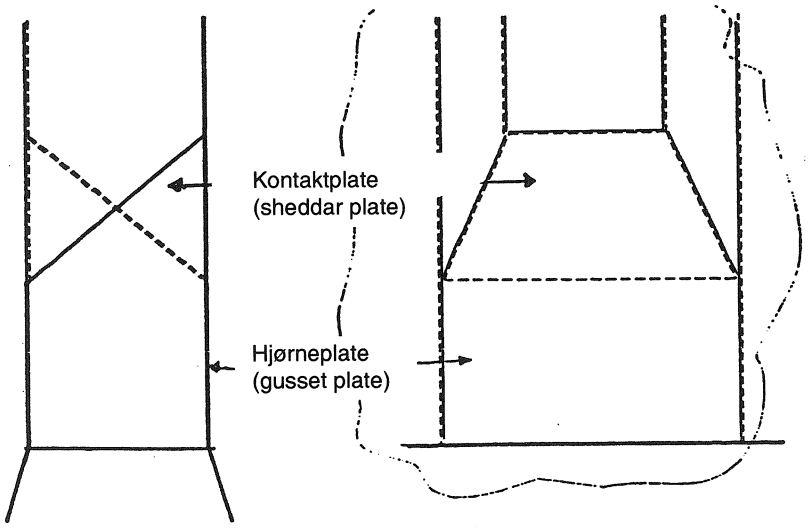
Alternative styrkekrav

Skip som ikkje oppfyller krava ovanfor til styrke, må gjere ei eller fleire av desse endringane:
- Fornye platene i tverrskipsskottet. Der styrken med omsyn til skottrykket ikkje er oppfylt, er dette det einaste praktiske alternativet, sjå figur 16.8. Det blir også løysinga dersom styrkekrava til skjerkrefter og buing ikkje er oppfylte.



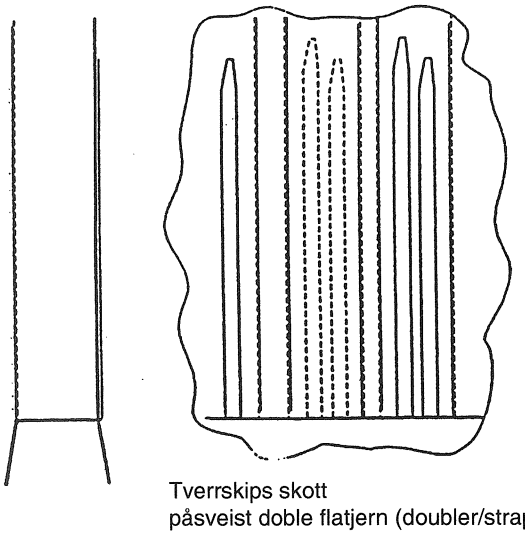
Figur 16.8 Sidetrykk på tverrskipsskottet

– Setje på ein gusset eller ei shedderplate som vist på figur 16.9. Eit slikt samband aukar styrken i botnen av skottet og evna til å tole bøyemoment i den nedste delen av det korrugerte skottet. Denne metoden er eit godt alternativ for å auke styrken mot bøying, og ofte er ei slik løysing nok til å oppfylle kravet til styrke.



Figur 16.9 Gusset/shedderplate

– Sveise flatjern på det korrugerte skottet for å auke bøyestyrken og hindre buing. Jernet bør vere plassert frå den nedste stolen opp til om lag ¾ høgd av det korrugerte skottet, sjå figur 16.10.



Figur 16.10 Korrugert skott påsveist striper av flatjern

Det har vist seg at den gjennomsnittlege tilleggsvekta som følgje av forsterkingar blir:
a) Handy size (ca. 27 000 dødvekttonn) : ca. 5–10 tonn
b) Panamax (ca. 85 000 dødvekttonn) : ca.10–20 tonn
c) Cape size (ca. 170 000 dødvekttonn) : ca.15–25 tonn

For å oppfylle krava kan det vere nødvendig å påleggje operasjonelle avgrensingar, som avgrensing i djuptgåande eller dødvekt, redusert last med stor tettleik, eller stille krav om jamn lastefordeling. Slike avgrensingar kan vere eit alternativ til å forsterke tverrskipsskott.

Dersom styrken i dobbelbotnen ikkje oppfyller krava til styrke, kan den einaste praktiske løysinga vere å redusere den tillatne vekta på tanktoppen. Normalt fører det til at vi må bruke jamn lastefordeling for å utnytte dødvekta av skipet.

Konsekvensar av dei utvida styrkekrava

I alt 117 bulkskip på 150 m lengd (L_{pp}) og over er vurderte med omsyn til forsterkingar av tverrskipsskott. I denne vurderinga gjekk ein ut frå maksimum last i dei fremste lasteromma med ein tettleik på 1,78 t/m³ (Handy size, Panamax, og Cape size).

Prosent av skip som *ikkje* oppfyller krava til styrke av tverrskipsskott mellom rom 1 og rom 2:

	Ujamn lastefordeling	Homogen lastefordeling
Etter byggjeteikningar	60%	39%
Fråtrekt 2 millimeter platetjukn på grunn av korrosjon	76%	68%

Forsterka inspeksjonsprogram (ESP)

Bulkskip skal ettersjåast i samsvar med *Enhanced Survey Program* (ESP). Dette programmet krev at dei inspeksjonsprogramma og krava som alt eksisterer, blir sterkt auka og utvida.

ESP vart teke i bruk i juli 1993 og har betra skrogtilstanden for bulkskip mykje. For nye skip er det eit krav at konstruksjonen i ballasttankar som samtidig er ein del av skipsskroget, og konstruksjonane i skipssidene og i tverrskipsskotta er verna med eit målingbelegg. Tilstanden til belegget blir vurdert og nedteikna i dei spesielle inspeksjonsperiodane. Ein reknar med full effekt av ESP først når alle bulkskipa har vore gjennom ein inspeksjon som svarer til ein *fornya inspeksjon* (Renewal Survey). I samsvar med det programmet som er vedteke, skal alle bulkskip ha fullført ESP Renewal Survey seinast innan midten av 1999.

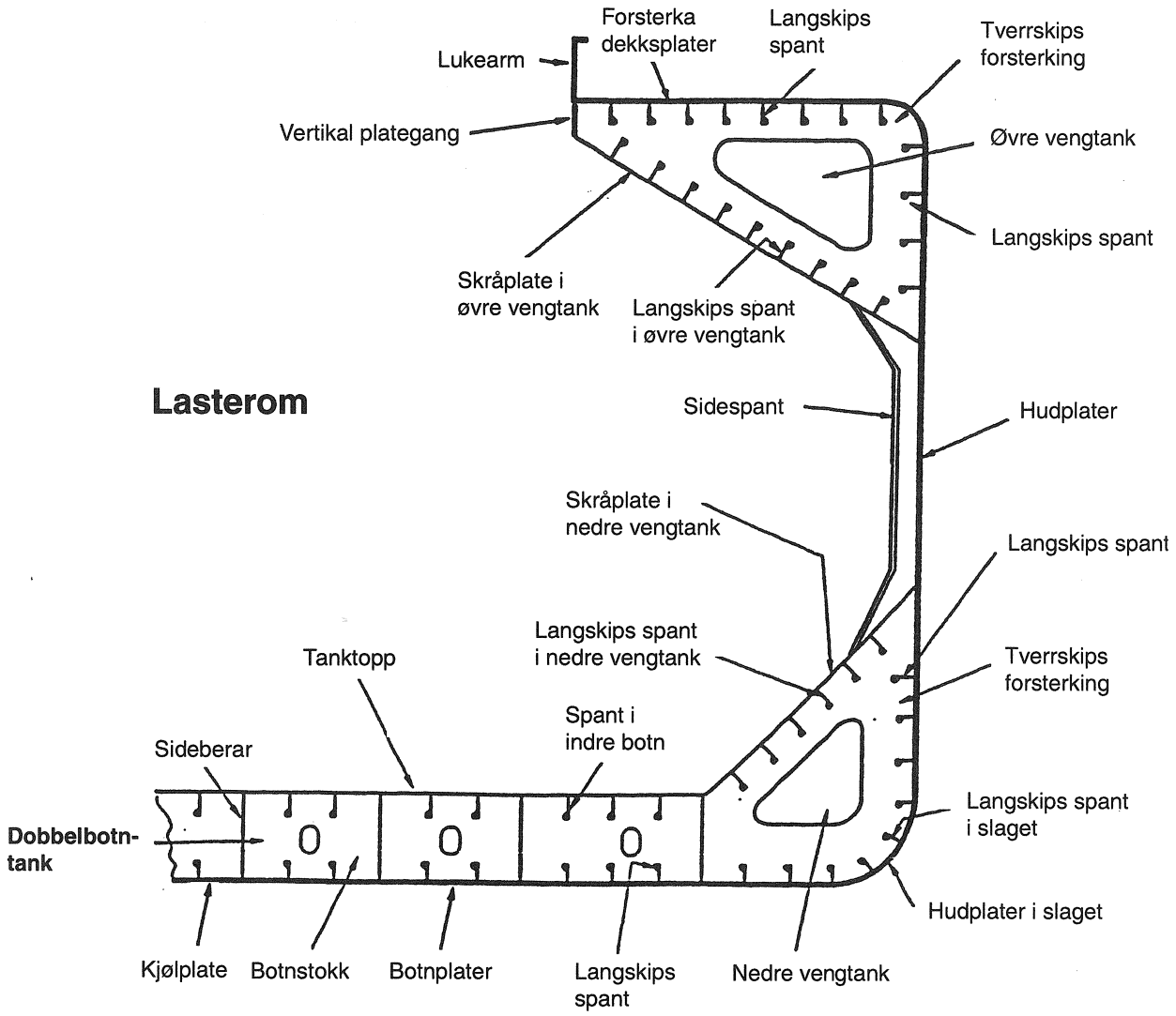
Rutinar for inspeksjon

Formålet med inspeksjonane er å oppdage mogeleg strukturell defekt og skad, og å fastslå omfanget av slitasje. For å nå dette målet og for å identifisere problemstader på skroget som ein må vere spesielt merksam på, er det av stor verdi å ha kjennskap til historia til det enkelte skipet. Det blir tilrådd å bruke ein standard terminologi for strukturelle element, og i stor grad kjem ein her til å bruke den engelske terminologien, spesielt med omsyn til figurane. Figur 16.11 viser ein typisk tverrskipsseksjon i eit bulkskip, og figur 16.12 viser eit typisk tverrskipsskott i eit bulkskip.

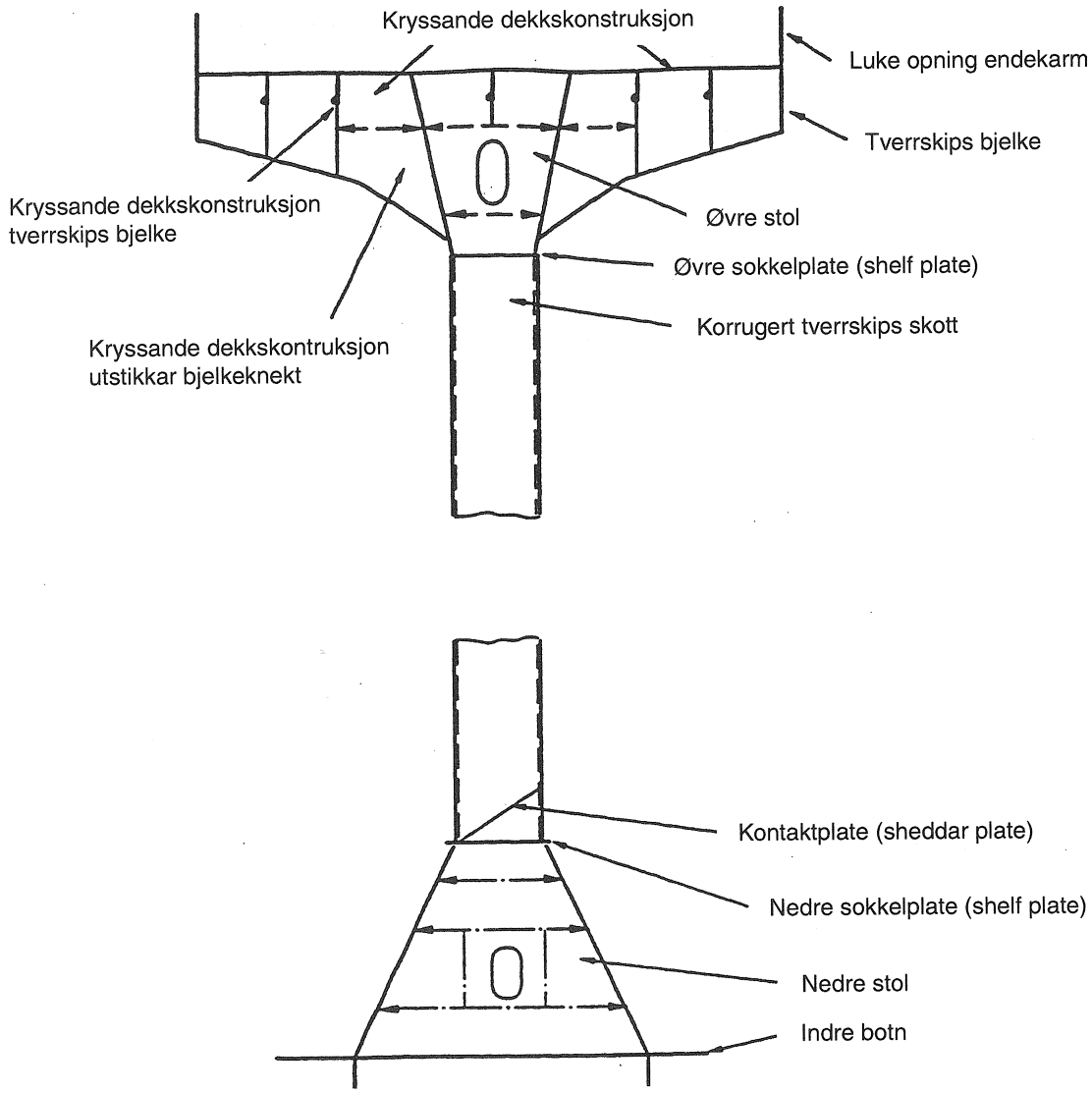
Strukturelle skadar og slitasje

Strukturell skade og slitasje omfattar
- omfattande korrosjon
- konstruksjonsmanglar
- materialdefektar og dårleg utført arbeid
- navigering i ekstremt dårleg vêr
- laste- og losseprosedyrar
- slitasje

Forringing og manglar omfattar normalt
- materialsvinn eller korrosjon
- sprekkar
- buing
- deformasjonar



Figur 16.11 Typisk tverrskipsseksjon i eit bulkskip



Figur 16.12 Typisk tverrskipsskott i bulkskip

Materialsvinn eller korrosjon

Generell korrosjon ser vi som rust på ikkje verna materiale i tankar og rom. Skal av rust brotnar stadig av og utset det nakne materialet for nye korrosjonsåtak. Visuelt er det vanskeleg å avgjere kor mykje materiale som er rusta bort før korrosjonen blir omfattande. Glødeskal som ikkje er fjerna i byggjeperioden, kan auke korrosjonen. Sprekkar på grunn av sveis kan utvikle seg raskt på grunn av avleira materiale i den sona som er påverka av varme. Det kan i si tid føre til spenningskonsentrasjonar.

Sprekkar

Sprekkar er ikkje alltid synlege, til dømes fordi området ikkje er reingjort, fordi det er vanskeleg tilgjengeleg og dårleg opplyst, eller fordi overflata er samanpressa. I ein inspeksjon er det viktig at overflatene er reine og godt opplyste. Sprekkar kjem normalt ved kantar og innsnitt, og ved spenningskonsentrasjonar eller defekte sveisesamband. Dersom desse områda ikkje er lett tilgjengelege, bør området på den andre sida granskast. Sprekkar som tyder på ein latent sveisedefekt,

finn vi ofte i byrjinga eller slutten av sveisesambandet. Vi bør vere spesielt merksame på sveisar ved knektar og utstansingar. Sprekkar som er utsette for stadig store spenningar, kan gi utmatting med katastrofale følgjer. Ein utmattingssprekk i eit spant kan forplante seg til dei ytre skipsplatene (hudplatene) og føre til lekkasje. I ekstreme vêrsituasjonar kan sprekkar i hudplatene resultere i at vi mister delar av platene.

Buing

Permanent buing kan vere eit resultat av overlasting eller ein reduksjon i materialtjukna på grunn av korrosjon eller skade. Ei elastisk buing er ikkje direkte lett å sjå, men kan oppdagast som skade på belegg, spenningslinjer eller som ei forskyving. Buingsskadar finn vi ofte i platespant eller tverrskipsbjelkar. I mange tilfelle kan skadane komme av korrosjon, for stort mellomrom mellom avstivarane, gale plasserte tetningshol, mannhol eller opningar i platespanta.

Deformasjonar

Deformasjonar kjem ofte av støytbelastningar og aktløyse i samband med overlasting. Skadar på grunn av *slamming* og bølgjeslag finn vi ofte i den fremste delen av skipet, men også akterenden kan vere skadd på grunn av bølgjeslag frå akterleg sjø. Dersom vi får ein skade på grunn av kontakt med andre gjenstandar, bør vi vere merksame på at dei indre sambanda kan vere sterkt skadde jamvel om skaden på hudplatene kan verke liten frå utsida. Også aktlaus overlasting kan gi store skadar. Generelt kjem dei store skadane ofte av korrosjon og slitasje.

Førebuing og planlegging av inspeksjonar

Inspeksjonsprogrammet skal arbeidast ut av reiaren og klassifikasjonsselskapet i fellesskap. Inspeksjonen bør omfatte

- vilkår for inspeksjon
- tilgang til konstruksjonar og konstruksjonselement for inngåande gransking og måling av tjukn
- utstyr som er nødvendig

Inspeksjonsprogrammet må ta omsyn til den informasjonen ein har dokumentert frå skipet.

Inspeksjonsprogrammet skal innehalde

- hovuddata for skipet
- plan over tankar og rom
- oversikt over tankar og rom med informasjon om bruk, vern og tilstand av belegg
- korrosjonsfarar i rom og tankar
- skadar som kjem av konstruksjonen på dette skipet eller tilsvarande skip der det er tilgjengeleg
- utvalde rom og tankar som skal ha ein gjennomgåande inspeksjon
- utvalde seksjonar der ein skal måle materialtjukna
- tillatne avgrensingar for korrosjon

Reiaren skal skaffe dei hjelpemidla som trengst for ein sikker inspeksjon. Tankar og stader for inspeksjon skal ha sikker tilgang, det vil seie vere fri for gass og vere godt ventilerte (sertifikat). Tankar og stader for inspeksjon skal vere fri for vatn, rust, skal, skit, oljerestar osv. slik at det blir mogeleg å oppdage korrosjon, deformasjon, sprekkar, skade eller andre konstruksjonsdefektar. Det skal også vere godt nok lys for inspeksjonen. Dersom det er tale om full inspeksjon, skal det vere utstyr på plass til å inspisere skroget på ein sikker og praktisk måte. Dersom inspeksjonen er avgrensa i rom og ballasttankar, skal det vere sikker tilkomst. Utstyret kan vere eit permanent stillas eller eit mellombels stillas, stigar, heisar og rørlege plattformer eller anna høveleg utstyr.

Forhold vi skal vere spesielt merksame på:

1 Før vi går ned i tankar og innelukka rom, skal vi forvisse oss om at oksygeninnhaldet er testa og funne sikkert. Ein ansvarleg av mannskapet skal halde vakt ved inngangen til tanken eller rommet, og dersom det er mogeleg, skal det setjast opp eit samband både med brua og maskinrommet. Formålstenleg lys i tillegg til lommelykter skal vere tilgjengeleg.
2 I tankar der strukturen har fått belegg og nyleg er lensa ut, er det ofte ei tynn hinne att på overflata. Her skal vi vere spesielt varsame under inspeksjonen, spesielt når det gjeld dei skrånande platene i dei øvste vengtankane.
3 Det kan vere vanskeleg å fjerne rustskal. Når vi bruker rusthammaren, må vi verne auga og helst bruke vernebriller. Når vi fjernar rustskal med hammaren, kan store rustflak falle ned i rommet. Dersom rommet har mykje rust, kan det vere nødvendig å krevje all rust fjerna før vi gjer ein tilfredsstillande visuell inspeksjon
4 I somme tilfelle ønskjer reiaren eller representanten hans at inspeksjonen skjer frå toppen av lasta når ho blir lossa. Ein slik inspeksjon er ikkje lovleg.
5 Om bord i bulkskip som er utstyrte med ein vertikal ballastkanal som knyter saman dei øvre og nedre vengtankane, må kanalen og den skrogstrukturen som høyrer til, inspiserast saman med tankane. Kanalen er vanskeleg tilgjengeleg, og dei eventuelt faste trinna er ofte korroderte bort, slik at det er nødvendig å bruke stige. Her må vi vere svært varsame.
6 Når vi inspiserer lasteromma, må vi forvisse oss om at dei faste leiderane (stigane) er i god stand, og at det ikkje manglar trinn. Dersom lukedeksla er på når vi inspiserer rommet, må vi ha godt lys. Berre ein person skal gå ned i leideren om gongen. Skrånande leiderar er ofte utsette for skade i samband med lasting eller lossing, og ofte finn vi leiderar og plattformer i svært dårleg stand.
7 Ein kort aluminiumstige kan brukast i dei nedste partia for å inspisere spant, vinklar og hudplater. Stigen må vere i god stand, og han skal vere utstyrt med føter som kan justerast for at han ikkje skal gli. To medlemmer av mannskapet skal hjelpe til slik at stigen står trygt og ikkje kan velte.
8 Ein ny type stigar med ledd til å trekkje ut er nyleg introdusert av nokre reiarar. Stigen gjer det mogeleg å inspisere både dei nedste og øvste delane av rommet. Stigane har eit hydraulisk låssystem som krev vedlikehald.
9 Hydrauliske lyftearmar (*cherry pickers*) blir ofte brukte i samband med inspeksjonar av tverrskipsskotta og dei øvste delane av romstrukturen. Ein kvalifisert person må operere desse armane, og ut-

styret må vere godt halde ved like. Plattforma bør vere verna med ei sikringsgrind.

10 Stillas er ofte vanlege, spesielt der vi må reparere. Vi må forvisse oss om at stillaset er korrekt og sikkert understøtta, og det bør vere utstyrt med rekkverk. I dei øvste og nedste vengtankane er det ofte nødvendig å bruke stillas.

11 I dobbelbotntankane er det ofte lag med sediment på botnen. Dei må fjernast før vi kan inspisere.

Utstyr og verktøy

Dette verneutstyret skal brukast i samband med ein inspeksjon:
- arbeidsklede som ikkje kan brenne, og som er lett synlege
- hovudvern, til dømes hjelm
- hanskar
- sikringsskor eller støvlar med ståltå og solar som ikkje sklir
- øyrevern i område med sterk støy
- vernebriller
- vernemaske mot støv osv. I område med atmosfære av ureinande gassar eller dampar kan vi bruke ei gassmaske for ein kort periode. Inspektørar skal ikkje gå ned i rom eller tankar der det er nødvendig å bruke friskluftapparat. Berre personar som har fått opplæring i korleis friskluftapparata skal brukast, skal bruke dei.
- vi bør bruke redningsvest når vi stig om bord i og i land frå ein losbåt

Personleg utstyr:
- eksplosjonssikker lommelykt, som bør vere slik at ho kan festast med stropper slik at hendene blir frigjorde
- hammar
- oksygenmålar eller multigassmålar
- sikringsbelte og line
- strålingsmålar for å måle ioniserande stråling
- instrument til å måle tjukna på plater osv., vanlegvis apparat baserte på ultralyd
- spesialutstyr som trengst for spesielle inspeksjonar

Dokumentasjon om bord

Desse dokumenta skal vere om bord og skal haldast ved like og oppdaterast av reiaren. Dokumentasjonen skal vere lett tilgjengeleg for inspektøren, og han skal vere om bord i skipet i heile levetida. Inspeksjonsmappa skal innehalde

1 rapportar om strukturelle inspeksjonar
2 utførte skroginspeksjonar
3 rapportar om måling av tjukn

Det blir tilrådd at desse tilleggsdokumenta skal vere om bord, inkludert annan dokumentasjon som kan lette arbeidet med å identifisere mistenkjelege område som krev inspeksjon:
a) teikningar over lasterom og ballasttankar
b) oversikt over reparasjonar som er gjennomførte
c) oversikt over laste- og ballastreiser

d) inspeksjonar og tiltak som personellet på skipet har gjennomført med omsyn til
   - strukturell forringing
   - lekkasjar i skott og rørsystem
   - tilstand av belegg eller korrosjonsvern
e) inspeksjonsprogram

Før vi inspiserer, bør vi gå gjennom dei dokumenta som finst om bord.

Gjennomføring av inspeksjonar

Formålet med inspeksjonen må fastsetjast før han blir gjennomført. Vi må gå gjennom historia til skipet eller om mogeleg historia til eit eventuelt systerskip for å finne potensielle problemområde. Vi bør ha laga skisser av typiske konstruksjonselement på førehand, slik at eventuelle defektar og/eller ultralydmåling av tjukna kan noterast raskt og nøyaktig.

Tilstanden av målingbelegg definerer vi slik:
- *God*: tilstand med berre mindre rustflekker
- *Tilfredsstillande*: tilstand med lokal nedbryting av belegget på kantar, avstivarar og sveisesamband og/eller lett rusting av over 20 % eller meir av arealet som blir inspisert, men mindre enn tilstanden som er definert som dårleg
- *Dårleg*: tilstand med generell nedbryting av arealet på 20 % eller meir

Til å måle tjukna gjeld minimumskrav som oppgitt i ESP. I tillegg skal vi måle tjukna på konstruksjonsbjelkar som er omfatta av avgrensa inspeksjon. Vi skal også måle tjukna i mistenkjelege område.

Inspeksjonsområde

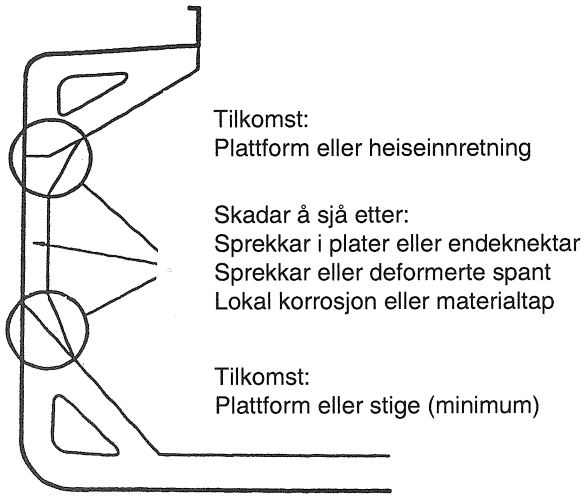
Det er vanleg å dele skipet inn i seks inspeksjonsområde:
1 hudplater, lasteromsspant med endesamband
2 tverrskipsskott og tilhøyrande konstruksjonar
3 dekksstruktur
4 struktur i dobbeltbotn inkludert dei nedste vengtankane
5 overgangsområde i lasterom framme og akter
6 struktur i frampeak og akterpeak

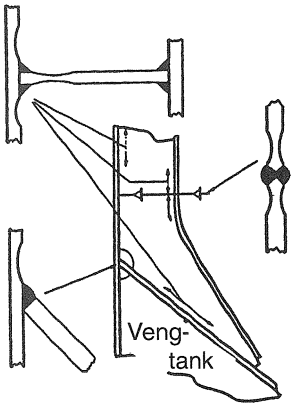
1 Inspeksjon av hudplater, lasteroms-spant med endesamband

Her bør vi spesielt sjå etter
- korrosjon, generell og groptæring (grooving)
- utmatting i form av sprekkar
- deformasjonar, inkludert buing

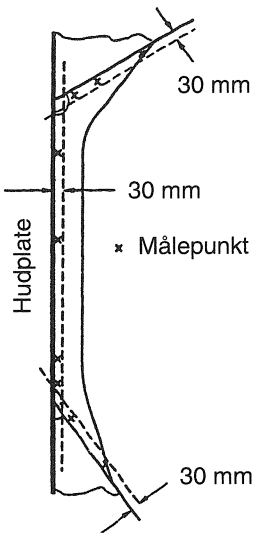
Hudplatene skal hindre at vatn trengjer inn i skroget, og dei er med å gjere skroget sterkare. Dei er utsette for belastningar frå bølgjer og andre dynamiske krefter, og det er nødvendig med ein grundig inspek-

sjon. Det marine miljøet saman med verknader av spesielle laster, til dømes kol som inneheld ureiningar av svovel, kan gi store korrosjonsåtak. Det er vanleg å finne at spant og sambanda deira i romma på bulkskip på særskilde stader er utsette for korrosjon dersom dei ikkje er dekte med målingbelegg. Da kan dei tape styrke, og vi kan få vridingar i spant og samband. Vi kan i somme tilfelle også få sprekkar, og endeplatene i sambanda til vengtankane kan losne. Jamvel om spanta ofte kan sjå ut til å vere i god stand, kan dei vere alvorleg svekte på grunn av korrosjon som har ført til materialsvinn. Vi må måle tjukna på dei for å fastslå tilstanden. Figur 16.13 viser potensielle problemområde der vi bør måle tjukna.



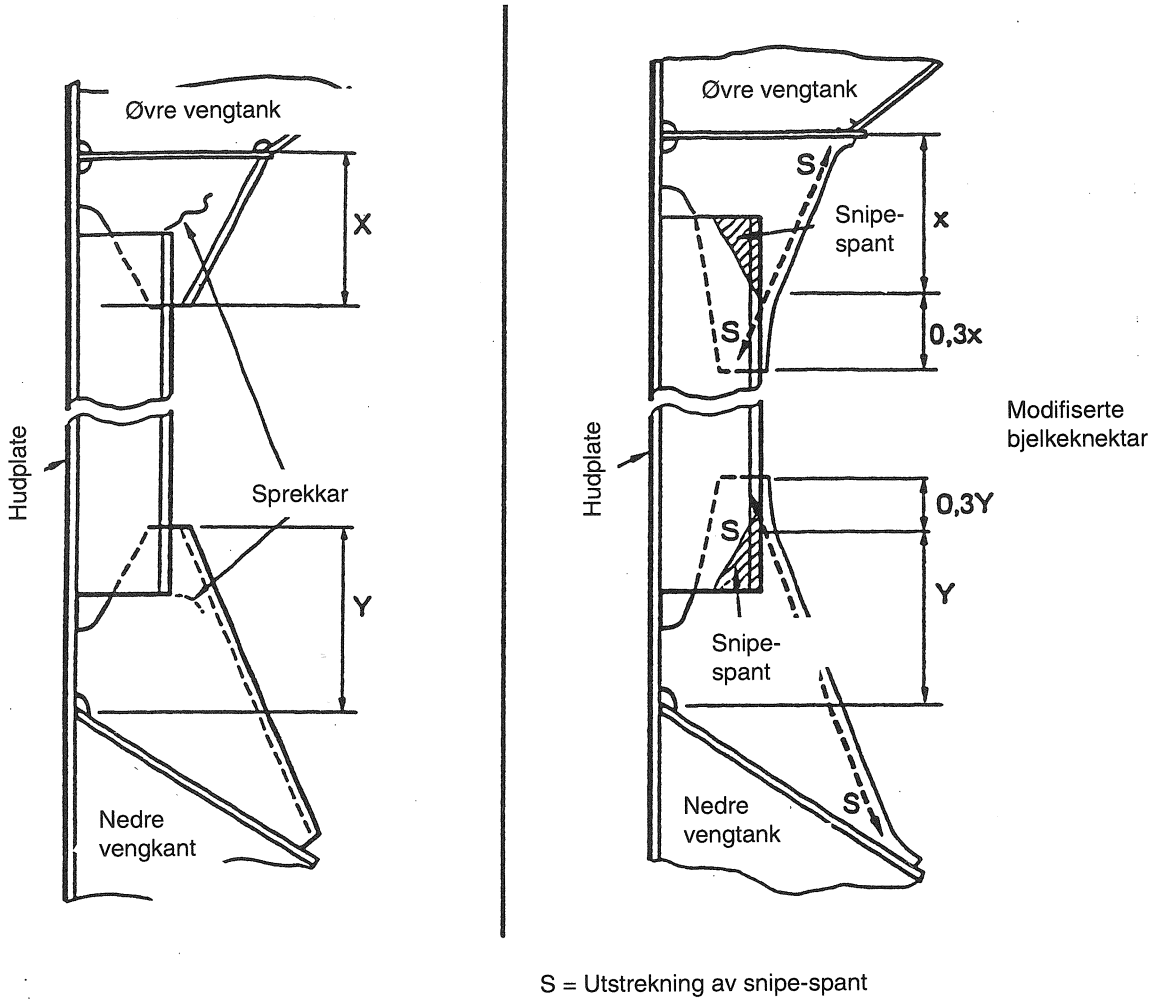


Eksempel på mogleg groptæring (grooving)



Figur 16.13 Problemområde

Dei tre hovudårsakene til skadar, nemleg korrosjon, utmatting som fører til sprekkar og deformasjonar, kan i kombinasjon føre til alvorlege konsekvensar. Sprekkar på grunn av utmatting finn vi ofte i enden av dei øvste og nedste kneplatesambanda. Figur 16.14 viser døme på sprekkar og på korleis vi kan utbetre slike skadar. Deformasjonar finn vi ofte i den nedste delen av rommet. Når vi lastar og lossar, kan konstruksjonane bli skadde av til dømes grabbar og bulldosarar. Slike fysiske skadar kan føre til sprekkar og løyse ut ein dominoeffekt fordi tilgrensande spant får ei ekstra belastning. Det er viktig å utbetre eventuelle deformasjonar. Ofte må heile spantet med kneplatesambanda skiftast ut.

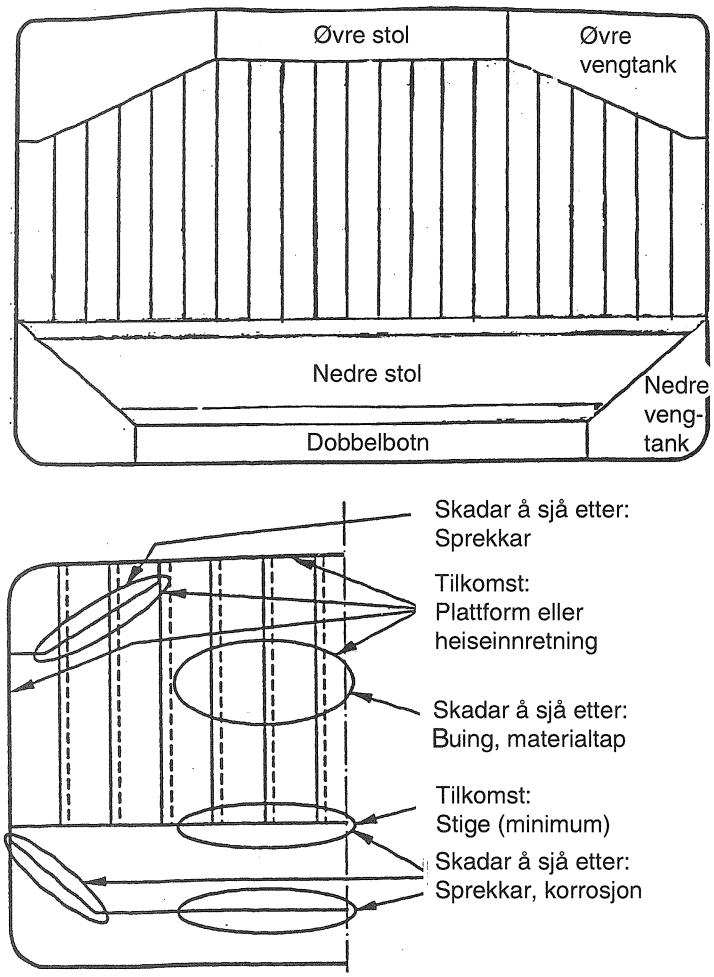


Figur 16.14 Sprekkar og utbetring

2 Tverrskipsskott og tilhøyrande konstruksjonar

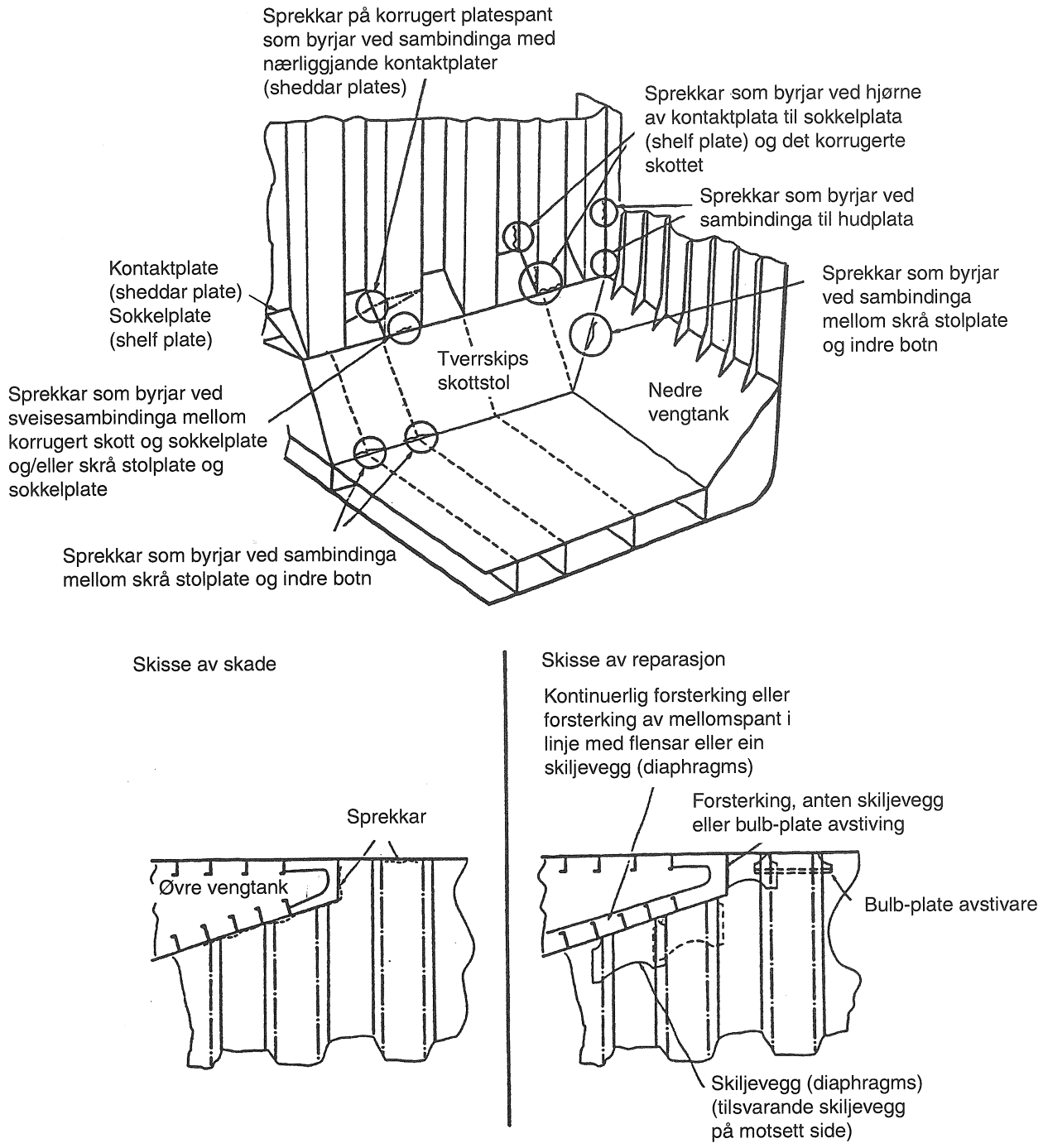
I tverrskipsskott og tilhøyrande konstruksjonar bør vi spesielt sjå etter

- sprekkar i grensene mellom dei korrugerte skotta og den øvste og nedste stolen
- buing av dei korrugerte platene som kan få skottet til å klappe saman dersom vasstrykket blir stort og skottet har ein skade
- urimeleg store materialsvinn på grunn av korrosjon, spesielt i den midtre delen av skottet og i botnen av skotta, som tilsynelatande kan sjå ut til å vere i god stand, men som kan vere sterkt øydelagde av korrosjon med påfølgjande materialsvinn. Årsaka til korrosjonen er lasta og det marine miljøet, spesielt når strukturen ikkje er dekt med eit vernande belegg



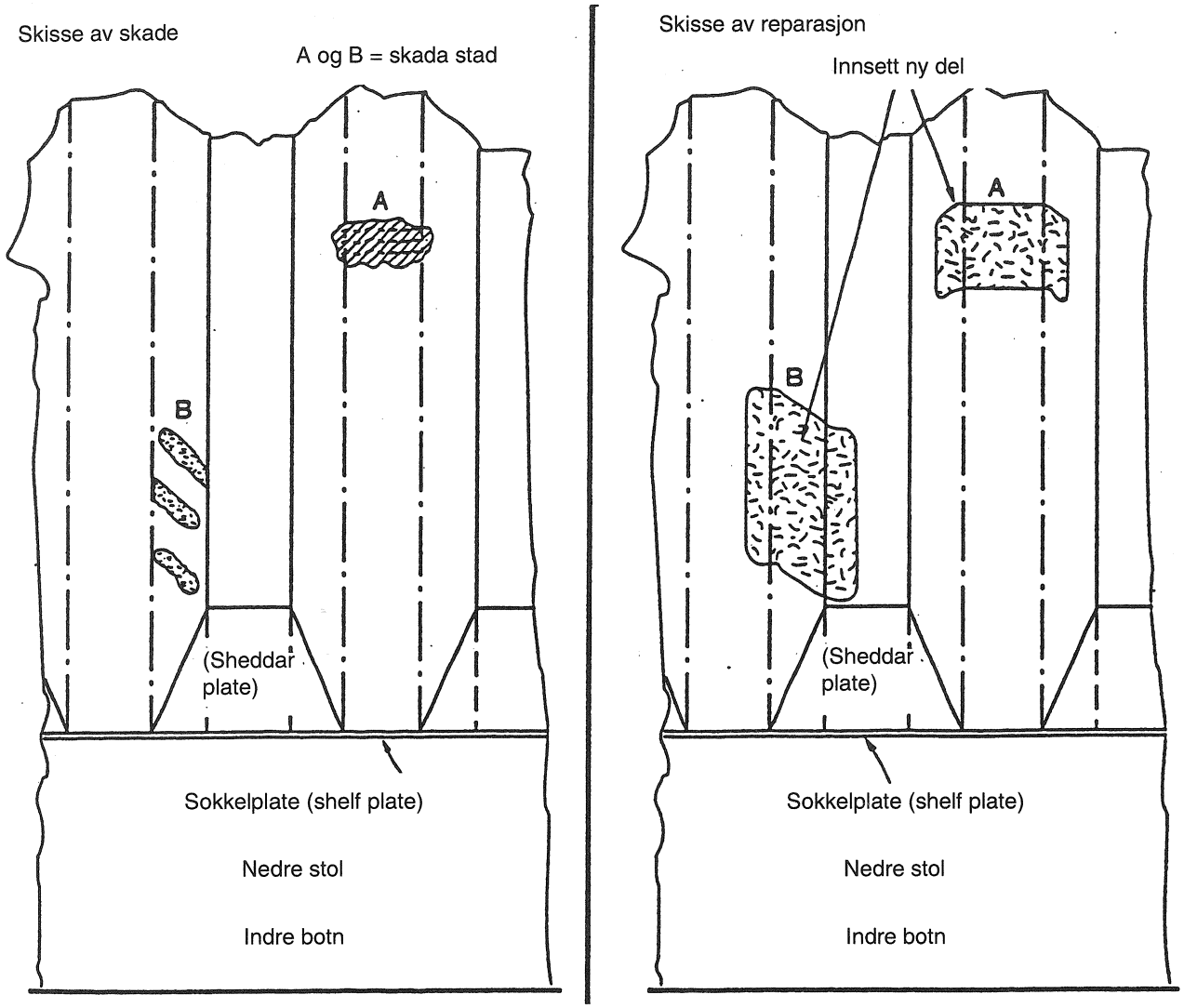
Figur 16.15 Tverrskipsskott med mogelege problemområde

Vi finn ofte sprekkar i grenseområda ved sveisesamband. Figur 16.16 viser typiske stader der vi kan få sprekkar, og korleis dei kan utbetrast. Sprekkane kjem ofte av dårlege sveisesamband. Det kan vere nødvendig å sveise på nytt for å unngå nye sprekkar, eller forbetre konstruksjonen. Klassifikasjonsselskapet må kontaktast.



Figur 16.16 Typiske område der det kjem sprekkar, og korleis dei kan utbetrast

Buing kjem ofte av korrosjon, men inntrykkinga kan også ha mekaniske årsaker, til dømes skadar frå grabb og liknande. Dersom skaden er avgrensa, kan han utbetrast ved å sveise over ei plate (doubler plate) som ei mellombels løysing. Dersom skaden kjem av redusert materialtjukn, må heile eller delar av plata skiftast ut. Svakare styrke på grunn av lita tjukn på plata kan føre til at bøyemoment og skjerkrefter deformerer ho. Svekt styrke kan komme av underdimensjonering, overbelastning på grunn av last eller korrosjon. I slike tilfelle må vi kontakte klassifikasjonsselskapet før vi set i verk reparasjonar. Skottet kan også kuve og bli inntrykt på grunn av kontaktskadar på hudplatene. Figur 16.17 viser område der vi ofte finn buing og inntrykking.



Figur 16.17 Område der vi ofte finn buing og inntrykking

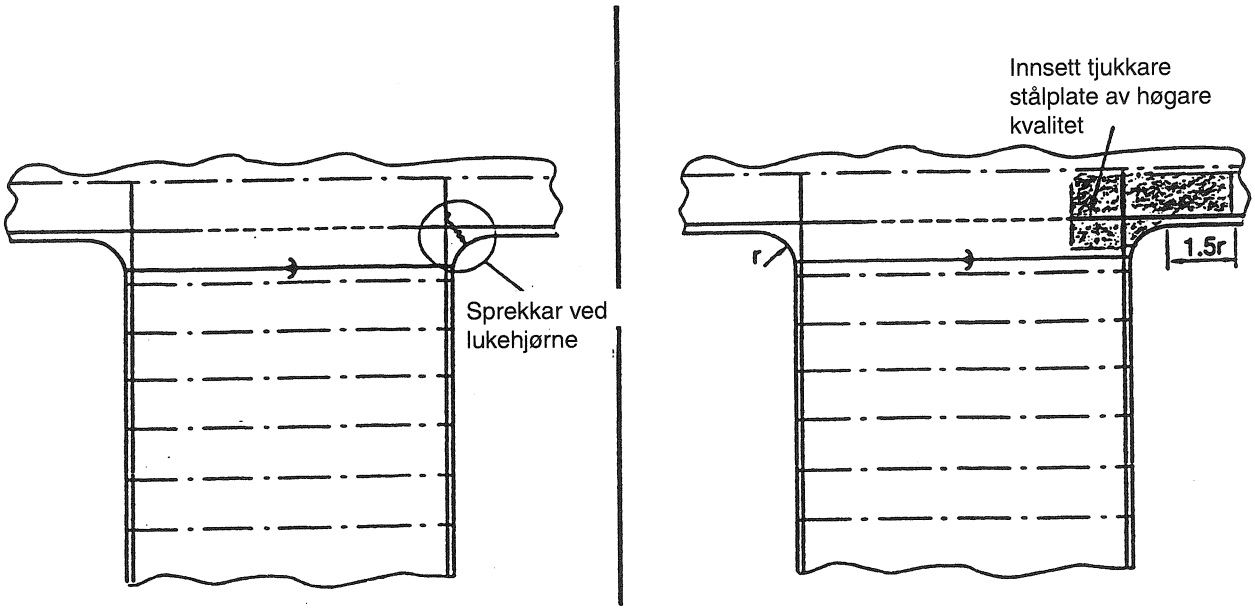
3 Dekksstrukturen

Dekksstrukturen omfattar dekksplater, lukehjørne, lukekarmar, lukedeksel og dei andre vengtankane. Her bør vi spesielt sjå etter

- sprekkar og groptæring (groovekorrosjon) i overgangen mellom dei tjukkare dekksplatene utanfor lukekarmane og dei kryssande dekksplatene
- pittingkorrosjon av dekksplatene. Det ligg ofte att restar frå last som saman med vatn kan føre til stor tæring
- korrosjon og materialsvinn av stivarar og struktur under dekk
- sprekkar i sambanda mellom tverrskipsskottet og dekksstrukturen
- sprekkar og bulkar av tverrskips bjelkar under lukekarmen
- kuva struktur tverrskips på dekk, spesielt ved avstivarar langskips mellom lukene

Tverrskipsbjelkane under lukekarmane er svært viktige for styrken. Dei er utsette for stor belastning og for tverrskipsbelastningar. Området rundt lukekarmane er utsett for periodiske spenningar på grunn av den kombinerte effekten av skrogbøying, tverrskipsbelastningar og torsjonskrefter. I tillegg er strukturen utsett for det marine miljøet, fukt frå

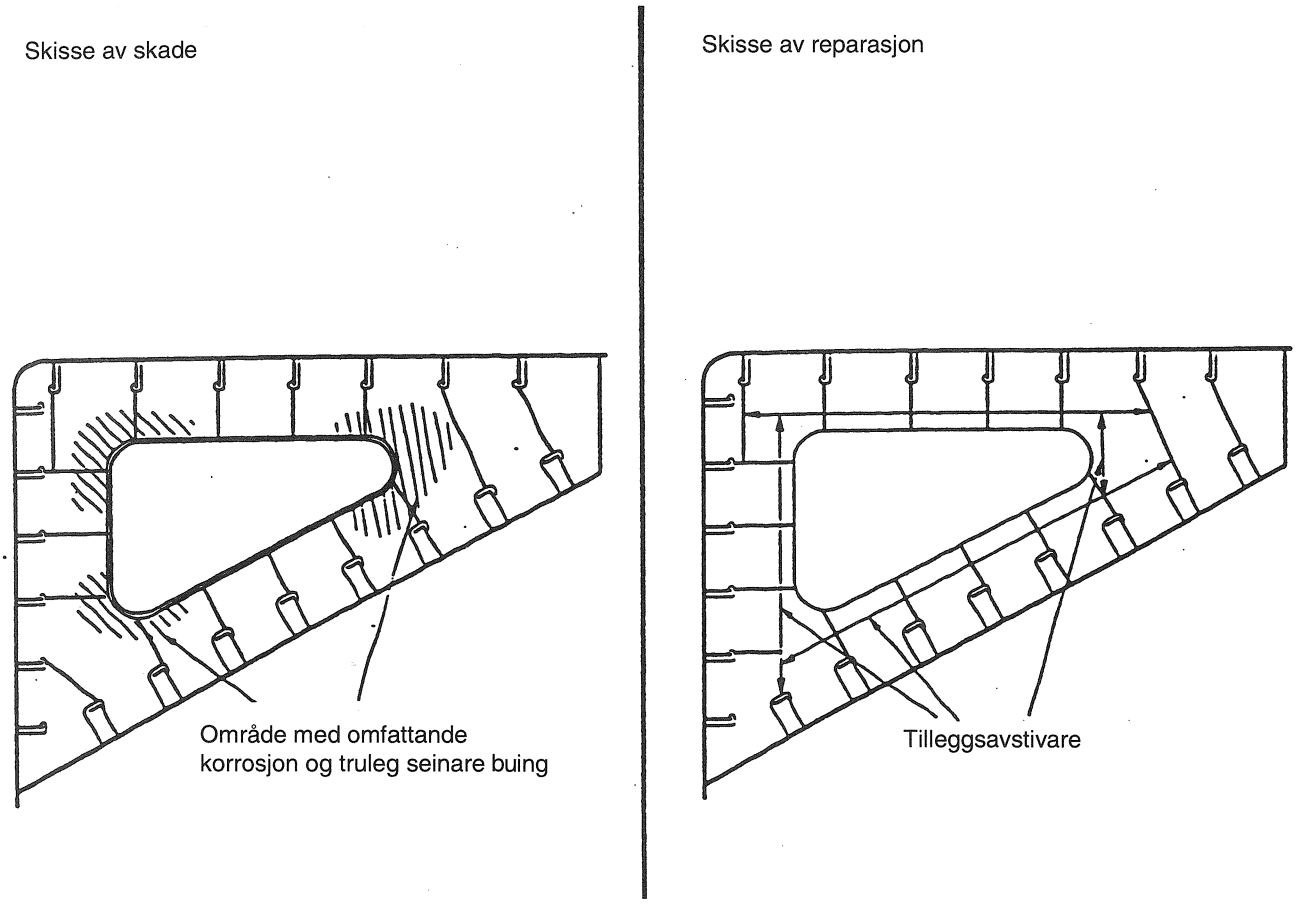
lasta og høg temperatur på dekksplatene på grunn av soloppvarminga. Det kan gi alvorlege korrosjonsskadar på plater og bjelkar. Det er svært viktig å inspisere områda rundt lukene grundig, og vi må forvisse oss om at det ikkje er sprekkar som kan utvide seg i dekksstrukturen. Spesielt må vi sjå etter lukehjørna. Her har vi diskontinuitetar, og sprekkar og skadar må utbetrast så snart som råd. Dårleg vedlikehald av lukedeksla kan føre til at dei ikkje er vasstette, og lukene kan ta skade av overbelastning frå dekkslasta og ved overtrykk eller undertrykk i romma frå ballast i dårleg vêr. Figur 16.18 viser sprekkskadar ved lukehjørne og korleis dei kan utbetrast.



Figur 16.18 Sprekkar ved lukehjørne og korleis dei kan utbetrast

Dei øvste vengtankane er utsette for korrosjon og materialsvinn i den indre strukturen. Det er eit stort problem på bulkskip, spesielt på eldre skip der belegget er borte. Belegget på desse stadene er ein indikasjon på om strukturen er tilfredsstillande. Vi bør måle tjukna på strukturane og samanlikne med den opphavlege tjukna. Tverrskips platespant kan vere kuva, og i slike tilfelle kan det vere nødvendig å fornye eller stive av platespantet ekstra. Eit anna problem er overtrykk når vi fyller og til sjøs «sloshing». Her kan vi få store skadar i dårleg vêr.

Figur 16.19 viser skadar og utbetring av platespant i den øvste vengtanken.



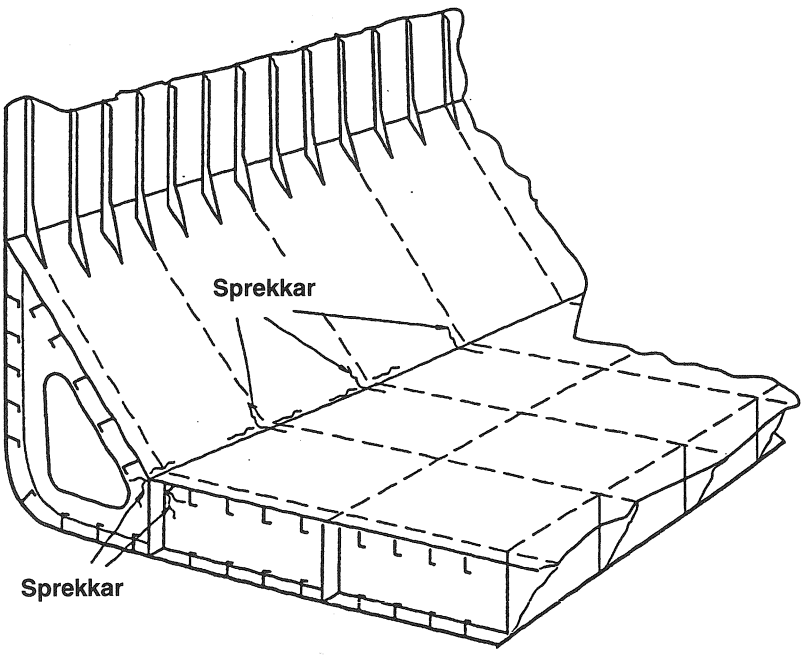
Figur 16.19 Skadar og utbetring i den øvste vengtanken

4 Strukturen i dobbeltbotnen og dei nedste vengtankane

Når vi skal inspisere strukturen i dobbeltbotnen og i dei nedste vengtankane, bør vi spesielt sjå etter

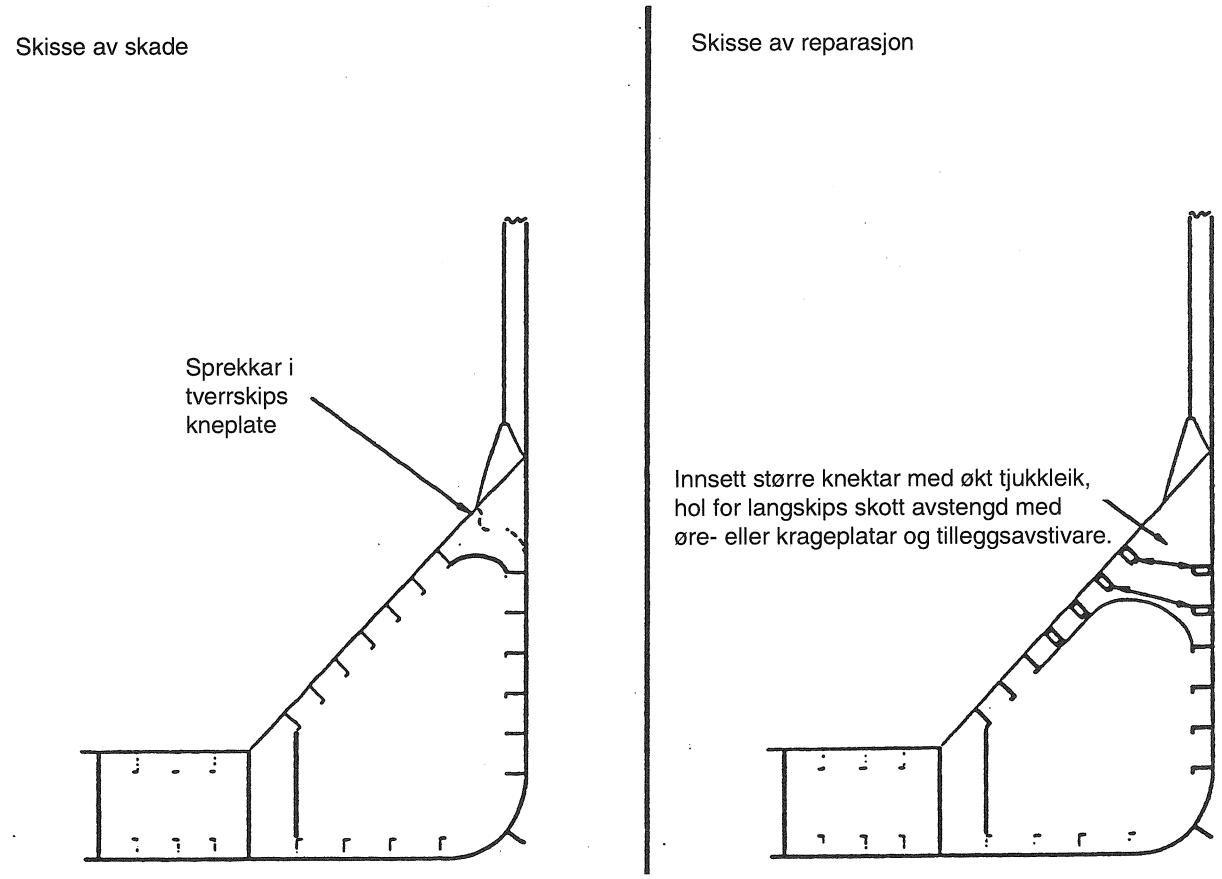
- sprekkar i overgangen mellom dobbeltbotnen og vengtankane
- sprekkar i dobbelbotnen ved nedre tverrskips stol
- korrosjon i ballasttankane, spesielt i dei tankane som grensar til oppvarma bunkerstankar
- tæring av platene under avløpsventilen

Sprekkar i dobbelbotnstrukturen og korrosjon i den indre strukturen av ballasttankane kan vere eit stort problem på mange bulkskip, spesielt på eldre skip. Vanlegvis oppdagar vi sprekkar i ein avgrensa inspeksjon eller når ballasttankane blir trykktesta. Men trykktesten oppdagar berre sprekkar som er fullt utvikla. Dersom det er mykje korrosjon i tankane, bør vi måle tjukna på representative stader og vere spesielt merksame på tankar som grensar til oppvarma bunkerstankar. Når vi inspiserer, er det nødvendig å ha fri tilgang til alle rom, dobbelbotntankar og dei nedste vengtankane (hopper tanks). Figur 16.20 viser område som er spesielt utsette for sprekkar.



Figur 16.20 Område i dobbelbotnen som er utsette for sprekkar

Det er vanleg med sprekkar i overgangen mellom dobbelbotnen og skråplatene i vengtanken. Dei kjem ofte av spenningsvariasjonar i samband med lasting. Sprekkane kan matte ut og svekkje materialet. Innvendig i tanken kan det komme sprekkar i nærleiken av sveisefuger. Figur 16.21 viser kvar det kan komme sprekkar, og korleis vi kan utbetre dei.



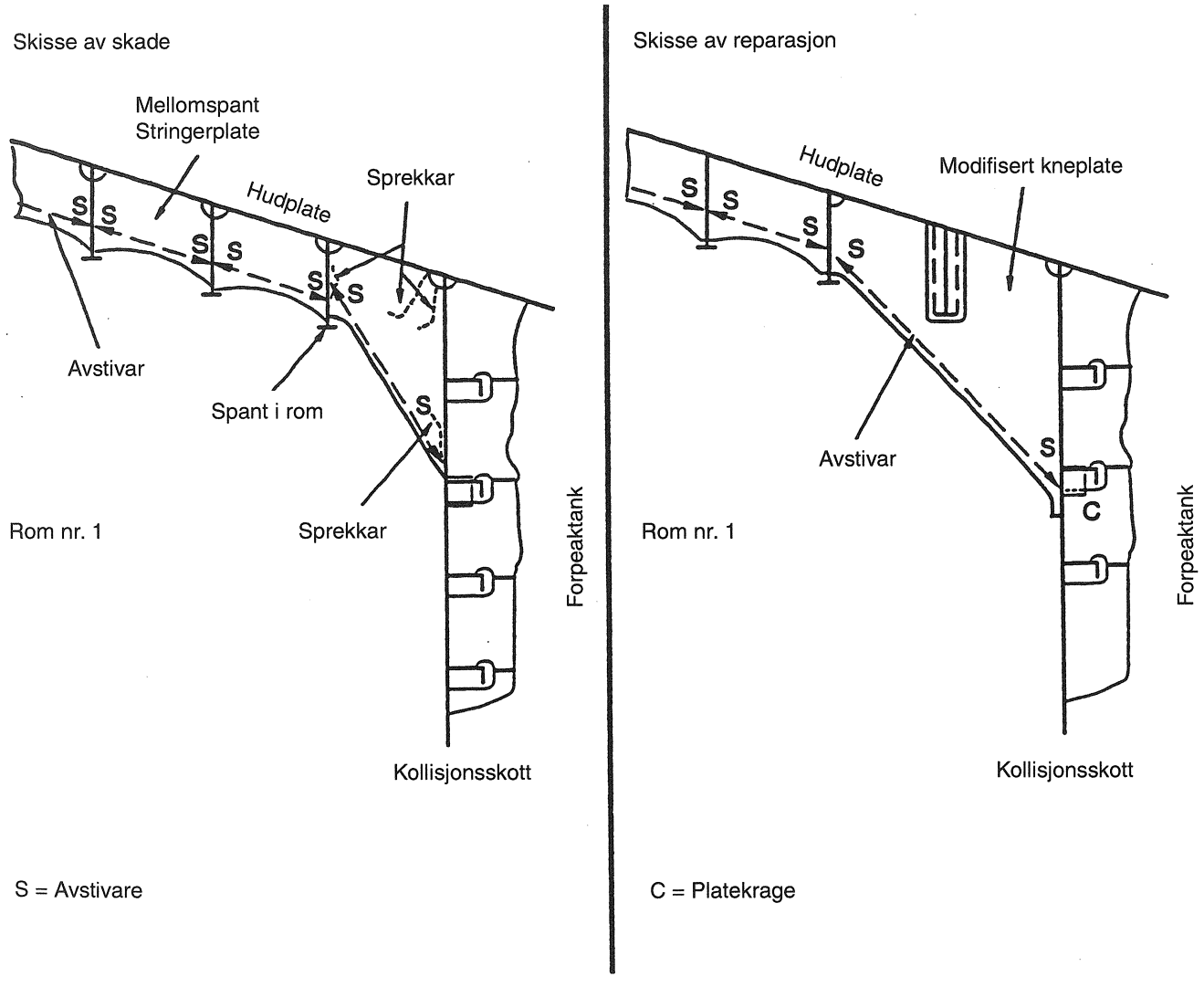
Figur 16.21 Sprekkar og utbetring i vengtank

5 Overgangsområde i lasterom framme og akter

Når vi inspiserer overgangsområda i lasterom framme og akter, bør vi spesielt sjå etter sprekkar

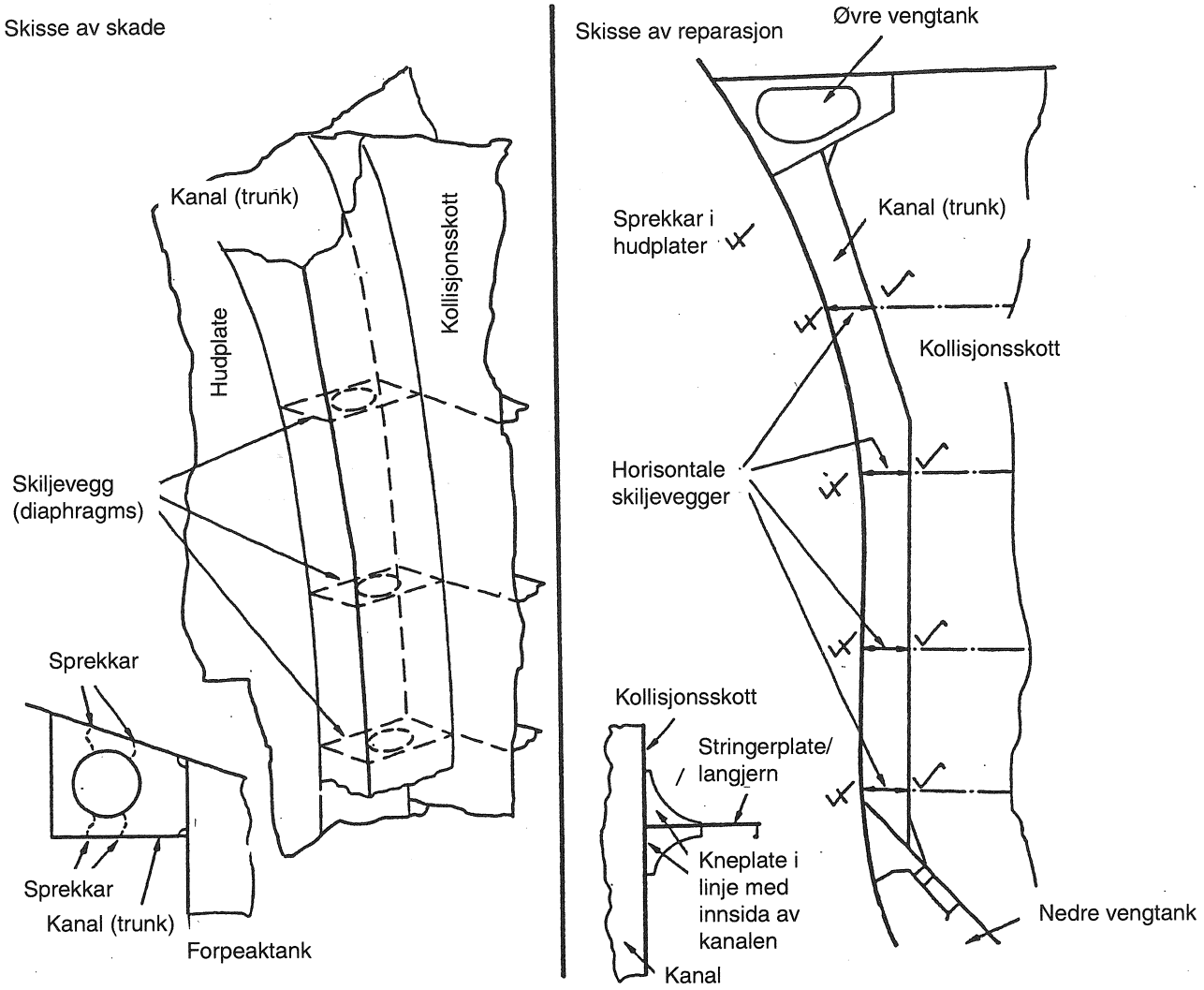
- ved slutten av dei øvste og nedste vengtankane i det fremste rommet
- ved slutten av dei øvste og nedste vengtankane i det aktre rommet
- ved kneplater mot kollisjonskottet
- i forlenginga av kneplater ved skottet til maskinrommet

Overgangsområda kan vere utsette for store skjerkrefter på grunn av ulike lastetilstandar. Hudplatene i desse områda kan også vere utsette for *panting*. Også mangel på kontinuitet i langskipsstrukturen kan føre til skade. Sprekkane kan ta til i den indre strukturen i enden av vengtankane ved tverrskipsskottet. Kneplatene ved kollisjonskottet som er i linje med *stringerplatene* framanfor kollisjonskottet, er utsette for sprekkar som kan forplante seg til hudplatene, slik at vatn kan trengje inn. Korrosjon, dårleg utført arbeid og belastningar i samband med lasting og lossing er medverkande årsaker til skadar i desse områda. Figur 16.22 viser sprekkar ved kneplatene mot kollisjonskottet, og korleis skaden kan utbetrast.



Figur 16.22 Sprekkar ved kneplatene mot kollisjonskottet

Sambandskanalen mellom dei øvste og nedste vengtankane i rom 1 mot kollisjonskottet er eit utsett område for sprekkar. Vi finn skadane både i hudplatene og i sambanda til kollisjonskottet. Figur 16.23 viser kvar slike sprekkar kjem, og korleis vi kan utbetre dei.



Figur 16.23 Sprekkar i hudplater og i sambindinga til kollisjonskotta

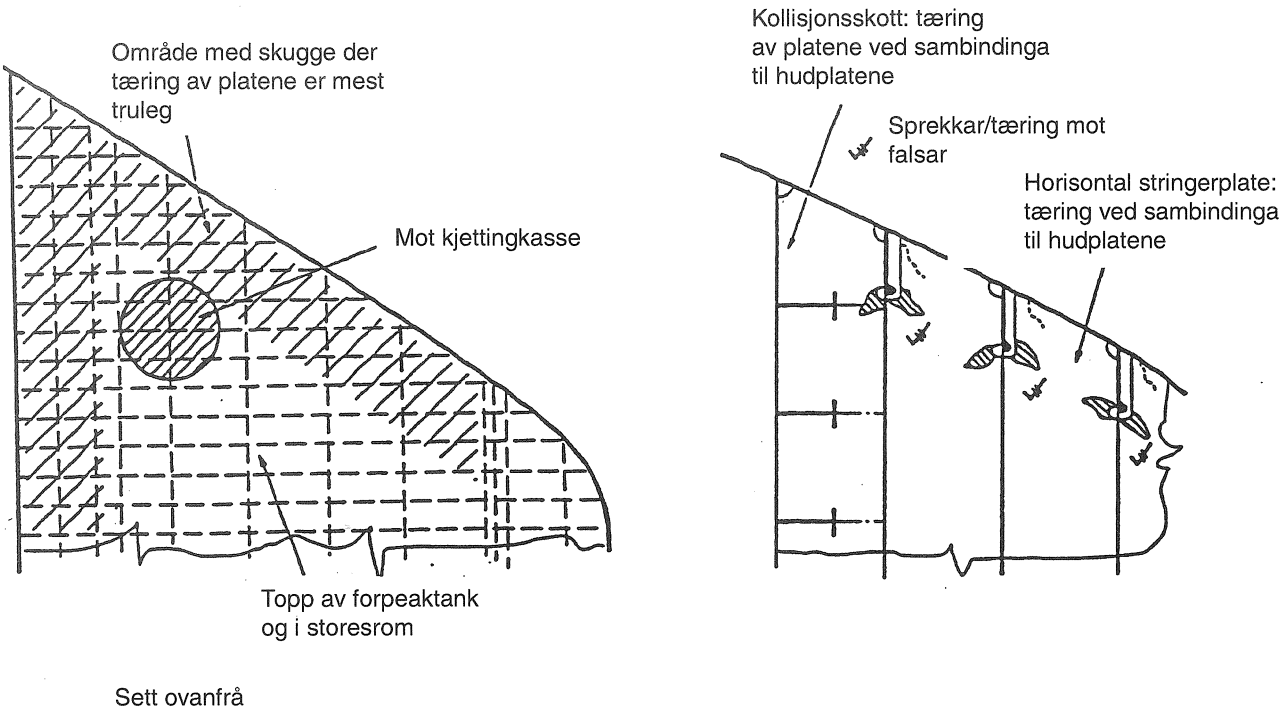
6 Struktur i frampeak og akterpeak

Når vi inspiserer strukturen i frampeaken og akterpeaken, bør vi spesielt sjå etter

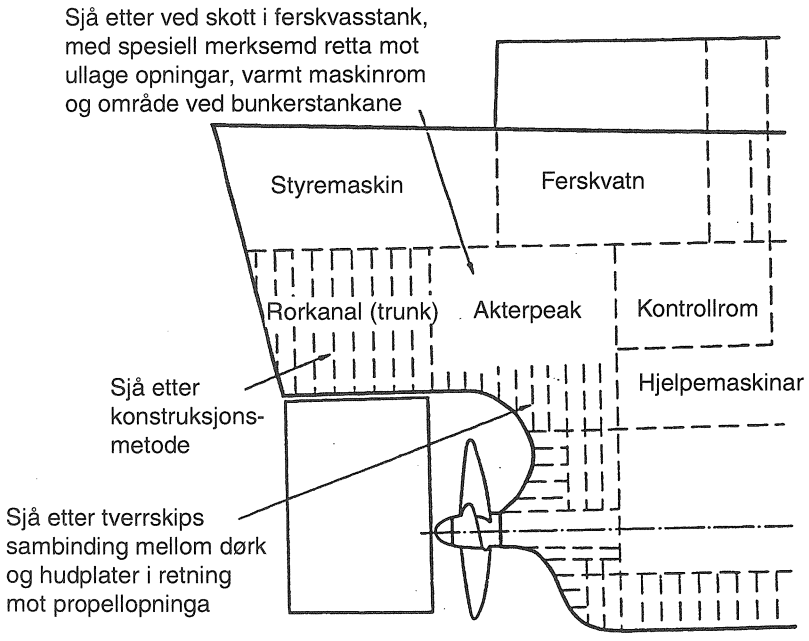
- korrosjon og sprekkar i frampeaken og akterpeaken
- deformasjonar som kjem av kontaktskade
- vibrasjonsskadar ved propellen

Korrosjon og materialsvinn kan vere eit alvorleg problem i den indre strukturen i frampeaken og akterpeaken, spesielt på eldre bulkskip. I tankar som ikkje har belegg, eller der ein ikkje har halde belegget ved like, kan korrosjonsåtaka føre til sprekkar i strukturen og i områda nær tankane. Vi bør måle materialtjukna for eit representativt område og vere spesielt merksame på grenseområda til bunkerstankane og område nær maskinrommet og tomromområde. Kontaktskade kan føre til stor

deformasjon og sprekkar i den indre strukturen. Alt etter kvar skaden er lokalisert, kan det føre til lekkasje i kollisjonskottet. Figur 16.24 viser utsette område i frampeaken.



Figur 16.24 Utsette område i frampeaken



Figur 16.25 Utsette område i akterpeaken

Kommentarar til ballastproblem

Analysar som IACS har gjort etter førespurnad frå IMO, viser at dersom vi skifter ballast medan skipet er undervegs, kan skipet komme over dei operasjonelle grensene med omsyn til stabilitet, skjerkrefter,

bøyemoment og lokale belastningar. IACS meiner at det må arbeidast ut prosedyrar for korleis ein skal skifte ballast til sjøs. IMO-konvensjonen har vore oppteken av ureining (MARPOL), sikring av menneskeliv til sjøs (SOLAS) og lastelinjekonvensjonen. Det blir no utarbeidd nye obligatoriske IMO-reglar som også omfattar skifting av ballast medan skipet er til sjøs. Mange nasjonar har alt innført reglar for ballastoperasjonar med tanke på skadelege marine organismar i hamner og kystområde. Andre forhold som kan vere avgjerande for å sikre skipet, har ikkje vore vurderte. Ein har rekna det slik at skipsføraren og mannskapet har vore fullt kompetente til å skifte ballast undervegs idet dei har teke omsyn til dei operasjonelle avgrensingane som ligg føre. Ein har også gått ut frå at ballastsystem og tilhøyrande utstyr har vore fullt operasjonelt. IMO har gitt retningslinjer for korleis farlege marine organismar skal kontrollerast og behandlast, men resultatet av analysen til IACS viser at det er nødvendig med retningslinjer for å skifte ballast når skip er undervegs av heilt andre årsaker enn skadelege organismar. Viktige forhold er redusert GM som følgje av fri væskeoverflate, redusert GM på grunn av ballast i dei øvste vengtankane, torsjonsspenningar på grunn av usymmetrisk deballasting eller ballasting, sloshingskadar på grunn av resonansrørsler, slamming på grunn av for lite djuptgåande framme, tap av sikt frå brua på grunn av stor akterleg trim og overbelastning på skroget på grunn av for store vekter ved ballastfylling. Det er også fleire forhold som må vurderast. Det er nødvendig å arbeide ut planar på førehand for korleis ein skal skifte ballast til sjøs, og det må dokumenterast, slik at skiftinga ikkje går over dei grensene som er gitt for skipet. For bulkskip må det kontrollerast at vekta av last og vassballast i dobbelbotnen og dei nedste vengtankane ikkje kjem over dei tillatne grensene for sjøtilstand. Sidan det krev spesielle planar for skipet når det skal skifte ballast til sjøs, bør det arbeidast ut standardiserte formular så snart som råd for lettare å få gjennomført nye reglar.

Arbeidsoppgåver

1 Nemn nokre årsaker til at spesielt rom 1 på bulkskip er utsett for skade.
2 Korleis kan vatn som har trengt inn i rom 1, få store konsekvensar?
3 Nemn nokre årsaker til at skroget på bulkskip blir svekt.
4 Gi døme på uheldig lastefordeling når vi skal laste bulklast med stor tettleik.
5 Kva meiner vi med
   a) homogen lastefordeling?
   b) vekselvis fordeling?
   c) blokklasting?
6 Alle bulkskip skal ha ein lastemanual om bord. Gi ei oversikt over kva ein slik manual bør innehalde.
7 Kva for opplysningar bør skipet få frå terminalen i god tid før framkomst?
8 God og sikker kommunikasjon mellom skipet og terminalen er nødvendig med sikte på tryggleiken. Kva for faktorar må vi spesielt vere merksame på når vi vurderer prosedyrar for kommunikasjon?
9 Kva for krav blir stilte til skipet og terminalen med omsyn til å planleggje lasting og endre lasteplan?
10 Kva er spesielt med Enhanced Survey Programme (ESP)? Kva er formålet med slike inspeksjonar?
11 Nemn nokre forhold som fører til strukturell skade og slitasje.
12 Sprekkar, buing og inntrykking er tre typiske skadar for bulkskip. Kvar er det mest vanleg å finne slik skade?

13 Gi ei oversikt over forhold ved tryggleiken som vi bør vere merksame på i samband med inspeksjonar.
14 Kva bør skipet ha om bord av dokumentasjon som skal vere tilgjengeleg for inspektøren?
15 Gi ei oversikt over inspeksjonsområde som det er vanleg å dele skipet inn i.
16 Gi døme på kvar vi ofte finn buing og inntrykking.
17 Nemn årsaker til at dekket er utsett for skadar ved lukene.
18 Kvifor er det nødvendig med retningslinjer for å skifte ballast medan skipet er undervegs?

17 Skipet MT Millennium

MT Millenium er et nytt skip som ble tatt i bruk i den maritime tekniske fagskolen ved eksamen vår 2000. Det er et moderne tankskip med dobbelskrog. Dypgående til sommermerket er 22,33 m og med deplasement 348 030 tonn. Skipet er bygd i Japan. I opplysninger for tankene finner en at alle avstander er gitt i forhold til nullkryss. Det vil være en fordel ved trimberegninger at en regner om alle avstander i forhold til aktre perpendikulær. *Plansjen for MT Millennium er ikke tatt med i denne boka. Studentene vil kunne få tak i plansjen ved de maritime skolene.*

Omregning av avstander fra aktre perpendikulær

For tanker forenfor nullkryss er avstanden angitt negativ.

Regner en fra aktre perpendikulær finner en:
Lcg = 158,50 m + avlest positiv verdi

Tilsvarende finner en for tanker aktenfor nullkryss:
Lcg = 158,50 – avlest verdi

I de hydrostatiske tabellene er alle avstander for LCB og LCF gitt i forhold til nullkryss, og de er negative (forenfor nullkryss) for alle oppførte verdier.

Vi får følgende regler:
LCB = (158,50 + avlest positiv verdi i tabell) m
LCF = avlest positiv verdi

Korreksjoner for ullage

I forbindelse med korreksjoner for ullage skal en være oppmerksom på at trim betegnes slik: $t = T_A - T_F$.

Det betyr at negativ trim er det samme som forlig trim og positiv trim det samme som akterlig trim. Korreksjonene som er vist på sidene 224, 225 og 226 er eksempler på bruk av tabellene for MT Millennium. Korreksjonene brukes med sitt fortegn på avlest ullage. For mellomlig-

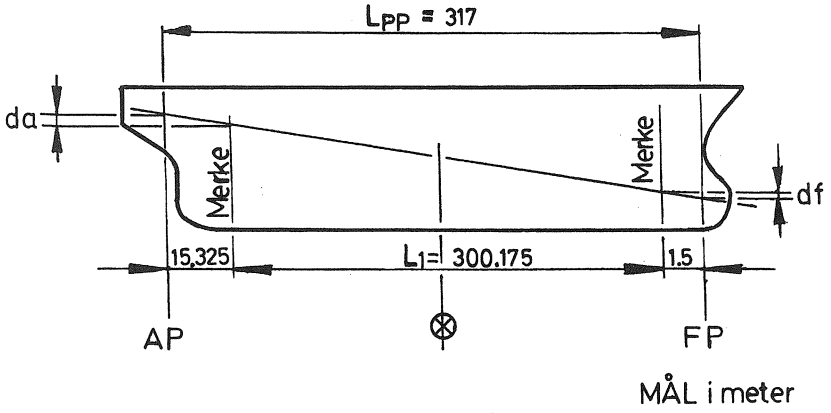
gende verdier må en interpolere. Trim er i forhold til perpendikulærene. Dersom en kjenner tilsynelatende trim (t_s), finner en trimmen (t) ved formelen:

$$t = \frac{t_s \cdot 317}{300}$$

Når korrigert ullage er kjent brukes korreksjonene med motsatt fortegn.

Korreksjoner når fotmerkene ikke er ved perpendikulærene

På sidene 118 og 119 er det vist hvordan korreksjonene er beregnet. For skipet MT Millennium, se figur 17.1, er korreksjonene beregnet ut fra tilsynelatende trim (t_s).



Figur 17.1

Setter vi korreksjonene som skal anvendes forut = df og akter = da, får vi følgende formler:

$$df = \frac{t_s \cdot 1{,}5}{300{,}175} \quad \text{og da} = \frac{-t_s \cdot 15{,}325}{300{,}175}$$

t_s regnes med fortegn på vanlig måte (forlig trim +, akterlig trim –).

Disse to formlene er brukt for å sette opp tabell over korreksjonene. I tabell angitt som Δf og Δa. De brukes med sitt fortegn på avlest dypgående. Fortegnene som er brukt i tabellen er gitt ut fra at trimmen er akterlig. Dersom trimmen er forlig, må fortegnene skiftes.

Dersom tabellen skal brukes fra dypgående ved perpendikulærene til avlest på merkene, må fortegnene skiftes om. En bør da regne om trimmen til tilsynelatende etter formelen:

$$t_s = \frac{t \cdot 300}{317}$$

eller en kan benytte formlene:

$$df = \frac{-t \cdot 1{,}5}{317} \quad \text{og da} \quad = \frac{t \cdot 15{,}3}{317}, \; t \text{ regnes med fortegn.}$$

Noen eksempler viser bruk av tabellene for MT Millennium.

Eksempel 17.1 Tanklasting

MT Millennium

Skipet har følgende last inne:

Sylinderolje:	221 t Cyl.o.T (F&A)(S)
Proviant osv.:	10 t
Konstant uendret:	485 t
Bunker Oil:	
H.O.:	3284 t Deep F.O.T.(P)
H.O.:	3810 t " " (S)
H.O.:	435 t F.O.Remain T (S)
H.O.:	152 t F.O.Sett/Serv.T
D.O.:	390 t D.O.T.(P)(Fore)
D.O.:	323 t " (P)(Aft)
D.O.:	22 t D.O.Serv.T.(P)
Fresh Water:	307 t Boiler W.T.(P)
Fresh Water:	307 t Fresh W.T. (S)
Ballast Water:	9610 t Fore Peak
Cargo:	
Crude oil:	18651 t No.3 C.O.T.(C)
" "	18651 t No.4 C.O.T. (C)
" "	30910 t No.1 C.O.T.(P&S)
" "	34546 t No.2 C.O.T.(P&S)
" "	34546 t No.4 C.O.T.(P&S)
" "	28746 t No.5 C.O.T.(P&S)
" "	3781 t Sloop tank (P)
" "	3781 t Sloop tank (S)

a) Beregn dypgående forut, midtskip og akter samt KG etter lasting når en antar at tankene er slakke (Worst Condition).
b) Beregn ullage etter lasting når tettheten ved 26° er 0,836 kg/l.

Merk: Jamfør første del av kondisjon nr 3 i vedlegg for MT Millennium.

a) Løsning

Sted	Vekt (t)	Lcg (m)	ML (tm)	Kg (m)	MT(tm)	Max $I(m^4) \cdot \rho$
Konstant	485	49,17	23847	14,19	6882	
Cyl.O.t.(F&A(S)	221	20,43	4515	29,19	6451	87
Provision	10	34,75	348	33,70	337	
Heavy Oil:						
Deep F.O.T.(P)	3284	43,18	141803	21,91	71952	2127
" " (S)	3810	40,07	152667	23,71	90335	2532
F.O.Remain (S)	435	45,67	19866	11,13	4842	644
F.O.Sett/ServT	152	43,66	6636	23,34	3548	19
Diesel Oil:						
D.O.T. (P)(Fore)	390	31,11	12133	23,94	9337	151
D.O.T. (P)(Aft)	323	27,42	8857	24,46	7901	99
D.O.Serv.T(P)	22	44,46	978	22,02	484	6
Fresh Water:						
Boiler W.T.(P)	307	12,45	3822	27,57	8464	193
Fresh W.T.(S)	307	12,45	3822	27,57	8464	193
Ballast Water:						
For Peak Tank	9610	309,89	2978043	13,73	131945	
No.1 W.B.T.(P&S)		278,22		11,16		
No.2 " "		231,29		10,26		
No.3 " "		183,30		10,26		
No.4 " "		135,54		10,39		
No.5 " "		83,64		11,59		
After Peak Tank		6,66		19,51		
Cargo:						
No.1 C.O.T.(C)		277,85		17,81		
No.2 " "		231,30		17,80		
No.3 " "	18651	183,30	3418728	17,80	331988	17254
No.4 " "	18651	135,30	2523480	17,80	331988	17254
No.5 " "		80,43		18,15		
No.1 C.O.T.(P&S)	30910	277,63	8581543	17,74	548343	26182
No.2 " "	34546	231,30	7990490	17,59	607664	29588
No.3 " "		183,30		17,59		
No.4 " "	34546	135,30	4674074	17,59	607664	29588
No.5 " "	28746	90,85	2611574	18,14	521452	25889
Slop Tank (P+S)	7562	61,58	465668	20,30	153509	5216
Slop Tank (S)		61,58		20,30		
Other Tanks:						
Deadweight:	192968					
Light ship	41079	151,25	6213199	16,10	661372	
Displacement:	**234047**		**Sum ML: 39836101**		**Sum MT: 4114915**	**Sum I: 157022**
Oppdr.moment: $-\Delta \cdot$	LCB = -					
	$-234047 \cdot$	175,49	– 41072908			
Trimmoment:			– 1236807			

T_R = 15,49 m
LCB = 158,5 + 16,99 = 175,49 m (158,5 + avlest verdi)
LCF = 9,56 m (alltid +)

MTC = 3349,59 tm/cm

$$\text{t.korr} = \frac{t \cdot LCF}{L} = \frac{-3,69 \cdot 9,56}{317} = -0,11 \text{ m}$$

$$t = \frac{\text{TM}}{\text{MTC}} = \frac{-1236807}{3349,59} = -369.24 \text{ cm}$$

T_R	= 15,49 m		
t.korr	= +0,11 m		
T_{00}	= 15,60 m		
t/2	= ±1,85 m		
T_F	= 13,75 m	T_A	= 17,45 m
df	= +0,02 m	da	= –0,18 m
T_{MF}	= 13,77 m	T_{MA}	= 17,27 m

$$df = \frac{-t \cdot 1,5}{317} = \frac{-(-3,69) \cdot 1,5}{317} = 0,02 \text{ m}$$

$$da = \frac{t \cdot 15,3}{317} = \frac{(-3,69) \cdot 15,3}{317} = -0,18 \text{ m}$$

df og da kan også tas fra tabell. En skal da huske på at trimmen som en skal bruke som argument er trim mellom markene, dvs tilsynelatende trim t_s, og korreksjonene skal brukes med motsatt fortegn.

$$t_s = \frac{t \cdot 300}{317}$$

KG	$= \frac{\text{Sum MT}}{\Delta}$	$= \frac{4114915}{234047}$	= 17,58 m
GG_2	$= \frac{\text{Sum I}}{\Delta}$	$= \frac{157022}{234047}$	= 0,67 m
KG_2			= 18,25 m

Anmerkning: Manuell beregning av KG er lite aktuelt for tankskip, men er tatt med her med henvisning til kondisjon nr 3.

b) Beregning av Ullage:

$$\text{Volum} = \frac{\text{Vekt}}{f_i \cdot SG_L}$$

ρ_{26} = 0,8360 kg/l

ρ_{15} = 0,8438 kg/l
−0,0011
SG_L = 0,8427 kg/l

f_i = 0,9905

En tabell vil lette oversikten. En går inn i ullagetabellen med volum som argument og leser av korrigert ullage. Husk at korreksjonene skal brukes med *motsatt fortegn*. Trim er trim i forhold til perpendikulærene (t), i dette tilfellet 3,69 m.

Tank nr	Vekt(t)	f_i	SG_L	V_i (m^3)	Ullage Korrigert	Korreksjon	Ullage avlest
CT3	18651	0,9905	0,8427	22344,7	3,19 m	–0,25m	2,94 m
CT4	" – - "	"	"	" – - "	3,19 m	–0,25m	2,94 m
WT1	30910/2	"	"	18515,8	2,87 m	–0,23m	2,64 m
WT2	34546/2	"	"	20693,8	2,91 m	–0,24m	2,67 m
WT4	" – - "	"	"	"- - "	2,91 m	–0,24m	2,67 m
WT5	28746/2	"	"	17219,5	3,06 m	–0,19m	2,87 m
Slop	7562/2	"	"	4529,8	2,67 m	+0,07m	2,74 m

Eksempel 17.2
MT Millennium ligger ferdig lastet . Dypgående leses av til:
forut 18,00 m, midtskips 19,30 m, akter 20,50 m

Tetthet ved innlastingstemperatur 24°C var 0,855 kg/l. Skipet ligger med 2° krengning til styrbord.

Ullage og temperatur blir avlest som følger:

Tank nr	Målt ullage (m)	Målt temperatur °C
Sentertank 1	3,12	24
" 2	1,43	24
" 3	1,52	25
" 4	1,42	25
" 5	1,44	25
vingtanker 2P	1,35	23
"2 S	1,19	23
"3 P	1,25	23
"3 S	1,10	23
"4 P	1,26	23
"4 S	1,11	23
"5 P	1,22	23
"5 S	1,07	23

a) Beregn total vekt av last.
b) Beregn hvor mange barrels skipet har lastet.

Løsning:
Merknad: Trim (t) er i forhold til perpendikulærene. Trimmen kan finnes ved å korrigere avlest dypgående eller ved å bruke formelen:

$t = t_s \cdot 317/300$

t_s = tilsynelatende trim

$t = t_s \cdot 317/300 = -2{,}5 \cdot 317/300 = -2{,}64$ m

ρ_{24} = 0,8550 kg/l, Tab 53A ⇒ ρ_{15} = 0,8613 kg/l Tab54A ⇒ f_{24} = 0,9925

− 0,0011 f_{23} = 0,9934

f_{25} = 0,9917

SG_L = 0,8602 kg/l

Nr	Ull. obs m	Trim corr m	Heel corr m	Ull. corr m	GOV m^3	T °C	VCF	GSV m^3	SG_L t/m^3	Weight Air Tonn
1C	3,12	0,175	–0,015	3,28	20607,3	24	0,9925	20452,7	0,8602	17593,4
2C	1,43	0,179	–0,015	1,59	23670,2	24	"	23492,7	"	20208,4
3C	1,52	0,179	–0,015	1,68	23595,7	25	0,9917	23399,9	"	20128,6
4C	1,42	0,179	–0,015	1,58	23678,5	25	"	23481,9	"	20199,1
5C	1,44	0,115	–0,015	1,54	30947,2	25	"	30690,3	"	26399,8
1P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2P	1,35	0,171	–0,09	1,43	21853,8	23	0,9934	21709,5	"	18674,5
2S	1,19	0,171	+0,09	1,45	21838,1	23	"	21694,0	"	18661,2
3P	1,25	0,171	–0,09	1,33	21932,2	23	"	21787,4	"	18741,5
3S	1,10	0,171	+0,09	1,36	21908,6	23	"	21764,0	"	18721,4
4P	1,26	0,171	–0,09	1,34	21924,3	23	"	21779,6	"	18734,8
4S	1,11	0,171	+0,09	1,37	21900,8	23	"	21756,3	"	18714,8
5P	1,22	0,133	+0,121	1,47	18312,9	23	"	18192,0	"	15648,8
5S	1,07	0,133	–0,121	1,08	18567,9	23	"	18445,4	"	15866,7
SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					290737,5		Tot:	288645,7	Tot:	248293,0

Omgjøringsfaktorer: (ved samme temperatur brukes 6,2898), her må en finne faktor fra tabell.

Volum i m^3 ved 15 °C til Bbls ved 60 °F	
Tetthet av oljen	Multipliser med
654,0 – 697,0	6,2950
698,0 – 778,0	6,294
779,0 – 901,0	6,293

Tabell 58 kan også brukes.

Barrels v/15 °C = 288645,7 · 6,293 = 1816447,4 Bbls

Tabell 58: Barrels v/15°= 248293,0 · 7,3153 = 181637,8 Bbls
(Barrels v/innlasting: 290738 · 6,2898 = 1828683,9 Bbls)

Arbeidsoppgaver

1 MT Millennium ankommer lossehavn hvor dypgående ble avlest til: forut 4,87 m, midtskips 6,75 m, akter 8,52 m.
Beregn deplassement og Lcg.

2 MT Millennium ankommer lektringsposisjon (tropesone) hvor dypgående ble avlest til: forut 21,46 m, midtskips 22,72 m, akter 23,89 m.
Skipet skal losse slik at ankomst lossehavn blir T_R = 19,00 m med 1,50 m akterlig trim. En losser 15 000 t fra hver av sentertankene 2, 3 og 4. Resten losses fra sentertank 1 og 5 slik at en oppnår riktig dypgående og trim.

3 MT Millennium skal losse i en havn hvor restriksjon på dypgående er 16,50 m. En ønsker å ankomme lossehavn med 1 m akterlig trim.
I lektringsposisjon ble dypgående avlest til: forut 19,45 m, midtskips 22,00 m, akter 24,50 m.
Det skal losses 15 000 tonn fra hver av sentertankene 2, 3, 4 og 5. Sentertank 1 og vingtanken 5 skal brukes til å trimme skipet.

4 MT Millennium ligger ferdiglastet i brakkvann med tetthet 1,008. Dypgående ble avlest til: forut 19,50 m, midtskips 21,10 m, akter 22,50 m.
a) Beregn deplassement og Lcg.
b) Ullage i CT 1 ble avlest til 1,02 m, i sloptank P til 5,50 m og i sloptank S til 6,00 m.
Vann i sloptank P ble avlest til 1,50 m og i Sloptank S til 0,90 m (bruk her korreksjon for største ullage).
Beregn vekt i disse tankene når $\rho_{15°}$ = 0,8170 kg/l og temperaturen da ullage ble målt var 26 °C.

5 MT Millennium har et langskipsmoment = – 2 205 188 tm (om nullkryss) og Δ = 132 603 t.
Beregn dypgående forut, midtskips og akter.

6 MT Millennium har et ML = –1 674 119 tm og Δ = 139 162 t
Beregn dypgående forut, midtskip og akter.

7 M/T Millennium skal laste 285 000 t råolje i Bahrein. Skipet regner med å avgå den 22.09.90. Reisen til lossehavn antas å være på 6700 n.mil. Oljens tetthet ved 23 °C var 0,846 kg/l. En ønsker en sikkerhetsmargin på 2 % i alle tanker (inkludert sloptankene) unntatt i vingtank 1 (P&S) og i vingtank 5 (P&S), hvor restlast plasseres slik at skipet får en akterlig trim på 1 m. Skipets fart er 15,4 knop.
Beholdning ved ankomst var:

H.O.:	200 t på Deep F.O.T. (P)
	200 t på " " (S)
	435 t på F.O.Remain T
	152 t på F.O.Sett/serv.T
D.O.:	60 t på D.O.T.(P) Aft
	22 t på D.O.Serv.T
Cyl.oil:	155 t på Cyl.O.T. (F&A) (S)
Provision:	10 t
Constant:	uendret
Fresh Water:	31 t på Boiler W.T.(P)
	31 t på Fresh W.T.(S)

Ferskvann til forbruk produseres i evaporator.
Før avgang skal dieseloljetankene fylles og Boiler W.T og Fresh W.T. skal fylles. I bunkersoljetankene (H.O.) som er nevn ovenfor skal en ta inn bunkers for reisen + 25 % (103 t/dag).
a) Hvordan blir fordeling av last, og hva blir dypgående ved avgang?

b) Hvilken ullage vil du lese av etter lasting i vingtank 1 (P&S) og i vingtank 5 (P&S)?
c) Hva blir avlest dypgående ved ankomst lossehavn når en bruker jevnt fra Deep FOT P&S. Vannforbruket er 22 t pr døgn (jevnt fra begge ferskvannstankene). Forbruk av dieselolje settes lik 250 t fra DOT F&A.

8 M/T Millennium ligger i Persiske Gulf den 20.oktober og skal laste for Europa. Sjøvannets tetthet er 1,025. Distansen til lossehavn er 11 300 n.mil. Distansen til S 20° er 3600 n.mil og distansen til Cape Torinana er 10 600 n.mil. Skipet har lenset ut ballast og tatt inn bunkers stores og ferskvann. Skipets servicefart er 15,6 knop. Bunkersforbruk er 103 t per døgn. Vann produseres i evaporator. Dypgående før lasting ble avlest til: forut 3,02 m, midtskips 5,90 m, akter 8,32 m.

a) Hvor meget last kan skipet maksimalt laste?
b) Skipet skal i alt laste 250 000 t råolje som plasseres i alle lastetankene slik at sentertankene og vingtankene 2, 3 og 4 samt sloptankene lastes til 98 % full. Vingtankene 1 og 5 brukes til å trimme skipet til 2 m akterlig trim. Tettheten av oljen ved innlastingstemperatur 25 °C er 0,8705 kg/l.
c) Hvilken ullage vil du lese av i sentertank 1, vingtank 1 og vingtank 5 etter lasting?
d) Hvor mye kan temperaturen stige i lasten?
e) Skipet skal losse i en havn hvor tettheten er 1,010 og med en begrensning på dypgående 17,00 m (even). En del av lasten må lektres. Beregn forventet dypgående ved ankomst lektringsposisjon (11 300 n.mil) når det forbrukes fuel oil jevnt fra Deep F.O.T. P&S.
f) Skipet ankommer lektringsposisjon hvor dypgående ble avlest til: forut 20,50 m, midtskips 21,00 m, akter 21,45 m.
Det lektres 10000 t fra hver av sentertankene 2, 3, 4 og 5 og vingtankene 2 og 4. Vingtankene 1 og 5 brukes til å oppnå riktig trim.
Hvilken trim har skipet etter lektring i sjøvann?
Beregn ullage i sentertank 2 og vingtank 1 etter lektring når skipet kommer i havn (even) og oljen er oppvarmet til 48 °C.

Eksamensoppgaver etter ny ordning – Generelle opplysninger

Etter den nye eksamensordningen som første gang ble innført ved eksamen våren 2000, består eksamen av to deler:

- Forberedelsesdel som går over 3 dager
- Eksamensdel (5 timer)

I forberedelsesdelen blir det gitt opplysninger som en kan få bruk for i eksamensoppgaven. Forberedelsesdelen er felles for faget navigasjon og lasteteknikk.

Forberedelsesdel og eksamensoppgavene ved eksamen i mai 2000 og desember 2000 er tatt med her. Her vil jeg utelate navigasjonsdelen, slik at dersom det er nødvendig å kjenne distansen som en antar at reisen tar, vil denne bli oppgitt.

Det er svært viktig at studentene arbeider grundig med forberedelsesdelen både for faget navigasjon og for faget lasteberegning og behandling av last. Rutevalg og distanser vil en få bruk for i begge fagene. Studentene kan ta med opptil 10 sider notater til de to eksamenene, navigasjon og lasteberegning og behandling av last.

Eksamen er laget slik at løsrevne faktakunnskaper vektlegges lite. Det er viktig at studenten i sin besvarelse tar med faglige valg og vurderinger. Det er den «helhetlige» kompetansen som skal vektlegges når karakteren settes.

For eksamen mai 2000 vil jeg i løsningsforslaget bruke distanse = 4060 n. mil

For eksamen desember 2000 vil distansen være uten betydning.

Ved de avholdte eksamener er det gitt to oppdrag, Del A og Del B. Del A omfatter oljelasting med MT Millennium og Del B stykkgodslasting med MS Mercadian Importer.

Forberedelse eksamen mai 2000

OPPDRAG DEL A (MT "Millennium")

LASTEORDRE

Skipet MT "Millennium" er underveis til Valdez i Alaska for ordre. Skipets ballastkondisjon tilsvarer **"light ballast cond. no. 16".** Det mottas følgende lasteordre per telefaks:

1400 HRS 03 DEC 1990

MASTER MILLENNIUM
FOLLOWING ARE CHARTERERS VOYAGE ORDERS FOR VOYAGE 056 THE THIRD VOYAGE ON CONSECUTIVE CHARTER WITH TONEN TANKER, PLEASE BE GUIDED ACCORDINGLY
QUOTE:

PART 1: BUNKERS INSTRUCTION:

PLEASE PLAN ON BUNKERING IN VALDEZ BASIS ROUND TRIP VALDEZ/JAPAN/VALDEZ. PLEASE MINIMIZE CARGO SHUT OUT DUE TO BUNKERS.

PART 2: LOADING INSTRUCTION

LOAD PORT/CARGO DETAILS:
LOAD PORT: VALDEZ, DENSITY 1.025 / ALASKA CRUDE OIL, SP. GRAVITY 0,8300 AT 25 DEG C.
ENSURE ALL CARGO TANKS, PUMPS AND PIPELINES THOROUGHLY STRIPPED AND DRAINED OUT.

PART 3: DISCH. PORT:

1ST DISCH. PORT: KAWASAKI, TONEN OHGISHIMA BERTH, DENSITY 1.025, MAX DRAFT 20,00 M DISCH. APPRX CONDITION LONG VOYAGE CONDITION 67% (NO.3) DELAY DUE TO COW OPERATION ACCEPTED BY TONEN OIL TERMINAL. DISCH. TO COMMENCE DEC 17TH PM OR DEC 18TH AM.

2ND DISCH PORT SHIMIZU TONEN OIL TERMINAL, DENSITY 1.012
AGENTS DISCH. PORTS:
HAYASHI KAIUN CO. LTD,
C/O TONEN CORP.

PART 4: SPECIAL PROVISIONS:

REMEASURE:
THE VESSEL SHALL ARRIVE TONEN OHGISHIMA BERTH WITH 20,00 M DRAFT.

PART 5: NOTICE AND REPORT:

1. OFFICE CONTACT:
   TONEN TANKER N.N.
   TELEX: JAPAN 2222488 TONEN J.
   FAX: 81-3-5778-5175

2. ETA/ETD NOTICE:
   ETD LOAD PORT, ETA KAWASAKI 17TH PM OR18TH AM
   ETA 1ST DISCH. PORT N 7/4/3/2 DAYS N 24 HRS PRIOR TO ARVL
   ETD 1ST DISCH. PORT

3. STOWAGE:
   A) VSL ACTUAL TANKWISE CGO NAME/QTTY AFT LOADING
   B) CARGO TEMP
   C) DRAFT (F/A/M) AT WATER DENSITY AT DEPARTURE LOADING PORT AND ON ARVL/DEP 1ST DISCH. PORT.

PART 6: CONFIRMATION AND ADVISE:

- STOWAGE PLAN (LOAD CONDITION)
- DRAFT EXPECTED DEP./ARVL. (FORE/AFT/MEAN)
- SLOP QTTY N LOCATION IF ANY
- BUNKERS, STORES, WATER ETC. ON DEP./ARVL

BEST RGDS
MEIWA/OPS
ENDQUOTE

Andre opplysninger i forbindelse med oppdraget:

Skipet vil være losseklart ca. 5 timer etter ankomst første lossehavn.

Skipet vil være sjøklart ca. 3 timer etter avsluttet lossing i Tonen Ohgishima.

Lossetid økes med ca. 1 time ut over lossekapasitet på grunn av oppkjøring og stripping.

Forbruk totalt bunkers, stores: 68 tonn pr. døgn. Regner med gjennomsnittlig LCG på totalforbruket 126 m aktenfor nullkryss (32,5 m fra APP).

Vannproduksjon beregnes lik vannforbruk.

Opplysninger knyttet spesielt til navigasjon:

Avgang Valdez beregnes til den 5. desember kl. 0800 z+10.

Det vises til vedlagte langtidsprognoser med tilhørende værkart og satellittbilde.

Det beregnes at det tar 16 timer med 10 knops fart før skipet er i åpent farvann i posisjon N 59° 02' W 144° 24'.

Fra ankomstposisjonen utenfor Tokyobukta (N 34° 45' E 140° 00') og inn til terminalen Tonen Ohgishima i Kawasaki er det ca. 8 timers seilas med 10 knops fart.

OPPDRAG DEL B (MS "Mercandian Importer")

I det samme tidsrommet som tankskipet "Millennium" laster i Alaska, er skipet MS "Mercandian Importer" på reise til Brisbane i Australia for å laste stykkgods (bomullsballer og stålkonstruksjoner).

Ved ankomst har skipet 220 tonn stores, vann, olje osv. med et vertikalt moment inklusiv frioverflatevirkning på 1134 tonnmeter.

Lastefordeling inklusiv siste hiv:

- I underrommene lastes 1065 tonn bomullsballer og stålkonstruksjoner med et felles tyngdepunkt på 2,76 meter over kjøl.
- På mellomdekk 1 lastes det fullt med bomullsballer som stuer 4,0 m^3/tonn.
- På mellomdekk 2 lastes det 257,5 tonn stålkonstruksjoner som har et felles tyngdepunkt på 4,75 meter over kjøl.

Før siste hiv (en stålkonstruksjon på 20 tonn) blir tatt om bord med eget gir, har skipet et deplasement på 2790 tonn. Angrepspunkt for vekten av hivet er 24 meter over kjøl og 4,5 meter utenfor skutesiden. Dybden ved kaien var målt til 5,20 meter, før det siste hivet blir tatt om bord. Sjøvannets tetthet i lastehavna er 1,025 t/m^3.

Problemstillinger/tema for begge oppdragene (A og B):

Med utgangspunkt i oppdragene som er gitt og ressursheftet for skipet MT "Millennium" skal du vurdere og drøfte følgende problemstillinger/tema:

- Hvordan vil du planlegge seilasen fra los til los ut fra kjent informasjon?
- Hvordan vil du laste skipet "Millennium" ut fra lasteordre og andre kjente forhold på reisen?
- Hvordan vil du planlegge lastingen av skipet "Mercandian Importer"?

Eksamen mai 2000

OPPGAVE 1

Skipet "Millennium" ligger i Valdez, Alaska, og laster olje som har "spesific gravity" på 0,8300 kg/l ved 25 °C, som også er innlastingstemperatur.

Skipet laster for to havner i Tokyobukta i Japan. Det er sjøvann med tetthet 1,025 i Valdez og i første lossehavn. I andre lossehavn er det brakkvann med tetthet 1,012.

LASTE- OG LOSSEPLANEN ER:

LASTEHAVN: Valdez, Alaska:	Laste full last for ankomst 1. lossehavn i Japan med 20,0 m "even keel". Fulle tanker må ikke overstige 98 % fylling.
1. LOSSEHAVN: Kawasaki, Tonen Ohgishima, Japan	Losse 60 % av lasten for å ankomme 2. lossehavn med ønsket trim 2,0 m akterlig i brakkvann. (Det er ikke nødvendig å ta hensyn til forbruk mellom disse to havnene.)
2. LOSSEHAVN: Shimizu, Tonen Oil Terminal, Japan	Losse resterende last.
En regner med å holde lastetemperaturen 25 °C på hele reisen. "Heating" blir derfor nødvendig.	

Skipet er nær ferdig lastet, og situasjonen er som følger:

Ballast: All ballast er ute. Sloptankene P&S er tomme.

C.O.T. sidetanker: 2, 3, 4 og 5 P&S er ferdig lastet med 2 % "ullage". Disse ferdiglastede tankene utgjør et langskipsmoment beregnet fra APP på 22851126,0 tonnmeter, eller et forlig moment beregnet fra nullkryss på 661459,0 tonnmeter.

På C.O.T. 1 P&S er det til nå lastet 16344,0 tonn.

C.O.T. sentertanker: Sentertankene 2, 3 og 4 er ferdig lastet med 2 % "ullage". Disse tankene utgjør et langskipsmoment beregnet fra APP på 10845788,0 tonnmeter, eller et forlig moment beregnet fra nullkryss på 1467406,0 tonnmeter.

På C.O.T. 1 er det til nå lastet 8000,0 tonn.
På C.O.T. 5 er det til nå lastet 12876,0 tonn.

Bunkers, stores, vann osv.:	Skipet har inne bunkers, stores, vann osv., totalt 5000,0 tonn. En regner med at gjennomsnittlig LCG for bunkers, stores, vann osv., og forbruk, ligger 126,0 m aktenfor nullkryss (32,5 m fra APP). Forbruk stipuleres til 68 tonn totalt forbruk pr. døgn.

I forbindelse med mottakingen av lasteordren ble skipet anmodet om å rapportere følgende:

- "Stowage plan"/"Ullage plan" (loading condition)
- "Draft" (fore/aft/mean) expected departure/arrival loading and disch. Ports

- Utarbeid rapportene. (Bruk gjerne vedlegg 1, 2, 3 og 4.)

OPPGAVE 2

Samtidig med at tankskipet "Millennium" laster olje i Alaska, ligger skipet "Mercandian Importer" og laster i Brisbane, Australia. Skipet har lastet ferdig i underrom og mellomdekk til et deplasement på 2810 tonn og et vertikalt moment inklusive frioverflatevirkning i tanker på 12486 tonnmeter.

Lastingen fortsetter på dekk, hvor det lastes bomullsballer på en oppbygd plattform på luke 2. Dekksarealet er oppbygd til over lukehøyde, og plattformen er forsterket til å tåle et trykk på 1,5 tonn pr. m^2 over hele arealet. Plattformens (arealets) høyde over kjøl er 8,9 meter.

Videre gjenstår det å laste et stålrør på luke 1.

Bomullsballene stuer 4,0 m^3/tonn. Det skal lastes 250 tonn på plattformen på luke 2, og arealet anslås til 20 meter i lengdeutstrekning og 12,5 meter i bredden.

Stålrøret som skal lastes på luke 1, er 2,3 meter i diameter og 18 meter langt. Vekten av stålrøret er 18 tonn. Røret lastes med eget gir, og tyngdens angrepspunkt ligger 10,0 meter over dekk og 3,0 meter fra skutesiden.

Etter å ha loddet langs kaien finner man ut at det er jevnt over 6,0 meters dybde med enkelte dypere partier.

- Foreta de nødvendige beregninger og vurder situasjonen.

TF6140-V00 VEDLEGG 1

Ark nr.	TF6140 31.05.00	Skolens navn/namn	Klasse	Eksaminand nr.

LOADING CONDITION

Arrival/Departure port: _____
Density Freshwater/Seawater: _____
Trim: _____
Draft: F: M: A: _____
Total cargo: _____

WB	**1P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**1C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**1S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**2P** Ullage:_____ M/Tons_____	**2C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**2S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**3P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**3C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**3S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**4P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**4C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**4S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**5P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**5C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**5S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
	Slop Ullage:_____ M/Tons:_____		**Slop** Ullage:_____ M/Tons:_____	

Ullage = Measured ullage

TF6140-V00 VEDLEGG 2

Ark nr.	TF6140 31.05.00	Skolens navn/namn	Klasse	Eksaminand nr.

LOADING CONDITION

Arrival/Departure port: _____
Density Freshwater/Seawater: _____
Trim: _____
Draft: F: M: A: _____
Total cargo: _____

WB	**1P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**1C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**1S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**2P** Ullage:_____ M/Tons_____	**2C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**2S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**3P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**3C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**3S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**4P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**4C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**4S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**5P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**5C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**5S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
	Slop Ullage:_____ M/Tons:_____		**Slop** Ullage:_____ M/Tons:_____	

Ullage = Measured ullage

Forberedelse eksamen desember 2000

OPPDRAG DEL A (MT "MILLENNIUM")

I oktober måned ligger skipet MT "Millennium" ved Bima Marine Terminal ved øya Jawa i Indonesia.

Skipet er lasteklart. Situasjonen er tilsvarende "Heavy ballast condition" (condition no. 19).

Man regner med at skipet vil være ferdig lastet og avgå den 2. oktober 1990, klokken 0700 lokal tid.

Lastingen skal skje i henhold til den tidligere mottatte lasteordren som du kan lese nedenfor:

MASTER MILLENNIUM

QUOTE

FOLLOWING ORDERS FOR NEXT VOYAGE:

LOADING PORT:	SEABERTH OFF BIMA MARINE TERMINAL, JAWA, INDONESIA, APPRX POSN SEABERTH S 5° 46' E 107° 04' SINGLE BUOY MOORING OFFSHORE. DRAFT RESTRICTION MAX 33,5 M
CARGO:	FULL CARGO INDONESIAN HEAVY CRUDE OIL, SG 26,5°C = 0,8995 KG/L BASED ON SUMMER ZONE.
DISCH PORTS:	1ST DISCH: TRANSFERRING 125 NM OFF LONG BEACH, CA, USA APPRX POSN N 33° 02' W 120° 34' DISCH DOWN TO MAX 18,0 M DEEPEST DRAFT
	2ND DISCH: LONG BEACH, CA, USA, FOUR CORNERS PIPELINE CO. BERTH 120 OR 121. MAX ARVL DRAFT 18,0 M, DENSITY 1,025
AGENTS DISCH PORTS:	LONGBE LTD, C/O CHEVRON LONG BEACH
NOTICE AND REPORT:	ETD LOAD PORT ETA 1ST DISCH POSN 8/4/3/2 DAYS AND 24 HRS PRIOR TO ARVL ETD 1ST DISCH ETA 2ND DISCH 24/12/6 HRS PRIOR TO ARVL ADVISE PILOT 12/6/2 HRS PRIOR TO ARVL ETD 2ND DISCH PORT
CONFIRMATION AND ADVISE:	ULLAGE/LOAD CONDITION AND DRAFT FORE/MEAN/AFT DEP LOADING PORT, ARVL AND DEP TRANSFERRING POSN AND ARVL FINAL DISCH PORT

COW:	DELAY DUE COW OPERATION ACCEPTED BY FOUR CORNERS PIPELINE COMPANY
BEST REGARDS CHEVRON/ops ENDQUOTE	

ANDRE OPPLYSNINGER I FORBINDELSE MED OPPDRAGET:

ERFARINGSDATA:

Det forventes et temperaturfall på 1 °C i lasten i løpet av sjøreisen.

Alle fulle tanker lastes til maks. 98 %.

Bunkersbeholdningen ved ankomst lastehavn er tilsvarende "Cond. 19".

"Service-speed" / forbruk settes til 14 knop / 66 tonn / 24 h.

Lektringstid på transfer-posisjonen inkludert fortøyning etc. beregnes til å ta ca. 12 timer.

Det forventes at skipet vil være losseklart ca. 5 timer etter ankomst til terminalen i Long Beach.

I siste lossehavn (Long Beach) økes lossetiden med ca. 1 time ut over lossekapasitet på grunn av oppkjøring og stripping.

COW-operasjonen ventes å forlenge den totale lossetiden med ca. 12 timer.

Skipet vil være sjøklart ca. 3 timer etter avsluttet lossing i Long Beach.

Vannproduksjon regnes likt forbruk.

PLANLEGGING AV SEILASEN STARTER FRA POSISJON N 20° 10' E 122° 00' I LUZON-STREDET.

OPPDRAG DEL B (MS "MERCANDIAN IMPORTER")

MS "Mercandian Importer" er chartret for Shell Indonesia, og laster nå i to havner i Japan for Manila på Filippinene.

I den første lastehavnen er det lastet "Baryte" i storsekk og "Drilltools" i underrom 1.

Videre er det lastet sement i storsekk, som er plassert i akterkant av underrom 2.

Skipet har gjenstående ledig lastekapasitet på dekk og i luker, begge mellomdekk og fremre halvdel av underrom 2.

Skipet har inne vann og bunkers for reisen til Manila.

Beregningene viser at skipet vil ankomme lastehavn nummer to, som er Hasaki i Japan (N35° 45' E 140° 52') med følgende kondisjon:

Dypgående forut = 3,28 m
Dypgående akterut = 4,28 m
KG = 4,20 m

Restlasten i Hasaki består av:
- 550 tonne pipes 210 mm and 480 mm, length both 16 m 0,7 m^3/t
- 400 tonne steel coils (approx 12 tonne each)
- 4 TUE containers of 15 tonne each:
  - 1 hydrochloric acid
  - 1 toluene and acetone
  - 1 drilling tools
  - 1 various frozen seafood products for 110 V connection
- 2 drilling jetties, 50 tonne each

Rederiet opplyser at avskiper stiller følgende krav før lasting kan starte i Hasaki:

"Cargo to be stowed and secured according to IMO standard and good seamanship. Upon arrival Hasaki; Plan for final loading Hasaki; Stowage, securing, stability and ship routine for refrigerated cargo to be put forward prior to loading."

PROBLEMSTILLINGER/TEMA FOR BEGGE OPPDRAGENE (A OG B)

Med utgangspunkt i oppdragene som er gitt, ressursheftet for MT "MILLENNIUM" og plansje for skipet MS "MERCANDIAN IMPORTER", skal du vurdere og drøfte følgende problemstillinger/tema:

- Hvordan vil du planlegge seilasen fra Luzon-stredet til lektringsposisjonen ut fra kjent informasjon?

- Hvordan vil du laste skipet "MILLENNIUM" ut fra lasteordre og andre kjente forhold på reisen?

- Hvordan vil du planlegge lasting og lastebehandling for skipet MS "MERCANDIAN IMPORTER"?

- Hvordan vil du føre oljedagbok for "MILLENNIUM" for laste- og lektringsoperasjonen?

S.NO.1183 L O A D I N G C A L C U L A T I O N

COND.NO.19 HEAVY BALLAST COND. (DEP.)

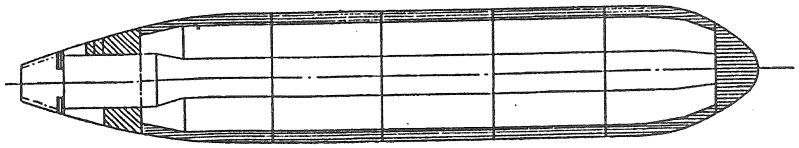
ITEM	%	WEIGHT (MT)	LCG (M)	MOMENT (MT-M)	K G (M)	MOMENT (MT-M)	I MOMENT
D.W.CONSTANT	100	485	109.33	53025	14.19	6882	0
CYL.O.T.(F&A)(S)	96	221	138.07	30513	29.19	6451	87
PROVISION	100	10	123.75	1238	33.70	337	0
HEAVY OIL							
DEEP F.O.T. (P)	96	3284	115.32	378711	21.91	71952	2127
DEEP F.O.T. (S)	96	3810	118.43	451218	23.71	90335	2532
F.O.REMAIN.T.(S)	96	435	112.83	49081	11.13	4842	644
F.O.SETT/SERV.T.	96	152	114.84	17456	23.34	3548	19
SUM		7681		896466		170677	5322
DIESEL OIL							
D.O.T. (P)(FORE)	96	390	127.39	49682	23.94	9337	151
D.O.T. (P)(AFT)	96	323	131.08	42339	24.46	7901	99
D.O.SERV.T. (P)	96	22	114.04	2509	22.02	484	6
SUM		735		94530		17722	256
FRESH WATER							
BOILER W.T. (P)	100	307	146.05	44837	27.56	8461	193
FRESH W.T. (S)	100	307	146.05	44837	27.56	8461	193
SUM		614		89674		16922	386
BALLAST WATER							
FORE PEAK TANK	100	9610	-151.39	-1454857	13.73	131945	0
NO.1 W.B.T.(P&S)	100	17854	-119.72	-2137480	11.16	199251	0
NO.2 W.B.T.(P&S)	100	19782	-72.79	-1439931	10.26	202963	0
NO.3 W.B.T.(P&S)	100	19796	-24.80	-490941	10.26	203107	0
NO.4 W.B.T.(P&S)	100	19490	22.96	447490	10.39	202501	0
NO.5 W.B.T.(P&S)	100	19616	74.86	1468453	11.59	227349	0
AFT PEAK TANK	0	0	151.84	0	0.0	0	0
SUM		106148		-3607266		1167116	0
CARGO							
NO.1 C.O.T. (C)	0	0	-119.35	0	0.0	0	0
NO.2 C.O.T. (C)	0	0	-72.80	0	0.0	0	0
NO.3 C.O.T. (C)	0	0	-24.80	0	0.0	0	0
NO.4 C.O.T. (C)	0	0	23.20	0	0.0	0	0
NO.5 C.O.T. (C)	0	0	78.07	0	0.0	0	0
NO.1 C.O.T.(P&S)	0	0	-119.13	0	0.0	0	0
NO.2 C.O.T.(P&S)	0	0	-72.80	0	0.0	0	0
NO.3 C.O.T.(P&S)	0	0	-24.80	0	0.0	0	0
NO.4 C.O.T.(P&S)	0	0	23.20	0	0.0	0	0
NO.5 C.O.T.(P&S)	0	0	67.65	0	0.0	0	0
SLOP TANK (P)	0	0	96.92	0	0.0	0	0
SLOP TANK (S)	0	0	96.92	0	0.0	0	0
SUM		0		0		0	0
DEADWEIGHT		115894	-21.07	-2441820	11.96	1386107	6051
LIGHTWEIGHT		41079	7.25	297823	16.10	661372	0
DISPLACEMENT		156973	-13.66	-2143997	13.04	2047479	6051

DRAFT AND TRIM

DRAFT AT LCF	M	10.64	T.P.C.	T	155.5	T K M	M	30.17
DRAFT FORE	M	9.39	M.T.C.	T-M	2942.8	K G	M	13.04
DRAFT AFT	M	12.18	L.C.G.	M	-13.66	G M	M	17.13
DRAFT MEAN	M	10.78	L.C.B.	M	-18.89	GGO	M	0.04
TRIM	M	2.79	H.B.G.	M	5.23	GOM	M	17.09
PROPELLER I.	%	67.9	L.C.F.	M	-16.29	KGO	M	13.08

STABILITY

CONDITION No. 19



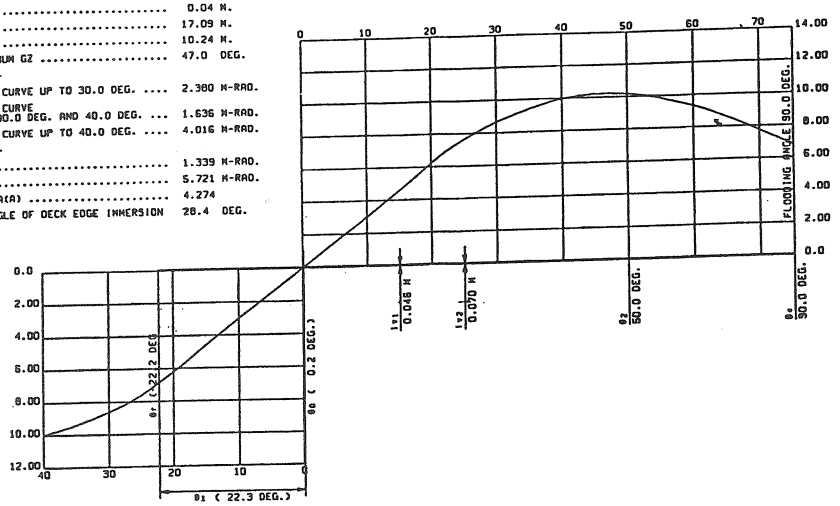
CARGO OIL BALLAST W. FUEL OIL FRESH W.

STABILITY CALCULATION

CONDITION NO.19

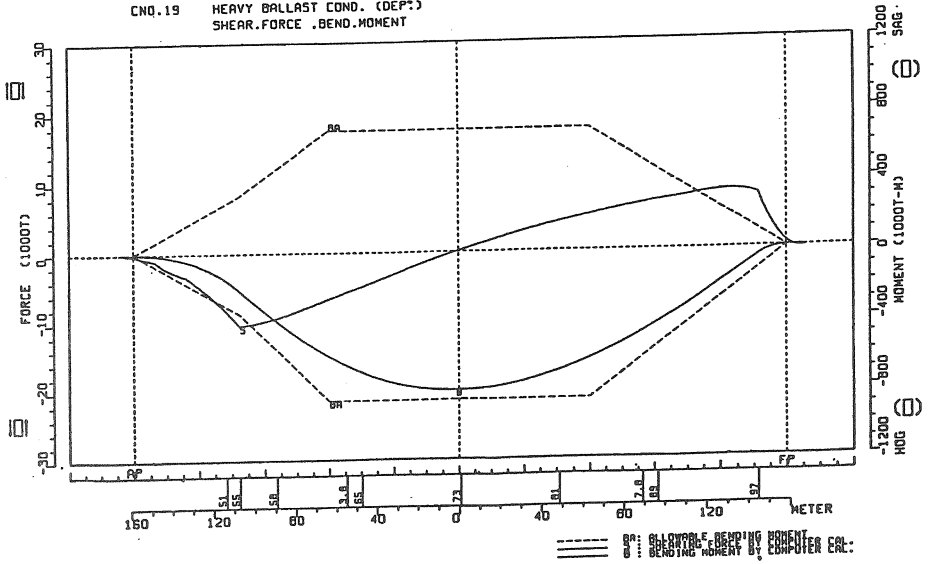
TKM	30.17 M.
K G	13.04 M.
GGO	0.04 M.
GOM	17.09 M.
MAXIMUN GZ	10.24 M.
ANGLE AT MAXIMUN GZ	47.0 DEG.
---- A167 ----	
AREA UNDER GZ CURVE UP TO 30.0 DEG.	2.380 M-RAD.
AREA UNDER GZ CURVE BETWEEN 30.0 DEG. AND 40.0 DEG.	1.636 M-RAD.
AREA UNDER GZ CURVE UP TO 40.0 DEG.	4.016 M-RAD.
---- A562 ----	
AREA (A)	1.339 M-RAD.
AREA (B)	5.721 M-RAD.
AREA(B) / AREA(A)	4.274
80% OF THE ANGLE OF DECK EDGE IMMERSION	28.4 DEG.

ANGLE	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	50.0
G Z	1.488	3.004	4.676	6.210	7.616	8.643	9.406	9.971	10.188



SNO.1183 LONGITUDINAL STRENGTH CALCULATION
CNO.19 HEAVY BALLAST COND. (DEP.)
SHEAR.FORCE .BEND.MOMENT

CALC 6-1



TF6110/TF6140 H00 VEDLEGG 1

Eksamen desember 2000

OPPGAVE

Del A

MT "MILLENNIUM" ankommer lektringsplassen 125 nautiske mil av Long Beach, Ca. USA, hvor lektringstankeren ligger klar til fortøyning og sammenkobling.

Skipet lastet maksimal last ved Bima Marine Terminal, Jawa, Indonesia, ut fra gjeldende sone og beholdning om bord ved ankomst ("Condition 19"). Alle fulle tanker hadde 2 % "ullage" ved avgang fra terminalen.

Oljelasten, som består av "Indonesian Heavy Crude Oil", hadde en tetthet (SG) på 0,8995 Kg/L ved innlastningstemperatur 26,5 °C.

Beholdning/forråd ved ankomst lektringsplass "off Long Beach" er lik "Condition 19" minus forbruk av "Heavy Oil". En ser bort fra annet forbruk, da dette er minimalt.

Distanse fra lastebøye til N 10° = ca. 1170 nautiske mil
Seilingstid fra lastebøye til lektringsplass = 23,3 døgn

"Service-speed" settes til 14 knop, med et forbruk på 66 tonnes pr. døgn.

Ved ankomst lektringsplassen ble temperaturen på oljelasten målt til 25 °C.

Alle lastetanker (inkludert "sloop"-tanker), med unntak av sentertank no. 3, var lastet til 98 % ved avgang lastehavnen (Bima Marine Terminal).

Ved ankomst lektringsplass "off Long Beach", ble det målt en "ullage" på 15,204 m i sentertank no. 3.

LOSSEPLAN:

LOSSING:

1. Lossing:
   Lektring off Long Beach: Lektring til maks. dypgående på 18 meter ved Four Corners Pipeline Co. Berth 120/121 i Long Beach, Ca. USA.

2. Lossing:
   Lossing ved Four Corners Pipeline Co.,
   Berth 120/121: Losser resterende oljelast

På grunn av stor vannføring i Los Angeles River, ble det målt en tetthet på 1,010 t/m^3 ved Berth 120/121 i Long Beach.

En ser bort fra forbruk fra lektringsplass til Berth 120/121, da dette er minimalt.

Skipet ble av Four Corners Pipeline Co, Berth 120/121 anmodet om å sende følgende:

– "Stowage plan" / "Ullage plan" (loading condition) at arrival Berth 120/121.
– "Draft" (fore/mean/aft) at arrival Berth 120/121.

Etter at lektringen er unnagjort og skipene er kommet et stykke fra hverandre, observerer man olje på sjøen fra "Millennium". Det blir ganske raskt avklart at oljen kommer fra lektringsskipet.

- Vurder prosedyretiltak.

DEL B

MS "Mercandian Importer" ankommer Manila med diverse last fra Hasaki, Japan.

Kondisjonen ved avgang Hasaki var:

Deplasement: 3770 tonnes
KG: 4,2 meter

Ferskvannstankene var slakke ved avgang Hasaki. Det ble under hele reisen produsert ferskvann tilsvarende skipets forbruk.

Under reisen fra Japan til Manila er det forbrukt følgende:

– 40,9 tonn tungolje fra centertank 3
– på tank 4 SB/BB er det 60 tonn tungolje i rest, tanken var full ved avgang

I tidsrommet før ankomst Manila var det noe dårlig vær og en del av rørlasten på mellomdekket forskjøv seg. Skipet krenger som en følge av dette 8° til styrbord. En ønsker å rette opp skipet slik at krengevinkelen ikke blir mer enn 5° ved ankomst.

- Foreta de nødvendige beregningene for å rette opp skipet til 5° krengning.

En regner "TCG" for alle vannballasttankene til 4,5 meter.

Under lossingen av containerne viser det seg at det drypper væske fra containeren med saltsyre. På grunn av skaden stiller mannskapet spørsmål om prosedyren for entring av mellomdekket.

Under lossingen av "steelcoils" fra underrom 2 blir det oppdaget korrosjonsbelegg på denne lasten.

- Sett opp en kort melding til rederiet om mulig årsaksforhold.

TF6140 H00 VEDLEGG 1
LEVERES INN

Ark nr.	TF6140 13.12.00	Skolens navn/namn	Klasse	Eksaminand nr.

LOADING CONDITION

Arrival/Departure port: _____
Density Freshwater/Seawater: _____
Trim: _____
Draft: F: M: A: _____
Total cargo: _____

WB	**1P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**1C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**1S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**2P** Ullage:_____ M/Tons_____	**2C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**2S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**3P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**3C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**3S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**4P** Ullage:_____ M/Tons:_____	**4C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**4S** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB
WB	**5P** Ullage:_____ M/Tons:_____ **Slop** Ullage:_____ M/Tons:_____	**5C** Ullage:_____ M/Tons:_____	**5S** Ullage:_____ M/Tons:_____ **Slop** Ullage:_____ M/Tons:_____	WB

Ullage = Measured ullage

18 Skipet MS Sidus

MS Sidus er et kombinert bulk- og containerskip. Det er et moderne skip som har flere anvendelsesmuligheter. De «gamle» stykkgodsskipene er blitt færre de senere årene, og det er ikke uvanlig at bulkskip brukes til stykkgods. Da bulkskip mangler mellomdekk, er det begrenset hvilke typer stykkgods de kan frakte. MS Sidus egner seg til for eksempel trelast i bunter, baller, papirruller, papirmasse, sekker, finerplater i bunter, stålplater/bjelker/ruller, aluminiumsbarrer, sement og stykkgods i store partier som tåler trykk, foruten bulklaster, som malm og korn. Skipet kan laste 20 fots og 40 fots containere både i rommene og på lukene. For å utnytte kapasiteten for bulkskip, kombineres ofte bulklast og stykkgodslast. Som containerskip er MS Sidus spesielt. Det kan brukes som et rent containerskip eller som et kombinert bulkskip, containerskip og stykkgodsskip. Lasting av containere krever spesielle dataprogrammer og blir ikke berørt i dette kapittelet. Plansjen for MS Sidus er ikke tatt med i boka. Studentene vil kunne få tak i plansjen ved de maritime skolene.

Klassifikasjonsbestemmelser

Klasseinstitusjon: Det Norske Veritas

Skipet har denne klassebetegnelsen:
1A1 General Cargo/Container Carrier Ice 1B HC-EA Grain E0
HA(+)IB(+) Except 10 Hold LCS(D,G,I,S)TMON

Forklaring:
1A1 = angir høyeste klassebetegnelse Ice
1B = isforsterket for Østersjøen («Baltic sea»)
Gram = kornlasting

EO = periodevis ubemannet maskinrom
HC-EA = forsterket for tung last:
- Et hvilket som helst enkelt rom kan lastes fullt med bulklast med tetthet utover tettheten for homogen last, men med ikke mindre enn 50 % fullt dypgående.
- Et hvilket som helst rom kan være tomt ved fullt dypgående.
- To hvilke som helst naborom kan lastes fulle med bulklast med tetthet som overstiger tettheten for homogen last, men med ikke mindre enn 25 % av fullt dypgående.

Anmerkning: For tillatt(e) lastetilstand(er) med tomme rom på fullt dypgående burde en oppføring av hvilke rom som kan være tomme, vært angitt, men dette mangler for MS Sidus. (Se også avsnittet «Malmlasting» på side 468.)

Anbefaling fra Veritas: For at skipet skal ha tilstrekkelig fleksibilitet med hensyn til bøyemomenter og skjærkrefter, er det nødvendig med langskips styrkeberegning som inkluderer alle ønskelige ikke-homogene lastetilstander med tomme lasterom.

HA(+) = luker forsterket for tung last
IB(+) = indre bunn forsterket for lasting/lossing med grabb, unntatt rom 10
LCS(D,G,I,S)= lastekalkulator godkjent og sertifisert for beregning og kontroll av lastetilstander med hensyn til:
- D = stabilitet i skadet tilstand
- G = kornstabilitet
- I = intakt stabilitet
- S = skrogstyrke
- TMON = Tailshaft Monitoring

Noen viktige symboler

Symbolene som brukes, kan virke litt uvanlige før vi blir fortrolige med dem. Det er typisk at avstander angis slik:

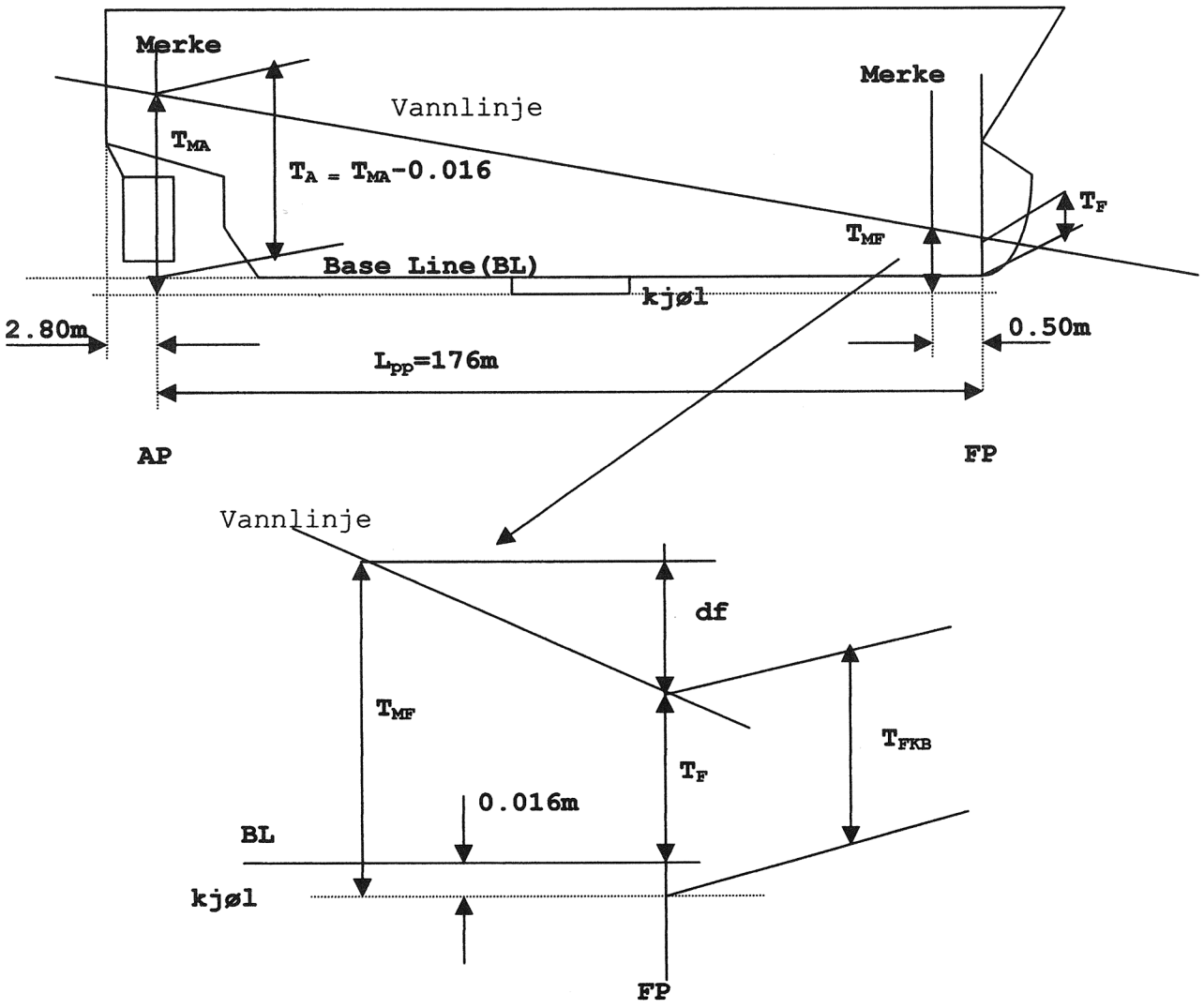
X-retning = langskipsretning
Y-retning = tverrskipsretning
Z-retning = høyderetning

De mest brukte symbolene:

BL = basislinje (Base Line)
XAG = Lcg
XMB = LCB fra midtskips (+ forenfor, – aktenfor nullkryss)
XMF = LcF fra midtskips (+ forenfor, – aktenfor nullkryss)
ZKG = KG (eller Vcg)
ZKM = KM
ITM = MTC
KN = KY (stabilitetstabeller)
DGM = frivæskeoverflatemoment
Disp = Δ
MVG (m^4) = volumetrisk krengemoment (volumetric upsetting moment)

MHG (tm) = krengemoment (upsetting moment)
MAHM (tm) = maksimum tillatt krengemoment (maximum allowable heeling moment)
MX = ML (langskipsmoment)
MZ = MT (tverrskipsmoment)
PHIH = krengevinkel

Korreksjoner for dypgående



Figur 18.1

Figur 18.1 Viser hvor merkene for dypgående er plassert. Vi merker oss at akter er de plassert direkte i aktre perpendikulær (AP). Korreksjonene som er gitt i tabellen, brukes med sitt fortegn på avlest dypgående og med motsatt fortegn på beregnet (teoretisk) dypgående.

De hydrostatiske tabellene er basert på dypgående over basislinjen (BL) i perpendikulærene. Det er nødvendig å korrigere avlest dypgående i merkene til dypgående over BL i perpendikulærene.

Dybdemerkene forut og akter (i AP) er gitt i forhold til kjølen, og for finne høyden over BL må vi bruke korreksjoner. Dypgående avlest i aktre perpendikulær har bare en rettelse, nemlig tykkelsen av kjølplaten (0,016 m). Det er kort avstand mellom merkene og perpendikulærene, slik at trim som regnes i forhold til perpendikulærene (t), og tilsynelatende trim (ts), som regnes i forhold til dypdemerkene, uten videre kan sies å være like for alle trimforhold.

Formlene som er brukt ved oppsetting av korreksjonstabellen er fremkommet slik:

Formel for korreksjon som skal anvendes på avlest dypgående forut for å finne dypgående over kjøl i FP:

$$dfKB = \frac{t \cdot 0{,}5}{176}$$

t regnes med fortegn.

Formel for korreksjon som skal anvendes på avlest dypgående forut for å finne dypgående over BL i FP:

$$df = \frac{t \cdot 0{,}5}{176} - 0{,}016$$

Dypgående akter leses av i AP, og rettelsen her blir da = – 0,016 for å finne dypgående over BL. Skal vi finne dypgående over kjøl ut fra teoretisk dypgående i AP, blir rettelsen +0,016.

Disse symbolene brukes for dypgående:

T_F = dypgående over BL i forre perpendikulær (på plansje = TF_{BL})
T_A = dypgående over BL i aktre perpendikulær (på plansje = TA_{BL})
$T_{\text{Ø}}$ = dypgående over BL midtskips
T_{MF} = dypgående avlest på merket forut
T_{MA} = dypgående avlest på merket akter (i AP)
$T_{M\text{Ø}}$ = dypgående avlest på merket midtskips
T_{FKL} = dypgående over kjølen ved forre perpendikulær
T_{AKL} = dypgående over kjølen ved aktre perpendikulær (= T_{MA})

Det er vanligvis av liten verdi å finne dypgående over kjølen i perpendikulærene.

Eksempel 1:
Dypgående avlest forut = 5,10 m og akter i AP = 7,10 m. Beregn dypgående over BL.

Løsning:

$$df = \frac{t \cdot 0{,}5}{176} - 0{,}016 = \frac{-2 \cdot 0{,}5}{176} - 0{,}016 = -0{,}0216 \approx -0{,}02 \text{ m}$$

$$da = -0{,}016 \text{ m} \approx -0{,}02 \text{ m}$$

T_{MF}	=	5,10 m	T_{MA}	=	7,10 m
df	=	–0,02 m	da	=	–0,02 m
T_F	=	5,08 m	T_A	=	7,08 m

Anmerkning: Dypgående leses av med en nøyaktighet på 2 desimaler, og vi bør derfor ikke bruke korreksjoner med mer enn 2 desimaler. *Det betyr at vi kan interpolere på øyemål i korreksjonstabellen. Korreksjonstabellen brukes i de etterfølgende eksemplene.*

Eksempel 2:
Dypgående avlest forut = 4,50 m og akter i AP = 8,30 m. Beregn dypgående over BL.

Løsning:
Trim = 4,50 – 8,30 = –3,8 m

Fra korreksjonstabellen: df = –0,03 m, da = 0,02 m

T_{MF}	=	4,50 m	T_{MA}	=	8,30 m
df	=	–0,03 m	da	=	–0,02 m
T_F	=	4,47 m	T_A	=	8,28 m

Skipet har også dypgangsmerker midtskips som angir dypgående over kjølen. Her blir korreksjonen dm = –0,02 m (0,016 m) for å finne dypgående over BL.

Eksempel 3:
Dypgående avlest forut = 5,25 m, akter (i AP) = 9,30 m og midtskips 7,34 m. Beregn dypgående over BL og bestem riktig deplasement, LCB og MTC (bruk k = 1/3).

Løsning:
t_s = 5,25 – 9,30 = –4,05 m (t_s = tilsynelatende trim)
df = –0,03 m, da = –0,02 m, og dm = –0,02 m

T_{MF}	=	5,25 m	T_{MA}	=	9,30 m	T_M	= 7,34 m
df	=	–0,03 m	*da*	=	–0,02 m	*dm*	= –0,02 m
T_F	=	5,22 m	T_A	=	9,28 m	T_{M}	= 7,32 m

t = 5,23 – 9,28 = –4,06 m

$$T_{M} = \frac{T_F + 4 \cdot T_{M} + T_A}{6} = \frac{5{,}22 + 4 \cdot 7{,}32 + 9{,}28}{6} = \quad 7{,}30 \text{ m}$$

$$\text{t.korr} = \frac{t \cdot LCF}{176} = \frac{-4{,}06 \cdot 4{,}95}{176} = \quad -0{,}11 \text{ m}$$

T_R= 7,19 m

Δ = 29 754 m
LCB = 88,00 + 4,49 = 92,49 m (LCB = XMB er angitt fra nullkryss)
MTC = 467,81 TM/CM (MTC = ITM)

Anmerkning: XMB er også angitt i prosent, så her må vi ikke lese av i feil kolonne.

Eksempel 4:
Dypgående avlest forut 6,35 m og akter 9,24 m. Det er ingen skrogbøyning. Beregn deplasement, MTC og LCF.

Løsning:
t_s = 6,35 – 9,24 = –2,89 m
df = –0,02 m, da = +0,03 m

T_{MF}	=	6,35 m	T_{MA}	=	9,24 m
df	=	–0,02 m	*da*	=	–0,02 m
T_F	=	6,33 m	T_A	=	9,22 m

t = 6,33 – 9,22 = –2,89 m

$$T = \frac{T_F + T_A}{2} = \frac{6{,}33 + 9{,}22}{2} = \quad 7{,}78 \text{ m}$$

$$\text{t.korr} = \frac{t \cdot LCF}{L} = \frac{-2{,}89 \cdot 4{,}49}{176} = \quad -0{,}07 \text{ m}$$

T_R= 7,71 m

Δ = 32 116 tonn
LCB = 88,00 + 4,51 = 92,51 m
MTC = 478,39 tm/cm

Bunkerskapasitet

Tungolje: 2866,7 tonn
Dieselolje: 126,8 tonn
Smøreolje: 115,0 tonn
Ferskvann: 476,3 tonn

Kapasiteten for tankene er angitt for forskjellige fyllingsgrader, avgangs- og ankomsttilstander. Det har betydning for tyngdepunkter og frivæskeoverflatemoment.

Drenerings- og oppsamlingstanker har en kapasitet på 221,7 tonn.

Ballast

Skipet kan ta 15 484 tonn ballast. Ballasten er plassert i bunntanker og sidetanker, og dessuten i forpeak og akterpeak.

Kornlasting

For fulle rom og luker viser figur 18.2 de volumetriske krengemomentene (MVG).

Cargo Compartments – Grain

Compartment	fr. – fr.	Volum (m^3)	LCG vol (m)	KG vol (m)	MVG (m^4)
Hold 1 + hatch 1	118–129	4 017	151,28	12,37	455
Hold 2 + hatch 2	109–119	5 807	137,76	11,78	774
Hold 3 + hatch 3	100–110	6 181	124,26	11,34	774
Hold 4 + hatch 4	91–101	6 187	110,76	11,34	774
Hold 5 + hatch 5	82–92	6 187	97,26	11,34	774
Hold 6 + hatch 6	73–83	6 187	83,76	11,34	774
Hold 7 + hatch 7	64–74	6 187	70,26	11,34	774
Hold 8 + hatch 8	55–65	6 187	56,76	11,34	774
Hold 9 + hatch 9	46–56	5 812	43,27	11,78	774
Hold 10 + hatch 10	35–47	2 743	30,70	16,25	774
Total		55 495	91,95	11,75	7 421

Figur 18.2

For delvis fylte rom må vi ta ut volumetiske krengemomenter i tabellen eller på kurven. Her skal vi merke oss at for både kurver og tabeller er *de volumetriske krengemomentene økt med 12 %*. Vi merker oss også at for hvert rom er det maksimale volumetriske krengemomentet for rommet oppgitt. For luka er momentet også oppgitt, men dette krengemomentet har bare symbolsk betydning og brukes ikke i beregninger.

De maksimale tillatte krengemomentene (upsetting moments) MAHM (tm) er ført opp i tabell og i kurve. Argumentet for å ta ut verdiene er beregnet KG (korrigert for frivæskeoverflateeffekt) og deplasement.

MS Sidus er ikke spesielt godt egnet for komlast. Skipet har ikke øvre og nedre vingtanker, slik som bulkskip ofte har. Lukene går helt ut i borde, og krengemomentene for slakke rom blir svært store. Bulkskip som er beregnet på last som kom, har høye lukekarmer slik at de fungerer som fødere for last i rommet. Krengemomentene blir derfor svært små for slike skip. MS Sidus fyller ikke kravene til 5° krengevinkel når det har flere slakke rom. Vi merker oss at det er 12° krengevinkel som danner kravet til stabilitet, og dette uttrykkes ved at maksimale tillatte krengemomenter er oppgitt. Med mer enn 3 slakke rom er det vanskelig å oppfylle kravene til stabilitet. Vi bør helst ikke ha mer enn 2 slakke rom, og det er ofte nødvendig for å trimme skipet til ønsket trim. Rom 1 og rom 9 er vanlig å bruke til trimming, men også rom 3 og rom 7 kan i mange tilfeller brukes til sluttlasting. Vi merker oss at rom 1 har mindre krengningsmoment enn de andre. *Rom 10 skal vi være spesielt oppmerksomme på*. Det er delt i en dypere og en grunnere del og har begrensning for belastning for visse laster med stor tetthet. For korn er det ingen slik begrensning. Laster vi nedre del av rom 10, er krengemomentet moderat.

Kontroller før kornlasting

Før skipet ankommer havn, må vi sikre oss at rommene er rene, og at ventilasjonssystemet er i orden. Det er spesielt viktig å etterse at lukene er tette. Vanntest bør foretas, og resultatet av testen nedtegnes i skipets dagbok. Dersom vi finner at noen av lukene ikke er tette, må vi gjøre det vi kan for at vann ikke skal komme ned i lasten underveis. Det kan være nødvendig å forsegle lukene med spesialtape. Rommene blir vanligvis rengjort på ballastturen. Ofte oppdager vi at rester fra tidligere last ligger igjen i rommene når vi kommer til lastehavna, selv om rommene tidligere er blitt rengjort. Det skyldes at rester som er blitt liggendeigjen oppunder bjelker og spant, ristes ned på turen. Det sikreste er å spyle rommene med vann. Nå brukes vannkanoner som fjerner det meste som er løst. Inspektøren fra lasteterminalen inspiserer rommene, og når de er funnet i orden, utstedes «Hold Inspection Certificate» og «Certificate of Readiness to Load».

Skipet må kvitte seg med ballasten. Er det rolige værforhold, kan skipet pumpe ut en del av ballasten før det går til kai. Et minimum av ballast må skipet likevel ha om bord når det manøvrerer til kai. Lasteterminalen krever også at skipet har et dypgående som passer til lastearrangementet. Det betyr at skipet må pumpe ut ballast mens lastingen begynner. Sekvensen av lensing av ballast og lasting må planlegges nøye slik at grensene for skj ærkrefter og bøyemomenter ikke overskrides.

Det er viktig at skipets offiserer kontrollerer at kornet ser bra ut. Uten å være eksperter kan de likevel fastslå om kornet er vått, misfarget eller angrepet av sopp. Dersom en mener at kornet ikke tilfredsstiller de enkle kontrollene en foretar, bør en ikke ta det om bord. Inspektører fra landterrninalen må kontaktes, og vi bør kreve at eksperter undersøker kvaliteten. I kapittel 16, avsnittene 4 og 5, er ulike lastesituasjoner beskrevet. *Det er viktig at oflserene bruker den informasjonen som er gitt i lastemanualen*. Forhaling langs kaien er ofte nødvendig for at lasteapparatet skal rekke til i alle rom.

Anmerkning: I alle eksempler og oppgaver er fart og forbruk oppgitt. Det skyldes i stor grad at oppgavene er omarbeidet fra andre skipstyper. Både fart og forbruk kan avvike fra opplysninger for skipet, men det har ingen betydning for løsningen.

Eksempel 5:
MS Sidus skal laste kom i Halifax for lossing i Haifa, Israel. Avgangsdatoen er satt til 22. januar 1990. Skipet opererer som et bulkskip, og har ikke «containers lashing» om bord. Skipet skal laste maksimalt for årstiden og ønsker å ankomme lossehavn «even keel». Kornet har en stuingsfaktor på 1,35 m^3/t. Forbruk av tungolje tas fra tank nr. 21 P&S og dieselolje fra tank nr. 10. Forbruk av bunkers med en fart av 15,5 knop: tungolje 34,5 t/dg, dieselolje: 2 t/dg. Ferskvann produseres av evaporator. Vi ser bort fra annet forbruk. Ved avgang har skipet bunkers 100% of Stores-Departure. I tillegg har det 40t N.O. på tank nr. 6.

Stores Forward = 5 t
Stores Aff = 15 t

Utfør de beregninger som kreves.

Løsning:
Skipet må kvitte seg med ballasten, i alt 13 687,6 tonn. I avsnittet «Kontroller før komlasting» på side 475 har vi redegjort for spesielle forhold som vi må passe på. Er det rolige værforhold, kan skipet pumpe ut en del av ballasten før det går til kai. Et minimum av ballast må det likevel ha om bord når det manøvrerer til kai. Lasteterminalen krever også at skipet har et dypgående som passer til lastearrangementet. Skipet må pumpe ut ballast mens lastingen begynner. Vi må forsikre oss om at grensene for skjærkrefter og bøyemomenter ikke overskrides.

Beregning av forbruk:
Distansen fra Halifax til Haifa er ca. 4720 11 mil (fra distansetabeller eller ved beregning).

$$\text{T.O.:}\ \frac{4720 \cdot 34{,}5}{15{,}5 \cdot 24} = 438 \text{ tonn}$$

$$\text{D.O.:}\ \frac{4720 \cdot 2}{15{,}5 \cdot 24} = 25 \text{ tonn}$$

Beregning av bunkers, momenter og FSM : **100% of stores - DEPARTURE**
En kan om nødvendig interpolere på øyemål. Beregning av momenter og FSM vil her være tilnærmet, men det er tilstrekkelig ved slike beregninger.

Tank	Vekt t	SG	$V = \frac{\text{Vekt}}{\text{SG}}$	Lcg	Vcg m	ML tm	MT tm	FSM tm
T21 P	827,6	"	871	161,08	8,4	133310	6952	799
T21 S	736,1	"	775	161,35	7,79	118770	5734	695
T23 P	388,5	"	409	32,87	7,48	12770	2906	26
T23 S	383,3	"	403	32,83	7,38	12584	2829	44
T29	59,7	"	63	15,46	13,88	923	829	9
T30	49,6	"	52	16,66	13,89	826	689	4
T31	68,9	"	73	16,67	13,9	1149	958	27
T10	48,4	0,85	57	25,88	0,9	1253	44	89
T24	17,4	"	20	28,13	12,44	489	216	3
T25	21,3	"	69	28,11	12,12	599	258	5
L.O.	69	1	32	11,09	11,04	765	762	0
T11	32	"	180	16,87	0,9	540	29	100
T40 P	180	"	49	0,03	17,24	5	3103	200
Aft.L	48,7	"	30	7,72	3,33	376	162	1
Misc.	30	1		18,18	7,19	545	216	0
100% Depar	2960,5				∑Mom.	284904	25687	2002
T6	40	0,95	42	31,3	0,95	1252	38	98
Avg.	3000,5				∑Mom.	286156	25725	2100

Beregning av last:

Δ winter:		51 897 tonn
L/S:	13 716 tonn	
Bunkers:	3 001 tonn	
Stores:	20 tonn	16 737 tonn
DW til last:		35 160 tonn

Kapasitet i rommene: 55 495 : 1,35 = 41 107 tonn. Det betyr at DW setter begrensning for lasten. Det kan bli flere slakke rom og problemer med stabilitetskravene.

Beregning av trim ved avgang for å ligge «even» ved ankomst Haifa:

Δ ankomst Haifa: 51 897 - (438 + 25) = 51 434 tonn

Ved «even» er LCG = LCB = 88,00 + 2,89 = 90,89 m

Sted	Vekt	Lcg		ML
Δ ank Haifa	51 434	90,89		4 674 836,3
Tank 21P	+219	161,08		35 276,5
Tank 21S	+219	161,30		35 324,7
Tank 10	+ 25	25,90		647,5
Δ avg. Halifax 51 897			ΣML	4 746 085
Oppdr.mom. = –51 897 · 90,83 =				–4 713 804,5
			TM	32 280,5

T_R = 11,80 m
LCB = 90,83 m

$$t = \frac{TM}{MTC} = \frac{32\,280{,}5}{649{,}96} = 49{,}7 \text{ cm}$$

MTC = 649,96 tm/cm
LCF = –4,72 m

Ønsket trim ved avgang: 49,7 cm forlig (mellom perpendikulærene)

Ved lasting må vi spesielt være oppmerksomme på rom 10. Her er det begrensninger, og tettheten (GAM = t/m^3) angir hvor mye last vi kan ha i rommet. Stuingsfaktor 1,35 m^3/t tilsvarer tetthet (GAM) = 1/1,35 = 0,7407. For denne lasten, korn, er det som tabellen og kurven viser, ingen begrensninger.

Prøvelasting:
Kapasiteten i rommene blir ikke utnyttet. Det blir nødvendig å gå med slakke rom. Vil her trimme skipet med rom 1 og rom 9 og laste fullt i rom 2, rom 3, rom 4, rom 5, rom 6 og rom 7. I rom 8 laster vi 2000 tonn, og gå med rom 10 tomt.

DW til last:		35 160 tonn
Rom 2: 5 807 : 1,35	= 4 301,5 tonn	
Rom 3: 6 181 : 1,35	= 4 578,5 tonn	
Rom 4: 6 187 : 1,35	= 4 582,9 tonn	
Rom 5:	= 4 582,9 tonn	
Rom 6:	= 4 582,9 tonn	
Rom 7:	= 4 582,9 tonn	
Rom 8:	= 2 000,0 tonn	
–		29 211,6 tonn
Til fordeling rom 1 og rom 9:		5 448,4 tonn

Vi får altså tre slakke rom og vi må være spesielt oppmerksom på krengemomentene

Sted	Vekt	Lcg		ML
Bunkers osv.	300 1	95,86	ΣML	286 156
Stores F	5	167,8		839
Stores A	15	14,8		222
L/S	13 716	77,24		1 059 423,8
Δ før last	16 737		ΣML	1 346 640,8
Rom 2	4 301,5	137,76		592574,6
Rom 3	4 578,5	124,26		568 924,4
Rom 4	4 582,9	110,76		507602,9
Rom 5	4 582,9	97,26		445732,9
Rom 6	4 582,9	83,76		383 863,7
Rom 7	4 582,9	70,26		321 994,6
Rom 8	2 000	56,76		113 520,0
Δ_1	45 948,6		ΣML	4 280 853,9
Rom 9	5 948,4	43,27		257 387,3
Δ	51 897		ΣML	45 38 241,2
Oppdr.mom. =	–51 897 · 90,83		=	–4 713 804,5
			TM	–175 563,3

$$t = \frac{-175\,563{,}3}{649{,}96} = -270{,}1 \text{ cm}$$

$t_{ønsket}$ = 49,7 cm

δt = 319,8 cm

$$v = \frac{\delta t \cdot MTC}{a} = \frac{319{,}8 \cdot 679{,}96}{151{,}28 - 43{,}27} = 2013{,}2 \text{ tonn}$$

Rom 1: = 2013,2 tonn
Rom 9: 5948,4 – 12013,2 = 3935,2 tonn

Beregning av tyngdepunkter og volumetriske krengemomenter i slakke rom:

Rom 1:
V = 2013,2 · 1,35 = 2718 m^3, vcg = 9,53 m, I = 4269 m^4, U = 5,20 m

Rom 8:
V = 2000 · 1,35 = 2700 m^3, vcg = 5,97 m, I = 9816 m^4, U = 10,80 m

Rom 9:
V = 3935,2 · 1,35 = 5313 m^3, vcg = 11,00 m, I = 4983 m^4, U = 1,65 m

Bunkers:
Tungolje:
Ved avgang: 2514 tonn

Forbruk:
Tank nr. 21 PS: 827,6 – 219 = 608,6 tonn
Tank nr. 21 SB: 736,1 – 219 = 517,1 tonn

Dieselolje:
Ved avgang: 87,1 tonn
Forbruk fra tank 10: = 25 tonn (Rest = 23,4 tonn)

Ferskvann:
Ved avgang: 260,7 tonn uendret

Drain/Sludge:
Ved avgang: 30 tonn uendret

Beregning av "Worst Condition"

Avg.	3000,5				∑Mom.	25725	2100
T21 P	– 827,6	95				– 6952	– 799
T21 S	– 736,1	"				– 5734	– 695
T21 P	608,6	"	640	6,82		4151	636
T21 S	517,1	"	544	6,11		3159	553
T 10	– 48,4	0,85				– 44	– 89
T10	23,4		28	0,5		12	61
Ank.	2537,5			∑Mom.		20317	1767

Momenter av L/S, stores og last tas fra beregning i kornskjema (se vedlegg).

Ved avgang Hallifax:

$$KG_2 = \frac{560241 + 25725 + 2100}{51897} = 11{,}33 \text{ m}$$

Ved ankomst Haifa:

$$KG_2 = \frac{560241 + 20317 + 1767}{51434} = 11{,}32 \text{ m}$$

Det er liten forskjell på avgang og ankomst, velger her avgang Halifax som "Worst Condition" (Valgfritt).

Beregning viser at skipet oppfyller kravene til stabilitet.

Anmerkning: Vi legger merke til at skipet vil krenge omtrent slik:

$$\tan\varnothing = \frac{\Sigma\text{krengemomenter}}{\Delta \cdot GM} = \frac{17\,562}{51\,433 \cdot 2{,}12} \Rightarrow \varnothing = 9{,}7°$$

Her hadde vi tre slakke rom, og krengemomentet er akseptabelt

Anbefaling: Eksemplet viser at vi vanligvis ikke bør gå med mer enn to slakke rom.

Sidus - Eksempel 5

TABLE II

CALCULATION OF KG

FOR FULL COMPARTMENTS INDICATE WHETHER CARGO CENTRES "C" OR VOLUMETRIC CENTRES "V" ARE USED. IF YOUR GRAIN STABILITY INFORMATION DOES NOT DESCRIBE WHICH ARE USED PRESUME "V" VALUES USED.

COMPARTMENT NUMBER	GRAIN CUBIC CU. ~~FT.~~/M.	WEIGHT ~~TONS~~/TONNES	KG ~~FT~~/M	SOLID MOMENTS = WEIGHT X KG	"C" OR "V" CENTRES
LIGHT SHIP		13716	12,76	175016	
CREW & STORES		20	17,00	340	
CARGO					
Hold 1	2718	2013,2	9,53	19186	C
" 2	5807	4301,5	11,78	50672	V
" 3	6181	4578,5	11,34	51920	V
" 4	6187	4582,9	11,34	51970	V
" 5	"	"	"	"	V
" 6	"	"	"	"	V
" 7	"	"	"	"	V
" 8	2700	2000	5,97	11940	C
" 9	5313	3935,2	11,20	43287	C
SUBTOTAL (1) ▶		48896	SUBTOTAL (2) ▶	560241	

LIQUIDS' WORST CONDITION

TANK NUMBER	WEIGHT ~~TONS~~/TONNES	KG ~~FT~~/M	LIQUID MOMENTS = WEIGHT X KG	FREE SURFACE MOMENTS
Departure	100% of stores :			
	Σ Weight 2961		Σ Mom. 25687	2002
T 40	40	0.95	38	98
SUB-TOTAL SUB-TOTAL (1)	+ 3001	SUB TOTAL SUB-TOTAL (2)	+ 25725	TOTAL F.S. MOMENTS ▶ 2100
DISPLACEMENT	51897	TOTAL MOMENTS	585966	

2

Sidus - Eksempel 5

TABLE III

CALCULATION OF KG & GM

UNCORRECTED KG FROM:	TOTAL MOMENTS (TABLE II) / DISPLACEMENT (TABLE II) = 585966 / 51897		11,29
LIQUID F.S. GAIN FROM:	TOTAL F.S. MOMENTS (TABLE II) / DISPLACEMENT (TABLE II) = 2100 / 51897	+	0,04
CORRECTED KG	=	−	11,33
KM (FROM SHIP'S STABILITY INFORMATION) FOR DISPLACEMENT SHOWN IN TABLE II		+	13,33
∴ LEAST GM =	~~FP~~/M (MUST NOT BE LESS THAN ~~12 inches~~/0.3M.)		2,00

TABLE IV UPSETTING MOMENTS

COMPARTMENT NUMBER	GRAIN ~~DEPTH FT~~/M OR ULLAGE	STOWAGE FACTOR ~~CU. FT.~~ CU. M. PER ~~TON~~ TONNE	VOLUMETRIC UPSETTING MOMENT ~~FT~~ / M⁴	UPSETTING MOMEN ~~FT TONS~~/M. TONNI
Hold 1	5,20	1.35	4269	3162
" 2	Full	"	774	573
" 3	"	"	"	"
" 4	"	"	"	"
" 5	"	"	"	"
" 6	"	"	"	"
" 7	"	"	"	"
" 8	10,80	"	9816	7271
" 9	1,65	"	4983	3691

USE THIS TOTAL FOR TABLE VIIA, AND FOR TABLE VIIB ONLY WHEN THE 12% CORRECTION FOR THE VERTICAL SHIFT OF G IN SLACK COMPARTMENTS IS INCORPORATED IN THE SHIPS DATA OTHERWISE COMPLETE TABLE V TO CALCULATE ANGLE OF HEEL IN TABLE VIIB.

TOTAL UPSETTING MOMENT 17562

TABLE V UPSETTING MOMENT CORRECTION FOR VERTICAL SHIFT OF G IF NOT INCLUDED IN SHIPS DATA

1. TOTAL UPSET MOMENTS FOR SLACK COMPARTMENT TABLE IV MULTIPLY
12% inkludert ____ X 1.12 = 14124

2. TOTAL UPSET MOMENTS FOR FULL COMPARTMENT (TABLE IV) = 3438

TOTAL CORRECTED VALUE OF UPSETTING MOMENTS = 17562

TABLE VI MAXIMUM ALLOWABLE UPSETTING MOMENTS

CORRECTED KG (FROM TABLE III)	11.38
DISPLACEMENT (FROM TABLE II)	51897
(A) MAXIMUM ALLOWABLE UPSETTING MOMENT (FROM SHIP'S STABILITY BOOK)	24000
(B) ACTUAL CORRECTED VALUE OF UPSETTING MOMENTS FROM (TABLE V)	17562

IF (A) EXCEEDS (B) VESSEL COMPLIES — Fyller kravene

Malmlasting

Jernmalm har stor tetthet. Stuingsfaktoren varierer fra 0,24 m^3/t til 0,8 m^3/t. Lastingen må planlegges nøye slik at grensene for skjærkrefter og bøyemomenter ikke blir overskredet under hele sekvensen med lensing av ballast og lasting. Lasten bør fordeles jevnt i de lasterommene som skal benyttes, og vi bør ikke laste rom for rom ferdig. Det må legges opp til rotasjon i lastingen slik at langskipsbelastningen ikke blir for stor. Ofte er det bare ett lasteapparat, og forhaling av skipet langs kaien må inngå i rotasjonen. Vi må følge de retningslinjene som er gitt av skipsbyggeren, og ikke overskride lokale styrkekrav for tanktopp og skott.

Følgende krav til lokal styrke gjelder for MS Sidus:
- På grunn av de store lukene som MS Sidus har, skal all bulklast trimmes plan i hele rommet.
- Grensen for vekt i et rom eller kombinert vekt i to naborom er bestemt på grunnlag av lokal belastning på tanktoppen sammen med væske i bunntanken, med mindre bunntanken er tom.
- Dersom to naborom er lastet og den kombinerte vekten i to naborom blir betraktet, skal den kombinerte vekten i disse rommene ikke overstige tillatt vekt i et enkelt rom mellom to tomme rom (jamfør ulik fordeling av last på side 415).
- Når vi skal bestemme tillatt vekt i et rom, skal lokalt belastningsdiagram for tanktoppen og for tverrskipskottet vurderes, og den minste av disse belastningene skal danne grunnlaget for tillatt belastning.

For MS Sidus er lokale styrkediagram ikke angitt, men vi merker oss at følgende opplysninger danner et viktig grunnlag for tillatt belastning:
- Tillatte stille vanns bøyemomenter ved jevn og ujevn belastning for havnetilstand og for sjøgående tilstand må ikke overskrides.
- Tillatte stille vanns skjærkrefter er oppført for en del angitte spant for havnetilstand og for sjøgående tilstand.

For å kontrollere bøyemomenter og skjærkrefter er det nødvendig med dataprogram for skipet.

For rom nr. 10 gjelder spesielle tillatte vekter, avhengig av lastens tett het (GAM, t/m^3). Ved jevn belastning er belastningen på tanktoppen angitt slik:

For rommene 1-9:	28 t/m^2
For rom 10:	10 t/m^2
For lukene:	3 t/m^2

Eksempel 6:
MS Sidus ankommer Tubarao, Brasil (S 20° 17', W 40° 15') for å laste jernmalm for lossing i Chiba, Japan (N 35° 35', E 140° 06').

Stuingsfaktoren for jernmalmen er oppgitt til 0,45 m^3/t. Skipet skal seile via Cape Good Hope. Det er oppgitt at mak simalt dypgående er 12,5 m ved kai, og det er sjøvann på lasteplassen. Vi regner med avgang 20. juli 1990. Distansen fra S 34°00' E 17° (Utenfor Cape Town) til Chiba er 8367 n mil. I Chiba skal en losse ved to terminaler. Restriksjon på dypgående ved 2. terminal er 9,00 m (maksimalt). En ønsker primært å losse 40–50 % av lasten ved 1. terminal. Tettheten i havnen er oppgitt til 1,020 t/m^3. Vurder ulike rutevalg fra Tubarao til posisjon utenfor Cape Good Hope (S 34°, E 17°). Ved avgang har skipet ombord stores og bunkers = 3021 tonn med Langskipsmoment = 287 905,9 tm og Tverrskipsmoment = 26 138,5 tm.

Forbruk med 15 knops fart: Tungolje: 35 t/dg
Dieselolje: 1,5 t/dg

Ferskvann produseres av evaporator. Vi ser bort fra annet forbruk. Utfør nødvendige beregninger.

Løsning:
For å få med mest mulig last bør skipet ikke komme sør for 34°

Alternativ I , Avbrutt storsirkelseilas:
Maks bredde = S 34°

$$\cos l_{fv} = \frac{\tan(-20°17')}{\tan(-37°)} \Rightarrow l_{fv} = 56°47'$$

lengde påk. W20° 17'- 56°47' = E l 6°42'

Storsirkelen kommer omtrent til posisjon for vinterperiodisk sone.
sin d = sin 56°47' · cos 20°17' ⇒ d = 3102 n. mil

Alternativ 2, loksodromseilas:

AS 20°17'	b_u l243,22	AW 40°15'
PS 34°00'	b_u 2171,50	PE 17°00'
b_f l3° 43'	b_{uf} 928,28	l_f 57°15'
=823'		= 3435'

$$\tan k = \frac{3435}{928{,}28} \Rightarrow k = \text{S } 74{,}9 \text{ E}^\circ$$

$$\text{dist.} = \frac{823}{\cos 74{,}9^\circ} = 3159 \text{ n mil}$$

Det er liten forskjell mellom storsirkel og loksodrom.

Velger å seile loksodrom til posisjon Cape Good Hope (S 34°. E 17°)

Total distanse fra Tubarao til Chiba = 3159 + 8436 = 11 595 n mil.

Forbruk:

$$\text{T.O.: } \frac{11\,595 \cdot 35}{15 \cdot 24} = 1127 \text{ tonn}$$

$$\text{D.O.: } \frac{11\,595 \cdot 1{,}5}{15 \cdot 24} = 48 \text{ tonn}$$

Skipet må lense ut ballast (13 687,6 tonn) enten før lasting eller mens det laster. Det er viktig å sette opp en plan for lensing av ballast og for lasting. Lasten er tung, og vi bør ikke laste fullt i rom for rom, men planlegge rotasjon, slik at belastningen på skipet ikke overskrider de grensene som skipsbyggeren har satt opp. Forhaling langs kaien er vanlig ved slik lasting. Dersom terminalen er utstyrt med flere mobile lasteapparater, letter det rotasjonen og reduserer behovet for forhaling.

Kapasitet i rom: 55 495 : 0,45 = 123 322 tonn

Δ sommer:		53 181 tonn (god klaring)
Bunkers osv.:	3 021 tonn	
L/S:	13 716 tonn	16 737 tonn
DW til last:		36 444 tonn

Den tunge lasten gjør at rommene blir bare ca. 1/3 full. Her må vi være spesielt oppmerksomme på rom 10. GAM = 1/0,45 = 2,22 t/m^3. Det tilsier at vekten av lasten i rom 10 ikke kan overstige 1611 tonn. Vi velger her å laste 1500 tonn i rom 10.

Prøvelasting med 4000 tonn i hvert av rommene 2, 3, 4, 5, 6, 7 og 8
Trimmer til «even keel» med rom 1 og rom 9.

DW til last:		36 444 tonn
Rom 10:	1 500 tonn	
Rommene 2–8: 4 000 · 7:	28 000 tonn	29 500 tonn
Til fordeling rom 1 og rom 9:		6 944 tonn

Sted	Vekt	Lcg		ML
L/S	13 716	77,24		1 059 423,8
Bunkers osv.	3 021			287 905,9
$\Delta_{før\ last}$	16 737		ΣML	1 347 329,7
Rom 2	4 000	137,76		551 040,0
Rom 3	4 000	124,26		497 040,0
Rom 4	4 000	110,76		443 040,0
Rom 5	4 000	97,26		389 040,0
Rom 6	4 000	83,76		335 040,0
Rom 7	4 000	70,26		281 040,0
Rom 8	4 000	56,76		227 040,0
Rom 10	1 500	30,70		46 050,0
Δ_1	46 237		ΣML	4 116 659,7
Rom 9	6 944	43,27		300 466,9
D	53 181		ΣML	4 417 126,6
Oppdr.mom. – 53181 · 90,64			=	–4 820 325,8
			TM	–403 199,2
			$TM_{ønsket}$ =	0

T_R = 12,05 m, LCB = 90,64 m, MTC= 654,78 tm/cm, LCF= –5,03 m

$$v = \frac{403\ 199{,}2}{151{,}28 - 43{,}27} = 3\ 733 \text{ tonn}$$

Fordeling av lasten:
Rom 1: 3733 tonn
Rom 9: 6944 – 3733: 3211 tonn

T_R	=	12,05 m		
t.korr	=	0		
$T_{Ø}$	=	12,05 m		
df	=	0,02 m	*da* = 0,02 m	*dm* = 0,02 m
T_{MF}	=	12,07 m	T_{MA}= 12,07 m	$T_{MØ}$= 12,07 m

Stabiliteten for skipet er svært stor siden tyngdepunktet for lasten ligger lavt. Det kan være av interesse å studere stabilitetsforholdene for MS Sidus med full malmlast inne.

Rom 1: V = 3733 · 0,45 = 1680 m^3, vcg = 6,99 m
Rom 2: V = 4000 · 0,45 = 1800 m^3, vcg = 5,32 m
Rommene 3–8: V = 4000 · 0,45 = 1800 m^3, vcg = 4,59 m
Rom 9: V = 3211 · 0,45 = 1445 m^3, vcg = 4,67 m
Rom 10: V = 1500 · 0,45 = 675 m^3, vcg = 11,88 m

Sted	Vekt	vcg		MT
L/S	13 716	12,76		175 016,2
Bunkers osv.	3 021			26 138,5
Rom 1	3 733	6,99		26 093,7
Rom 2	4 000	5,32		21 280,0
Rommene 3–8	24 000	4,59		110 160,0
Rom 9	3 211	4,67		14 995,4
Rom 10	1 500	11,88		17 820,0
D	53 181		ΣMT	391 503,7

$$KG = \frac{391\,503{,}7}{53\,181} = 7{,}36 \text{ m}$$

$$GG_2 = \frac{2\,516}{53\,181} = 0{,}05 \text{ m}$$

$$KG_{korrigert} = 7{,}41 \text{ m}$$

KM	=	13,36 m
KG	=	7,41 m
GM	=	5,95 m

Vi finner at rulleperioden er ca. 9 sekunder og amplituden > 21°.

Det blir knappe bevegelser, og værforholdene vil få stor betydning for forholdene om bord.

Beregning av trim ved ankomst Chiba

Forbruk av tungolje fra T 21PS/SB og dieselolje fra T10.

Sted	Vekt	Lcg		ML
Δ_{avgang}	53 181		ΣML	4 820 325,8
T21PS	–563,5	161,08		–90 768,6
T21SB	–563,5	161,30		–90 892,6
T10	–48,0	25,90		–1 243,2
$\Delta_{ankomst}$	52 006		ΣML	4 637 421,4
Oppdr.mom.	–52 006 · 90,77			=–4 720 584,6
			TM	– 83 163,3

$$\Delta_{avlest} \frac{\Delta \cdot 1{,}025}{\rho} = \frac{52\,006 \cdot 1{,}025}{1{,}020} = 52\,261 \text{ tonn}$$

$T_{R\rho}$ = 11,87 m
LCB_ρ = 90,77 m
MTC_{avlest} = 650,95 tm/cm
LCF_ρ = –4,83 m

$$t = \frac{-83\,163,3}{647,77} = -128,4 \text{ cm}$$

$$MTC = \frac{MTC_{avlest} \cdot \rho}{1,025} = \frac{650,95 \cdot 1,020}{1,025} = 647,77 \text{ tm/cm}$$

$$\text{t.korr.} = \frac{(-1,28) \cdot (-4,83)}{176} = 0,04 \text{ m}$$

$T_{R\rho}$	=	11,87 m			
t.korr.	=	–0,04 m			
$T_{⌀}$	=	11,83 m			
t/2	=	± 0,64 m			
T_F	=	11,19 m	T_A =	12,47 m	$T_{⌀}$ = 11,83 m
df	=	+0,02 m	da =	+ 0,02 m	dm = +0,02 m
T_{MF}	=	11,21 m	T_{MA} =	12,49 m	$T_{M⌀}$ = 11,85 m

Vi velger å losse til «even keel» 8,50 m i brakkvann slik at vi har 0,50 m klaring i forhold til maksimal tillatt dypgående.

$T_{R\rho}$ = 8,50 m, LCB_ρ = 92,47 m, MTC_{avlest} = 497,95 tm/cm, LCF_ρ = 3,64 m
Δ_{avlest} = 35 751 tonn, MTC = 497,95 · 1,020/1,025 = 495,52 tm/cm

$$\Delta = \frac{\Delta_{avlest} \cdot \rho}{1,025} = \frac{35\,751 \cdot 1,020}{1,025} = 35\,577 \text{ tonn}$$

$\Delta_{ankomst}$	= 52 006 tonn
$\Delta_{etter\ lossing\ 1.\ terminal}$	= 35 577 tonn
Losser ved 1. terminal	= 16 429 tonn (ca. 45 %)

Hvordan losser vi?

For å kontrollere skjærkrefter og bøyemomenter når vi planlegger lossingen, må vi ha dataprogram. Vi må ellers holde oss til instruksjone i lastemanualen. Losser vi jevnt fra alle rom, er vi alltid på den sikre siden.

Bulkskip skal vanligvis tåle å laste og losse vekselvis fra annethvert rom. Her vil vi forsøke å losse slik at rommene 3, 5, 7 og 9 (oddetall) blir tomme.

Fra hvert av rommene 3, 5 og 7 losses 4 000 tonn	=	12 000 tonn
Fra rom 9 losses	=	3 211 tonn
Resten losses fra rom 8 og rom 10	=	1 218 tonn

Sted	Vekt	Lcg		ML
$\Delta_{ankomst}$	52 006		ΣML	4 637 421,4
Rom 3	–4 000			– 497 040,0
Rom 5	–4 000			– 389040,0
Rom 7	–4 000			– 281 040,0
Rom 9	–3 211	43,27		– 138 940,0
Δ_1	36 795		ΣML	3 331 361,4
Rom 8	–1 218	56,76		– 69 133,7
$\Delta_{etter\ 1.\ terminal}$	35 577		ΣML	3 262 227,7
Oppdr.mom. = – 35 577 · 92,47				–3 289 805,2
			TM	– 27 577,5

$$t = \frac{-27\,577{,}5}{495{,}52} = -55{,}7 \text{ cm}$$

$$v = \frac{27\,577{,}5}{56{,}76 - 30{,}70} = 1\,058{,}2 \text{ tonn} \approx 1\,058 \text{ tonn}$$

Losser fra rom 8: 1218 – 1058 = 160 tonn
Losser fra rom 10: = 1058 tonn

Det er nødvendig å kontrollere den planlagte lossingen med dataprogrammet. Ved den lossingen som vi har planlagt, ble akterlig trim = 0,56 m. Det gir et dypgående akter på ca. 8,78 m, tilstrekkelig for lossing ved 2. terminal. Her kunne vi latt være å losse fra rom 8.

Litt om containerlast

Enheten som brukes for å angi containerkapasiteten, er TEU (twenty-foot equivalent unit). Det er voluminnholdet av en container *20' · 8' · 8'* (≈ 6,1 m · 2,44 m · 2,44 m). Tidligere var det flere typer containere i bruk, og det skapte store problemer. Nå brukes standardiserte containere, enten 20' eller 40'. Systemet som brukes for å angi hvor containerne er plassert om bord, er stort sett likt for alle containerskip (se oversikten over «Containers Plan» for MS Sidus).

I høyderetning: Lag nr. (Tier No). I langskipsretning: Rad nr. (Bay No). I tverrskipsretning angir vi posisjonen ved å nummerere fra midten av skipet og ut til sidene. På styrbord brukes ulike tall, 1, 3, 5 osv. og på babord like tall, 2, 4, 6 osv.

MS Sidus har en kapasitet på 1256 TEU i rommene og 620 TEU på dekk. For Panama gjelder spesielle regler for containere på dekk, og kapasiteten er her 520 TEU (pga. fri sikt fra broen og forover).

For MS Sidus finner vi: I rommene er det plass til 7 lag (Tier No) med containere nummerert i lag nr. 02, 04, 06, 08, 10, 12 og 14. På dekk er det 4 lag (Tier No), nummerert i lag nr. 82, 84, 86 og 88. Langskipsplassering (Bay No) nummerert forfra 1, 3, 5 osv. til 39 med ulike tall for 20' containere. For 40'containere brukes like tall 2, 4, 6 osv. til 38. I tverrskipsretning er det plass til 10 containere.

Vekten av containerne varierer, men det angis ofte maksimalvekt. Containerlasting er komplisert. Ofte lastes og losses det i flere havner slik at det er svært vanskelig å ha full oversikt uten gode dataprogrammer. Containerne inneholder mange forskjellige typer last, og det er spesielt viktig å ha oversikt over «farlig» last slik at kravene til separasjon (IMDG-koden) blir overholdt.

Det er ikke lagt opp til manuell beregning av containerlast i plansjene for MS Sidus.

Eksempel 7

Eksamen i Lasteteknikk og behandling av last

28.mai 2003

OPPDRAG A (M/S «SIDUS»)
M/S « SIDUS» er kommet til Cherbourg og har losset alt fra rom 2,4,6 og 8, som var fulle, og skal videre losse den resterende lasten ifølge laste-/losseordren.
Skipet skal ha 2 m akterlig trim ved avgang fra Cherbourg.
En ser bort fra det lille forbruket under land og på den korte reisen til Le havre, da dette vil gjøre minimale utslag.

OPPGAVE
- Utfør nødvendige beregninger.
- Vurder om skipet tilfredsstiller «International Code for Safe Carriage of Grain in Bulk.
- Vurder begrepet «Liquids Worst condition» i forbindelse med kornlasting.

Anm.
Fra forberedelsen har en oppgitt: Δank 52962t ∑ML 4765380tm

OPPDRAG B (M/T «MILLENNIUM»)
M/T «MILLENNIUM» lastet i Halul Island, Quatar, for Kawasaki i Japan. Avgangssituasjonen var som beskrevet i Loading Condition (Vedlegg 2).
Skipet lastet Arabian Heavy Crude Oil med tetthet (SG) ved 15°C på 0,8890 kg/l. Innlastingstemperaturen var 26°C. Det ble ikke regnet med temperaturstigning i lasten i løpet av reisen. Alle «fulle» tanker har en sikkerhetsmargin på 2% ullage.
Underveis til Kawasaki ble det bestemt at man skulle fylle babord sloptank maksimalt, av hensyn til at man skal varme (heat) opp oljen til 62,5°C for oljevasking (COW). Sjøvannets tetthet er 1.025 t/m^3 i både laste- og lossehavn. Distansen fra Halul Island til Kawasaki er ca 6453 n.m. Service speed er i følge charter party satt til 14.9 knop. Forbruk av bunkers på reisen tas fra F.O.T. tanker P/S, mens forbruket av ferskvann produseres om bord.

OPPGAVE
– Vis kondisjonen ved ankomst Kawasaki.

(NB! For tankene er det tilstrekkelig å vise situasjonen for de tanker som det har vært transfert last til eller fra.).

TF6140 V03 VEDLEGG 2

LOADING CONDITION, M/T MILLENNIUM

Departure port: Halul Island **Draught: F 20,314 m M 20,622 m A 20,903 m**
Density Freshwater/Seawater: 1,025 **Total cargo: 271538 M/Tons**
Trim: 0,622 m (A. on perp.) **Total cargo: BBLS 1924389,8 (barrels)**

WB	**1P** Ullage: 15,396 m M/Tons: 8484	**1C** Ullage: 1,381 m M/Tons: 19392	**1S** Ullage: 15,396 m M/Tons: 8484	WB
WB	**2P** Ullage: 1,151 m M/Tons 19402	**2C** Ullage: 1,392 m M/Tons: 20950	**2S** Ullage: 1,151 m M/Tons: 19402	WB
WB	**3P** Ullage: 1,151 m M/Tons: 19402	**3C** Ullage: 1,392 m M/Tons: 20950	**3S** Ullage: 1,151 m M/Tons: 19402	WB
WB	**4P** Ullage: 1,151 m M/Tons: 19402	**4C** Ullage: 1,392 m M/Tons: 20950	**4S** Ullage: 1,151 m M/Tons: 19402	WB
WB	**5P** Ullage: 1,398 m M/Tons: 16145	**5C** Ullage: 5,194 m M/Tons: 23622	**5S** Ullage: 1,398 m M/Tons: 16145	WB
	Slop Ullage: Empty M/Tons: Empty		**Slop** Ullage: Empty M/Tons: Empty	

Ullage = Measured ullage

Eksempel 7

Løsningsforslag eksamen i lasteteknikk

vår 2003

a.

Lossing	18000 t
R2: 4099 t	
R4: 4368 t	
R6: 4368 t	
R8: 4368 t	– 17203 t
Rest fra rom 9:	797 t

Sted	Vekt	Lcg	ML	
Δank.	52962		ΣML4765380	(fra forberedelsen)
R2	– 4099		– 564678	
R4	– 4368		– 483799	
R6	– 4368		– 365864	
R8	– 4368		– 247929	
R9	– 797	43.27	– 34486	
Δ1			ΣML = 3068624	
Oppdr.mom. –34962 · 92.49			= – 3233635	
			TM = -165011	

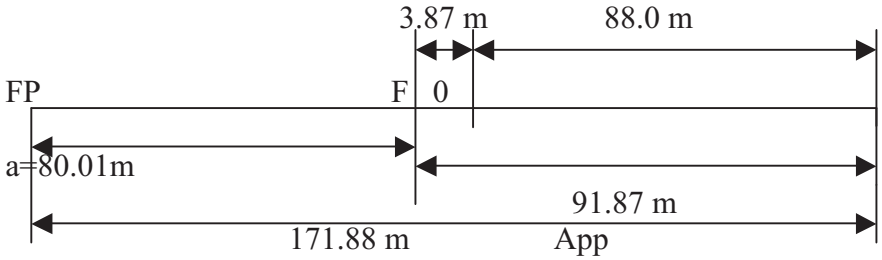
T_R = 8.32 m
LCB = 88 + 4.49 = 92.49 m
MTC = 493.33 tm/cm
LCF = 3.87 m

$$t = \frac{-165011}{493.33} = -334.5 \text{ cm}$$

t ønsket = - 200.0 cm

δt = 134.5 cm

Velger å fylle ballast i FP.



$$v = \frac{134.5 \cdot 493.33}{80.01} = 829.3 \text{ t}$$

Fyller ca 829 tonn sjøvann på FP for å oppnå riktig trim.
R9: Resterende vekt= 2401.8 – 797 = 1604.8 t
Volum = 1604.8: 0.706 = 2273 m^3 ,Vcg = 6.13 m, U=11.0m, I=8490m^4
FP: Volum = 829:1.025 = 809 m^3 , Vcg=6.06m, FSM = 744 m^4

Kornskjemaet kan avsluttes etter tabell VI da Sidus har tabell over tillatte krengemomenter (Upsetting moments). Her bør en imidlertid slik oppgaven krever, beregne og tegne GZ-kurven og beregne gjenværende areal under krengearmen (tabell IX).

Beregning av krengevinkel , tabell VIIB i kornskjemaet:

$$\text{Tan } Ø = \frac{\text{Sum upsetting moments (Table V)}}{\text{Displacement(Table II) x GM (Table III)}} = \frac{11244}{35781{,}9 \cdot 1{,}81} \Rightarrow Ø = 9{,}8°$$

Bergning av GZ-kurve:

GZ 5° = 1,176 – 11,65 • sin 5° = 0,16 m

GZ 10° = 2,364 – 11,65 • sin 10° = 0,34 m

GZ 15° = 3,573 – 11,65 • sin 15° = 0,56 m

GZ 20° = 4,813 – 11,65 • sin 20° = 0,83 m

GZ 30° = 7,361 – 11,65 • sin 30° = 1,54 m

GZ 40° = 9,648 – 11,65 • sin 40° = 2,16 m

Se kornskjema

b. «Liquids Worst Condition» i forbindelse med kornlasting er den verst tenkelige stabilitetstilstand som skipet kan komme i på en reise fra lastehavn til lossehavn på grunn av slakke tanker underveis. Slakke tanker vil medføre et såkalt frivæskeoverflate-moment (FSM) som reduserer GM slik at skipets stabilitet reduseres. Et skip med dårlig stabilitet bør unngå for mange slakke tanker. Av den grunn bør det bare bruke bunkers fra en bunkerstank om gangen. Dersom skipet ved avgang lastehavn har flere slakke tanker kan denne tilstand være «Worst Condition». Dette kan være tilfelle med et skip som «Sidus» som har mange bunkerstanker. For et skip som normalt har fulle bunkerstanker (vanligvis bunntanker) ved avgang lastehavn vil «Worst Condion» oppstå underveis når en nærmer seg lossehavn hvor skipet normalt har flest slakke tanker. Dersom et skip fyller ballast underveis eller foretar skifting av ballast eller bunkers kan «Worst condion» inntreffe når en slik operasjon blir foretatt.

1

Eksempel 7 - Eksamen

TF6140 V03 VEDLEGG 1

SKAL LEVERES INN / SKAL LEVERAST INN Side 2 av 6

Ark. nr.	TF6140 Vår 2003	Skolens navn/namn	Klasse	Eksaminand nr.

TABLE II CALCULATION OF KG

For full compartments indicate whether cargo centres "c" or volumetric centres "v" are used. If your grain stability information does not describe which are used presume "v" values used.

Compartment Number	Grain Cubic ~~Cu.Ft.~~/m/	Weight Tons/Tonnes	Kg ~~Ft/m~~	Solid moments = weight x kg	"c" or "v" centres
Light Ship		13716	12,76	175016	
Crew & Stores		125	17,00	2125	
CARGO					
Hold 1	3095	2184,8	10,37	22656	C
" 3	6181	4363			V
" 5	6187	4368	11,34	148543	V
" 7	6187	4368			V
" 9	2273	1604,4	6,13	9835	C
" 10	2743	1936	16,25	31460	V
Subtotal (1) ▶	32665,2		Subtotal (2) ▶	389635	

LIQUIDS' WORST CONDITION

Tank Number	Weight Tons/Tonnes	Kg ~~Ft/m~~	Liquid Moments = Weight x kg	Free Surface Moments
T21 P	790,5	8,14	6433	756
T21 S	766,8	8,08	6196	748
T23P	163,0	4,56	743	220
T23S	161,0	4,52	728	216
T30	24,5	0,47	11	65
T10	69,7	1,21	84	104
L.O.tk	50,0	11,04	552	0
Misc.tk	30,0	7,19	216	0
T40 P/S	232,2	16,61	3856	770
F.P.	829	6,06	5024	744
Subtotal Subtotal (1)	+ 3116,7	Subtotal Subtotal (2)	+ 23843	Total F.S. Moments ▶ 3623
Displacement	35781,9	Total Moments	413478	

Eksempel 7 - Eksamen

TF6140 V03 VEDLEGG 1

SKAL LEVERES INN / SKAL LEVERAST INN Side 3 av 6

Ark. nr.	TF6140 Vår 2003	Skolens navn/namn	Klasse	Eksaminand nr.

TABLE III CALCULATION OF KG & GM

Uncorrected kg from:	Total moments (Table II) / Displacement (Table II) =	413478 / 35781,9 =	11,55 m
Liquid F.S. gain from:	Total F.S. moments (Table II) / Displacement (Table II) =	3623/35781,9 =	+ 0,10 m (ft / m)
Corrected kg =			= 11,65 m
Km (from ship's stability information) for displacement shown in Table II			13,46 m
• • least Gm =	~~Ft~~/m (Must not be less than ~~12 inches~~/0.3m.)		+ 1,81 m

TABLE IV UPSETTING MOMENTS

Compartment Number	Grain depth ~~ft~~/m or ullage	Stowage Factor ~~cu.ft. per Ton~~ Cu. m. per Tonne	Volumetric Upsetting Moment ~~ft³/ft⁴~~	Upsetting Moment ~~ft. tons~~/m. tonnes
Hold 1	3,70	1,4164	4342	3066
" 3	Full	"	774	546
" 5	"	"	"	"
" 7	"	"	"	"
" 9	11,0	"	8490	5994
" 10	Full	"	774	546

Use this total for Table VIIA, and for Table VIIB only when the 12% correction for the vertical shift of G in slack compartments is incorporated in the ships data otherwise complete Table V to calculate angle of heel in Table VIIB. **Total Upsetting Moment** ▶ 11244

TABLE V UPSETTING MOMENT CORRECTION FOR VERTICAL SHIFT OF G IF NOT INCLUDED IN SHIPS DATA

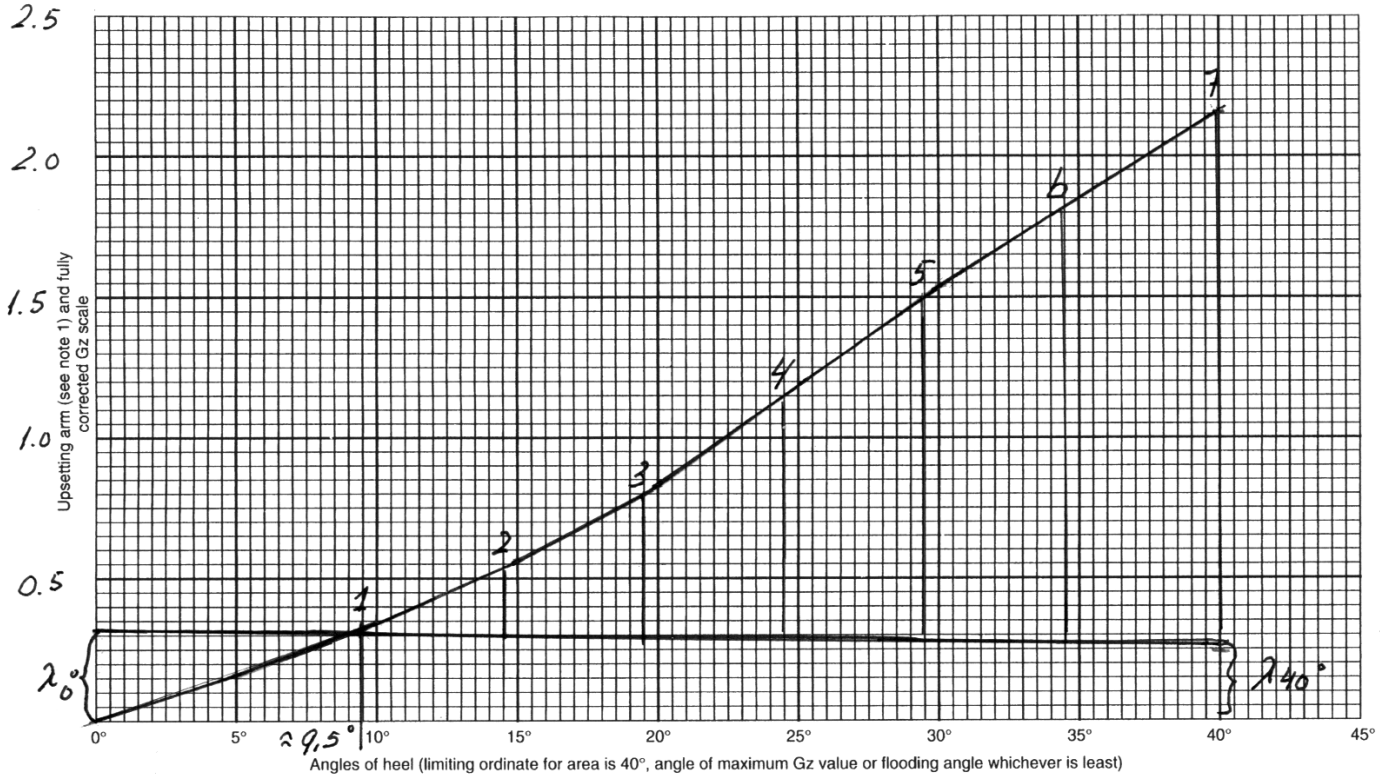
1. Total upset moments for slack compartment Table IV multiply _____ x 1.12. =	9060
2. Total upset moment for full compartment	2184
+	
Total Corrected Value of Upsetting Moments	11244

TABLE VI MAXIMUM ALLOWABLE UPSETTING MOMENTS

Corrected kg (from Table III) =	11,65
Displacement (from Table II) =	35781,9
(A) Maximum allowable upsetting moment (from ship's stability book)	16000
(B) Actual corrected value of upsetting moments from (Table V) If (A) exceeds (B) vessel complies	11244

o.k.

TABLE IX TO DETERMINE RESIDUAL AREA BETWEEN THE UPSETTING ARM CURVE AND RIGHTING ARM CURVE



SIMPSON'S PRODUCT FOR AREA			
	Selected ordinate	S.M.	Product for area
1.	0	1	0
2.	0,24	4	0,96
3.	0,51	2	1,02
4.	0,86	4	3,44
5.	1,22	2	2,44
6.	1.54	4	6.16
7.	1.90	1	1.90
Sum of products			15,92

Interval = $\frac{40 - 9,5}{6} = 5°$

Eksempel 7 - Aksamon

1. ord. : 9,5°
2. ord. 9,5° + 5° : 14,5°
3. ord. 14,5 + 5° = 19,5°
4. ord. 19,5 + 5° = 24,5°
5. ord. 24,5 + 5 = 29,5°
6. ord. 29,5 + 5 = 34,5°
7. ord = 40°

CORRECTION OF GZ VALUES									
Angles of heel	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Gz value from cross curves									
Corrections for diff. of Kg's									
1st corrected Gz values (see note III)									
Upsetting arm ordinates (see note II)									
Fully corrected Gz values									

Area under curve = $\frac{\text{selected interval}}{3}$ X sum of products

= $\frac{5}{3}$ X 15,92 = 26,53 ~~Ft. degrees~~ M. degrees

Minimum requirement = ~~14.104 ft. degrees~~

14.296 m. degrees

NOTE I (The upsetting am curve is a straight line constructed between the following two values:

At 0° = Gm (Table III) X tan angle of heel $\lambda_0 = 1.81 \cdot \tan 9,8° = 0.31$

At 40° = Gm (Table III) X tan angle of heel X .8 $\lambda_{40} = 0.31 \cdot 0,8 = 0.25$

NOTE II Use ordinates from upsetting arm curve to correct Gz values

NOTE III If vessel is provided with Kn curves rather than Gz curves the 1st corrected Gz values are obtained by: $Gz = Kn - Kg \sin \theta°$

Løsningsforslag M/T "Millennium"

T_{MF} = 20.314 m
T_{MA} = 20.903 m
t_s = -0.589 m

$$df = \frac{t_s \cdot 1.5}{300} = \frac{-0.589 \cdot 1.5}{300} = -0.003 \text{ m}$$

$$da = \frac{-t_s \cdot 15.3}{300} = \frac{-(-0.589) \cdot 15.3}{300} = 0.030 \text{ m}$$

T_{MF} = 20.314 m T_{MA} = 20.903 m
df =- 0.003 m da = 0.030 m

T_F = 20.311 m T_A = 20.933 m t = - 0.622 m

$$T_O' = \frac{T_F + 4 \cdot T_O + T_A}{6} = \frac{20.311 + 4 \cdot 20.622 + 20.933}{6} = 20.622 \text{ m}$$

$$\text{t.korr.} \frac{t \cdot LCF}{L} = \frac{-0.622 \cdot 4.02}{317} = +0.008 \text{ m}$$

T_R = 20.63 m

Δ = 319250 t
LCB = 158.5 + 14.16 = 172.66 m
MTC = 3749.06 tm/cm

$$LCG = LCB + \frac{tcm \cdot MTC}{\Delta} = 172.66 - \frac{62.2 \cdot 3749.06}{319250} = 171.93 \text{ m}$$

ρ_{15° = 0.8890 kg/l f_{26° = 0.9915
-0.0011 $f_{62.5^\circ}$ = 0.9628

SG_L = 0.8879 kj/l

Slop tank Port (maksimalt)
Vekt = $V \cdot f_{62.5^\circ} \cdot SG_L$ = 4923.7 · 0.9628 · 08879 = 4209 t

For å unngå for stor slagside bør en ta olje fra en tank på samme side som en fyller dvs. her babord.(Dersom en tar olje fra en sentertank vil skipet få en liten slagside, vanligvis av liten praktisk betydning).

Vil her ta olje fra babord tank nr 5.(WT5P)

Før transfer : Vekt 16145 t
Transfer til slop tank port - 4209 t

Vekt i WT5P etter tranfer 11936 t

$$\text{Forbruk til lossehavn:} \frac{6453 \cdot 82}{14.9 \cdot 24} = 1480 \text{ t}$$

Sted	Vekt	Lcg	ML
Δavgang	319250	171.93	54888653
FOT P/S	- 1480	41.625	-61605
WT5P-Slop P	±4209	(90.85-61.58)	- 123197
Δankomst	317770		∑ML 54703851
Oppdr.mom.	–317770 · 172.71		= - 54882057
			TM -178206

T_R = 20.54m
LCB = 158.5 + 14.21 = 172.71 m
MTC = 3744.06 tm/cm
LCF = 4.07 m

$$t = \frac{-178206}{3744.06} = -47.6 \text{ cm}$$

$$V = \frac{\text{Vekt}}{f_{62.5^\circ} \cdot SG_L} = \frac{\text{Vekt}}{0.9628 \cdot 0.8879} =$$

Tank	Vekt	V	Ull.corr.	Corr.	Ull.avlest
WT5 P	11936	13558	8.399	-0.02	8.379
Slop P	4209	4923.7	0	+0.01	≈ 0

T_R	= 20.540 m		
t.korr	= 0.006 m	t.korr = $\frac{-0.47 \cdot 4.07}{317}$	= -0.006 m
T_O	= 20.546 m		
t/2	=± 0.238 m		
T_F	= 20.308 m	T_A = 20.784 m	
df	= +0.002 m	da = -0.023 m	
T_{MF}	= 20.310 m	T_{MA}= 20.761 m	t_s = -0.451 m

$$df = \frac{-t \cdot 1.5}{317} = \frac{-(-0.476) \cdot 1.5}{317} = 0.002 \text{ m}$$

$$da = \frac{t \cdot 15.3}{317} = \frac{-0.476 \cdot 15.3}{317} = -0.023 \text{ m}$$

BBLS = Vekt · Tab 58 = 271538 · 7.087 = 1924389.8 BBLS

Arbeidsoppgaver

1. Dypgående avlest forut = 4,95 m, akter (i AP) = 5,45 m.
   Beregn dypgående over BL i perpendikulærene.
2. Dypgående avlest forut = 6,30 m, akter (i AP) = 8,25 rn og midtskips = 7,22 m.
   Beregn riktig deplasement og LCG.
3. Dypgående avlest forut = 5,63 rn, i tverrenden akter = 9, 35 m og midtskips = 7,54 m.
   Beregn deplasement og LCG.
4. MS Sidus ankommer en lastehavn hvor saltgehalten er 1,010 t/m^3. Dypgående forut ble avlest = 7,80 m, akter (i AP) = 8,95 m og midtskips = 8,40 m.
   Beregn riktig deplasement og LCG.
5. MS Sidus liggeri en lastehavn med tetthet 1,008 t/m3. Dypgående forut er avlest til 11,75 m, akter (i AP) = 10,65 m og midtskips til 11,25 m. Beregn riktig deplasement og LCG.
6. MS Sidus har A: 49 150 tonn og et langskipsmoment på 4 479 500 tm. Beregn dypgående forut, akter (AP) og midtskips.
7. MS Sidus liggeri en havn med tetthet 1,010 t/m3. TRP= 11,30 m. Langskipsmomentet blir beregnet til 4 558 000 tm. Beregn dypgående forut, akter (AP), midtskips.
8. MS Sidus skal laste kull (SF = 1, 25 m3/t) i Vancouver, Canada (N 49° 17', W 123° 07') for lossing i Yokohama, Japan (N 35° 27” E 139° 39”). Skipet ankommer Vancouveri lastetilstand nr. 2. Det opererer som et bulkskip og har ikke containersurringer om bord. Skipet har fått installert overvåkningsutstyr for temperatur, metan, oksygen og karbonmonoksid i alle rom. Lastingen foregår ved Roberts Bank (ytre havneområde), og vi regner med at det er sjøvann med tetthet 1,025 t/m3. Skipet skal laste maksimalt for årstiden. Avgang er satt til 10. oktober kl. 02.00 (sone +8). Skipet skal seile den nordlige ruten og vil komme inn i vinterperiodisk sone. Samlet distanse til Yokohama er beregnet til 4260 n mil. Farten er 15 knop, og forbruket av tungolje er 35 t/d og av dieselolje 2 t/d. Skipet har evaporator, og vi ser bort fra annet forbruk. Vi ønsker å ankomme Yokohama «even keel».
   Gjør rede for forholdsregler og faremomenter ved kullaster.
   Bunkers og stores ved avgang var 2996t med Langskipsmoment: 287378 tm og tverrskipsmoment: 26031 tm.
   Utfør de beregningene som er nødvendige for avgang Vancouver.
   Kontroller også stabiliteten.
9. MS Sidus er i ballast og ankommer Corpus Christi, USA (N27°48', W 97°23') for å laste hvete for lossing i Rotterdam, Nederland. Ved lastekaien er maksimalt dypgående begrenset til 11,20 m. Det er sjøvann med tetthet 1,025 t/m3 på lasteplassen. Lasteordren går ut på å laste 29 000 tonn hvete i bulk, SF = 1,30 m3/t, og hvete i sekker, SF 1,40 m3/t, til maksimalt dypgående. Vi regner med avgang 20. mai kl. 1500 lokal tid. Ved avgang har skipet dette om bord:

Heavy fuel oil (H.O.)
Tank 21 PS : 800 t
Tank 21 SB : 700 t
Tank 29 : 30 t

Diesel oil (D.C.)
Tank 10 : 40 t
Tank 25 : 20 t

Lubricating cyl. oil = 60 t

Fresh water
Tank 11 : 25 t
Tank 40 : 60 t
Evaporator produserer vann til daglig forbruk.
Stores Aft 20 t

Forbruk med 14,5 knops fart: H.O. 32 t/d, D.O. 1,5 t/d
Vi ser bort fra annet forbruk. Distansen fra Corpus Christi til Rotterdam er beregnet til 5120 n mil.

Utfør nødvendige beregninger og kontroller at skipet oppfyller kravene til stabilitet (kanadisk kornskjema).

I Rotterdam er det ønskelig at skipet ankommer kai «even keel». Det ble opplyst at tettheten ved lossekaien er 1,005 t/m^3. Vurder nødvendige tiltak før skipet går til kai.

10 Generelle opplysninger:
Denne oppgaven er en omarbeidet eksamensoppgave som ble gitt for MS Linda. Den er nå tilpasset MS Sidus, som opererer som et rent bulkskip. Forberedelsesdelen, som er felles for navigasjon og lasteberegning, går over tre dager, og elevene kan ta med inntil 10 sider med notater til eksamen. Hvor mange sider de vil ta med per fag, bestemmer de selv. Dersom elevene tar bare ett av fagene, kan de ta med inntil 5 notatsider. Det er svært viktig å arbeide grundig med forberedelsesdelen. Lasteberegninger og behandling av last består av del A og del B. Del A omfatter MS Linda (her MS Sidus), og del B omfatter MT Millennium. Del B er ikke tatt med her.

Oppdrag del A (MS Sidus) – Forberedelse
MS Sidus er på vei fra Boston til lastehavn i elven Mississippi i USA. Skipet er i ballast. Skipet har tidligere mottatt følgende lasteordre:

010990 0800 LT

MASTER SIDUS

DEAR CAPTAIN

QTE:
SAILING INSTRUCTION FOR VESSEL.

THIS IS AUK BULKSHIP (USA) INC.
UPON DELIVERY TO AUK BULKSHIP AT PORT BOSTON. YOU ARE KINDLY REQUESTED TO PROCEED TO NEW ORLEANS FOR LOADING GRAIN IN BULK WITH ANGEL OF RESPONS BELOW 30° SF 1.25M^3/T AND GRAIN IN BAGS SF 1.40 M^3/T. ACCDG TO FLWG PROFORMA SCHEDULE.

1 SCHEDULE

PORT	ETA	ETD	REMARK
NEW ORLEANS	5. SEPT	10. SEPT SOUTH PASS	AT THE PRESENT MOMENT: APPROX. FULL CARGO
SOUTHAMPTON, UK		23. SEPT LATEST	DISCHARGE ALL

2 YOU ARE REQUESTED TO NAVIGATE AT FULL SPEED UNTIL OUR FURTHER INSTRUCTION.

3 CGO AND QTO AS PER EARLIER MSG.

L/PORT-1 SB MISS RIVER NOT ABV BUT INCLDG BATONROUGE MISS RIVER. REGARDING PORT ROTATION, PLEASE KEEP CONTACTING WITH AGENT AND CONFIRM DIRECTLY.
D/PORT-1 SB SOUTHAMPTON, UK.
STEVEDORAGE– L/PORT: TO BE EMPLOYED/PAID BY CHARTERS
– D/PORT: TO BE EMPLOYED/PAID BY CHARTERS

4 BULK AND BAGS CARGO TO BE LOADED IN MAIN CARGO HOLDS ONLY.

5 AGENTS – YOU SHOULD KEEP CLOSE CONTACT WITH AGENTS UNDERMENTIONED.

a) L/PORT:
NOLA INTERNATIONAL SHIPPING INC 7361 WORLD TRADE CENTER 20, CANAL STREET, NEW ORLEANS, LOUSIANA 7848 / USA
TELEX: 123456 KURUPS
PHONE: 12893963870
FAX: 12893849070

b) D/PORT:
KELLER BRYANT & CO., LTD., HAVELOCK CHAMBERS, 22 QUEEN'S TERRACE, SOUTHAMPTON, UK
TELEX: 47568
PHONE: 0703 228566/7/8/8
FAX: (0703) 339631

6 COMMUNICATION AND ARRIVAL NOTICES:

a) BEFORE ARRIVAL LOAD PORT: 7/5/3/2/1/ 12 HRS PRIOR ARRIVAL
b) PORT/RANGE
AFTER SAILING LOAD PORT:10/7/5/3/2/1 12 HRS PRIOR ARRIVAL
TO: REF AGENTS a,b

7 BUNKERING:
OWNERS WILL SUPPLY BUNKERS AT MISS RIVER IF NECESSARY.

8 PREPARATION FOR PRE-LOADING INSPECTION
– IN USA PORTS, THE PRE-LOADING INSP. IS CARRIED OUT WITH STRICT ATTENTION PAID TO DETAILS,
– THEREFORE, WE ASK YOU TO TAKE NOTICE OF THE FOLLOWING
– PROCEDURES IN ORDER TO AVOID ANY LOSS OR DELAY WHICH COULD MOST LIKELY RESULT FROM A FAILED INSPECTION.
– AA/KEEP ALL HOLDS CLEAN (BY WASHING) AND DRY FM CARGO RESIDUES AND RUST.
– PAY SPECIAL ATTENTION TO BLIND AREA IN HOLD (BACK SIDE OF THE HATCH COVER, BACK SIDE OF THE CROSS DECK, ETC.).
– BB/TAKE INTO ACCOUNT SCRAPING, CHIPPING AND TOUCHING UP THE FLNG PARTS.
a) RUSTY PARTS
b) PARTS WHERE PAINT HAS PEELED OFF
c) TRACES OF PREVIOUS CARGO ON BULK HEADS AND SIDE PLATES.
IN CASE HOLDS CANNOT BE CLEANED UPTO THIS CARGO LOADING LEVEL BY ARRIVAL LOAD PORT, PLS ADVISE.
CC/YOU THE MASTER OF THE VSL, ARE REQUESTED TO ATTEND THE SURVEYOR YOURSELF. WE UNDERSTAND THAT THIS IS AN IMPORTANT FACTOR IN CLEANING INSPECTION.

9 PREVENTION AGAINST WET/HEAT DAMAGE:
THE FOLLOWING ARE BASIC PROCEDURES TO PREVENT WET/HEAT DAMAGE
AA/YOU ARE REQUESTED TO CHECK THE WATER TIGHTNESS ON THE HATCH COVER BY WAY OF THE «HOSE TEST» AND «CHALK TEST» ON A BALLAST VOYAGE.
BB/KEEP ALL CARGO HOLDS AND BILGE WELLS DRY AND CLEAN.
CC/KEEP THE TEMPERATURE OF F.O. TANKS ADJACENT TO CARGO HOLDS BELOW «40 °C».

10 BILLS OF LADING (AUTHORIZATION FOR SIGNE). MASTER TO AUTHORIZE L/PORT AGENT «NOLA INTERNATIONAL SHIPPING INC.» TO SIGN BILLS OF LADING (IF REQUIRED) ON HIS BEHALF IN ACCORDANCE WITH CHARTER PARTY BUT ALWAYS PROVIDED BILLS OF LADING ARE IN CONFORMITY WITH MATES RECEIPTS AND THE TALLY CLERK RECEIPS (SHEETS).
PLS CFM BY RETURN YR RCPT OF THIS INSTRUCTIONS N WHETHER YR VSL'S PARTICULARS HEREUNDER ARE CORRECT.

11 FUMIGATION/VENTILATION
IF FUMIGATION IS PERFORMED AT LOAD PORT, THE FUMIGATION COMPANY WILL PROVIDE YOU WITH INSTRUCTIONS, THE SAME AT D/PORT.

12 STEVEDORE DAMAGE:
SHOULD ANY STEVEDORE DAMMAGE OCCUR, MASTER MUST GIVE WRITTEN NOTICE TO STEVEDORES N US PLUS OBTAIN WRITTEN ACKNOWLEDGEMENT OF LIABILITY FOR THE DAMAGE. FAILING THAT PLS OBTAIN ACKNOWLEDGEMENT OF RECEIPT FM THE RESPONSIBLE PARTY W/IN 24 HOURS AFTER THE DAMAGE HAS OCCURED OR PRIOR VSL'S DEPARTURE FM THE PORT WHERE DAMAGE HAS OCCURED.

13 AUK BULKSHIP USA
TEL 2323886982
FAX 32369993698

IF ANY QUESTIONS KINDLY ADVISE.
WITH THE BEST WISHES FOR YOUR SAFE VOYAGE AND GOOD HEALTH TO YOU AND YOUR CREW MEMBERS.
AUK BULKSHIP USA INC.
UNQTE
VSOPJR

Andre opplysninger i forbindelse med oppdraget:
Vi regner med at skipet vil være ferdig lastet og gå fra losstasjonen 10. september kl. 18.00 lokal tid.

Skipet skal ha dette om bord ved avgang:
Heavy fuel oil:
Tank nr. 21 PS: 500 tonn
Tank nr, 21 SB: 500 tonn
Tank nr. 29: 60 tonn
Diesel oil:
Tank nr. 10: 50 tonn
Tank nr. 25: 22 tonn
Lubricating/cylinder oil:
Tank nr. 7: 15 tonn
Tank nr. 35: 25 tonn
Fresh water:
Tank nr. 11: 32 tonn
Tank nr. 40: 80 tonn

Stores Aft : 20 tonn

Forbruk med 15 knops fart: 35 tonn heavy oil per døgn
1,5 tonn diesel oil per døgn

Ferskvann produseres av evaporator, og vi ser bort fra annet forbruk.
Kornskjema: Selv om lastingen foregår i USA, skal det internasjonalt godkjente kanadiske kornskjemaet brukes.

Oppgave del A: – Eksamen

MS Sidus er kommet til New Orleans, USA, for lasting i henhold til ordre:
Korn i bulk: 28 800 tonn, 1,25 m^3/t, og korn i sekker 1,40 m^3/t:8500 tonn
Vi velger å laste til 25 cm akterlig trim ved avgang kai.

Vurder om skipet tilfredstiller

- «Internasjonal Code for Safe Carrige of Grain in Bulk»
- generelle sikkerhetstiltak ved kornlasting

Underveis til Southampton mottar skipet teleks fra agenten om at skipet i forbindelse med lossingen skal komme til kaien «even keel».

- Vurder nødvendige tiltak før ankomst Southampton.

Oppgave 11

Forberedelse eksamen i lasteteknikk

3.desember 2001

Oppdrag A – Situasjonsbeskrivelse

Den 6. september 1990 ligger MT «Millennium» på reden utenfor Sidi Kerir, Egypt. Kondisjonen er tilsvarende «Cond.No 18» med unntak av at man har om bord 500 tonn ekstra H.F.O. i hver av Deep F.O.T.(P/S) tankene.

Skipet har tidligere mottatt lasteordre som følger:

Master Millennium

Quate
Follwing orders for next voyage:

Loading Port:	Sidi Kerir Terminal Egypt (N31°06' 26'' E 029°36'46'') SBM#1 Mooring Offshore, Draft restriction 26 m
Cargo:	Full cargo arabian heavy crude oil, based on summer draft, API 28,4 SG 0,8849, 78°F - 26°C
Disch.Port:	Le Havre Antifer, France,(West Antifer Berth)
Agents Disch Port:	Van Ommeren Transport SA, Contact: Mr G. Friboulet, Manager
Bunkering HFO:	Ceuta Bay Anchorage (N 35°53' W 005°15') Basis Antifer- Suez-Rastanura- Europort + 15%
Notice and report:	ETD Load Port ETA Ceuta 24/12/6/2 hrs prior arrival ETD Ceuta ETA Antifer 24/12/6/2 hrs prior to arrival Advise pilot 24/6/2 hrs prior to arrival
Confirmation and advise:	Ullage/Load condition and draft fore/mean/aft dep loading port Dep Bunkering Port, Arrival Dish Port
COW:	Delay due to Cow operation accepted by charters

Best regards
ORJP/ops

Endquate.

I henhold til beskjed fra agenten regner man med å komme til kai neste formiddag.
ETD lastehavn er satt til 8.september kl 2000 LT.

Forbruk underveis regnes til 103 Mt/d som gjennomsnitt for hele reisen fram til lossehavn.

Oppdrag B

M/S «Mercadian Importer» laster full last med diverse stykkgods og sekker med bønner i Halifax, Nova Scotia, Canada (N44°39' W 063°36')

Første lossehavn er Hamburg, Tyskland (N53°32' E 010°00').
Andre lossehavn er Reykavik i Island (N64°09' W 021°57')
Etter lossing i Hamburg skal skipet også laste fullt med en partslast for Reykavik.

Underveis fra Halifax til Hamburg passeres posisjon
N 50°00' W 015°00' den 14. oktober kl 2400.

Distansen fra Halifax til posisjon N 50°00' W 015°00' = ca 2100 n.mil
Distansen fra N 50°00' W 015v00' til Hamburg = ca 990 n.mil
Distansen fra Hamburg til N 60° via Pentland Firth = ca 710 n.mil

Skipet går med service speed på 13 knop og har et forbruk på 11 t «fuel oil» og 3 t vann.

Avgang fra Hamburg er beregnet til 20.oktober kl 0800 UTC.

Problemstillinger /tema for oppdragene

Med utgangspunkt i oppdraget som er gitt, ressursheftet for MT «Millennium» skal du vurdere og drøfte følgende problemstillinger/ tema:

- Hvordan vil du planlegge seilasen til skipet «Millennium» fra lastehavnen Sidi Kerir via bunkring i Ceuta til lossehavnen ut fra kjent informasjon?
- Hvordan vil du laste skipet «Millennium» ut fra lasteordre og andre kjente forhold på reisen?
- Hvordan vil du laste skipet «Mercadian Importer» ut fra kjent informasjon og kjente forhold på reisen?

Oppgave 11

Eksamensoppgave i lasteberegninger og behandling av last

10.desember 2001

Oppdrag A

MT «Millennium» ligger på reden utenfor Sidi Kerir. Skipets lastekondisjon er tilsvarende «Condition 18», men skipet har i tillegg 500 tonn ekstra HFO i hver av Deep F.O.T. (P/S-tankene). Skipet skal bli liggende 2 dager til ankers før lastingen finner sted.

OBQ rapport fra siste reise viser at skipet har 24 MT på babord sloptank. Øvrige tanker er tomme.
Følgende data om oljen er gitt: Arabian Heavy, API 28,4 (SG 0,8849) 78°F, 26°C. Bunkersforbruk underveis settes til 103 Mt/d. Se bort fra forbruk under land og til ankers. Vann produseres om bord.

a. Gi en kort beskrivelse av eller kommentar til lastingen i Sidi Kerir.

Etter at skipet har bunkret i Ceuta, mottar skipets kaptein følgende telex:

To master MT «Millennium»
Quate

Due to capacity problems in Antifer, VSL will have to discharge as follows:

1st Terminal Antifer : 155.000 M/T
2nd Terminal Remaining csargo. Draft restr. 22,50 m (SW)

Agents : - Van Ommeren

Notice and report: ETD 1st Terminal

Confiormation and advise: PLS report ullage/ load condition and draft Mean/Fore/Aft after compl. discharge 1st Terminal.

COW: Charter accept delay due to Cow operastion both Terminals.

Best regards
ORJP/ops
Endquate

Temperatur på last under lossing = 26°C . Skipet skal ankomme terminal 2 på «even keel»

b. Utfør nødvendige beregninger i henhold til losseordre. Vedlegg 1, **loading condition** er ikke nødvendig for å løse oppgaven og er her ikke tatt med. Vedlegget er likt det som finnes i kapittel 17 for **loading condition «Millennium»**.

Oppdrag B

NB! I oppgaven ses det bort fra eventuelt brakkvann/ferskvann i Hamburg, da det ikke betyr noe for problemstillingene i oppgaven.

MS «Mercadian Importer» har ved ankomst Hamburg tilstrekkelig bunkers for reisen til Island og retur til kontinentet. Skipet skal derfor ikke bunkre på denne reisen. Skipet losses og lastes fra land, og derfor kan du se bort fra det lille forbruket som går med mens skipet ligger i havn.

Ved ankomst Hamburg losses stykkgodslasten som skipet er fullastet med i mellomdekkene. M/D 1 har last med SF=1,35 m^3/t, mens M/D 2 har last med SF = 1,40 m^3/t.
Skipets VCG før lossing er 4,93m.

Etter lossing skal skipet laste diverse stykkgods og mel i sekker på M/D 2. Vekten av dette utgjør 634 tonn med felles VCG på 5,47 meter.

I M/D 1 lastes sukker i sekker, totalt 615,2 tonn med VCG på 5,38 meter.

Mens lastingen på mellomdekkene pågår, får skipet en forespørsel om man kan ta en tilleggslast med 4 containere à 15 tonn. Containerne vil man plassere på lukene.

Felles VCG for containerne plassert på lukene anslås til 9,15 meter. I samråd med lasteoffiseren velger kapteinen nå å ha en stabilitet (GM) ved avgang tilsvarende 3 ganger minimumskravet til skipstypen.

a. Vurder om skipet kan ta om bord de fire containerne.

19 Lekkstabilitet

Når et skip får skader under vannlinjen eller delvis under vannlinjen, kan sjøvann trenge inn i skipet, og væsker som er i tanker som er skadet, kan eventuelt strømme ut. Strømming ut/inn av skipet vil fortsette til skipet får ny likevektsstilling eller i verste fal til skipet synker eller kantrer. Virkningen av en lekkasje avhenger av hvor stor menge sjøvann som strømmer inn, og hvordan vanntette skott om kan begrese innstrømningen er plassert. Skipet evne til å tåle lekkasjer uttrykkes ved skipets lekkstabilitet.

Lekkstabiliteten avhenger av:

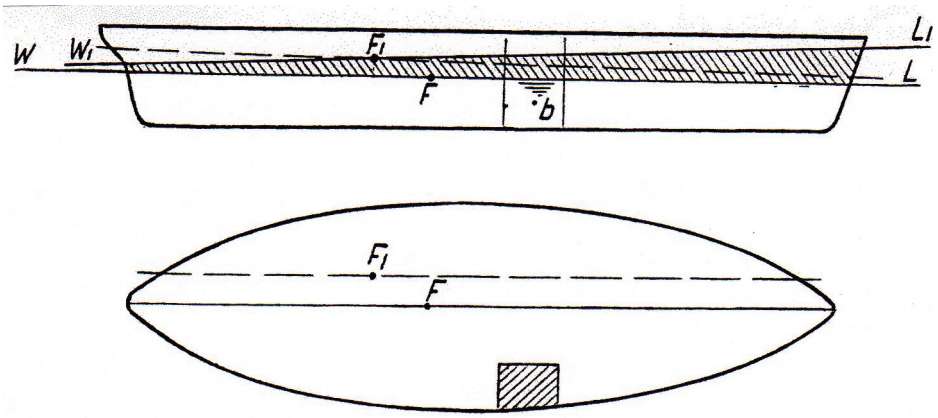
1. Stabilitet før skaden oppstod.
2. Mengden av sjøvann som kan strømme inn.
3.Hvor i skipet lekkasjen finner sted.
4. Andre forhold som har betydning for stabiliteten.

Lekkasjen kan ha følgende virkninger:

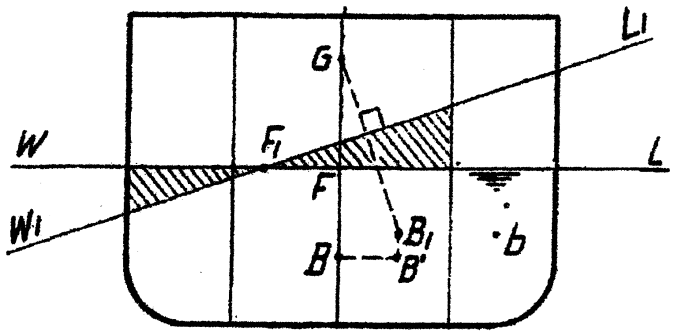
1**. Endring av dypgående**
Når sjøvann trenger inn vil skipet miste oppdrift tilsvarende vekten av vannet som er trengt inn.
Dypgående endres slik at oppdriften blir lik deplasementet før lekkasjen. Dersom det ikke er strømmet ut væske fra tanker som er skadet, vil deplasement og tyngdepunkt være uendret.

2. Trimendring
Skipet vil trimme om det nye flotasjonssenteret F , slik at det nye oppdriftssenteret B vil gå gjennom skipets tyngdepunkt G loddrett på den nye vannlinjen, se figur 19.2.

3. Krengning
Ved usymmetrisk inntrengning av sjøvann vil skipet krenge til oppdriftssenteret for skadet skip ligger i et langskipsplan gjennom skipets tyngdepunkt G, loddrett på den nye vannlinjen, se figur 19.2.
Selv om skaden er symmetrisk vil skipet vanligvis krenge på grunn av usymmetrisk plassert last og på grunn av vind og sjø.



Figur 19.1



Figur 19.2

4. Stabilitetsreduksjon

GM = KB + BM – KG

Ved lekkasje vil både KB og BM endres. Nedsynking fører til at KB øker. Ved stor trimendring vil KB øke ytterligere. BM vil avta pga. tapt treghetsmoment av den del av vannlinjeplanet hvor sjøvann har trengt inn. Nedsynking til ny vannlinje vil vanligvis medføre at det intakte vannlinjeplanet øker og dermed kompenserer for det tapte treghetsmomentet. Den kombinerte effekten av endring i KB og BM resulterer vanligvis i en redusert metasenterhøyde.

Det stilles forskjellige krav til lekkstabilitet ut fra skipstype og størrelse. Vi skal se på noen definisjoner og bestemmelser som SOLAS-konvensjonen omhandler:

1. Oppdelingslastelinje er en vannlinje som benyttes ved skipets oppdeling. For passasjerskip er L = L_{pp}. For tankskip,bulkskip, kjemikalieskip og gasstankskip brukes L = 96% av total lengde ved en vannlinje som er 85% av dybde i riss, eller lengden fra forstevnen til roraksen ved denne vannlinjen dersom denne er større.

2. Skottdekk er det øverste dekk som de vanntette skott er ført opp til.

3. Grenselinje er en linje trukket minst 76 millimeter under overside av skottdekket i borde, se figur 19.3 som viser grenselinjen for et skip med gjennomgående skottdekk. For noen skipstyper angis fler grenselinjer.

4. Fyllingsgrad (permeabilitet) er den prosent av et rom som kan være fylt med vann(volum målt opp til grenselinjen). Følgende fyllingsgrader brukes ved beregninger:

   Lasterom og storesrom: 60%
   Oppholdsrom: 95%
   Maskinrom: 85%
   Tanker brukt til væske: 0-95%.
   Variable verdier av spesielle årsaker.

   For skip med sidetanker som ligger over vannlinjen, vil fyllingsgraden ved full tank være 0. Ved skade vil væsken i tanken renne ut, og den effekt dette har på stabiliteten, kan forverres ved at sjøvann trenger inn i tom tank (fyllingsgrad 95%).

5. Fyllingslengen på et hvilket som helst punkt av et skips lengde, er den maksimale lengde med sentrum i vedkommende punkt, som kan bli symmetrisk fylt med sjøvann med angitt fyllingsgrad, uten at skipet synker dypere enn grenselinjen.

6. Oppdelingsfaktor er en faktor som avhenger av skipets lengde og arten av den fart skipet er bestemt for.

7. Tillatt fyllingslengde fås ved å multiplisere fyllingslengen med oppdelingsfaktoren. Tillatt fyllingslengde angir med andre ord avstanden mellom 2 vanntette skott. En faktor på 0.5 angir at avstanden mellom skottene er halvparten av fyllingslengden.

For passasjerskip er bruken av oppdelingsfaktor for å beregne avstanden mellom vanntette skott, standard. For andre skip har IMO vedtatt spesielle regler som angir hvordan de vanntette skottene skal være plassert for å oppfylle kravene til stabilitet. Følgende regler brukes:

– 1- avdelingskip kan tåle skade mellom 2 skott uten å synke lavere enn grenselinjen.
– 2 avdelingskip kan tåle skade i 2 vanntette avdelinger uten å synke dypere enn grenselinjen.

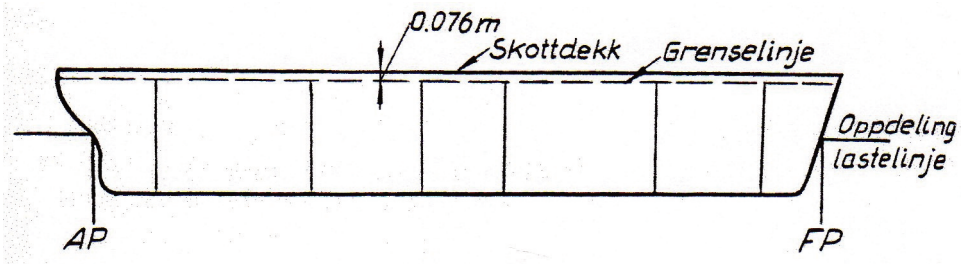
Til sammenlikning vil en oppdelingsfaktor på 1 tilsvare et 1- avdelingskip, og en faktor på 0.5 tilsvarer et 2- avdelingskip.

Avdelingsystemet er anvendbart på flere typer skip som:

– Tankskip
– Kjemikalieskip

– Gasstankskip
– Flytende borerigger
– Store fiskefartøyer.

Ved beregninger som ligger til grunn for lekkstabilitet må skipsbyggeren anta den antatte størrelsen på skaden. Den antatte utstrekning av skaden bygger på SOLAS-konvensjonen.



Figur 19.3

Noen krav til lekkstabilitet for passasjerskip

1. Grenselinjen må ikke være neddykket noe sted i skipet lengde.

2. Metasenterhøyden etter fylling må være >= 0.05 m.

3. Krengevinklen skal være <= 7º, etter at utjevningstiltak for å begrense krengningen er foretatt.

Der det er mulig å korrigere stor krengevinkel, skal midlene som anvendes dersom det er praktisk mulig, være automatiske. Der tverrskips trimordninger forlanges, skal tiden for utlikning ikke overstige 15 minutter. Dersom utlikning er helautomatisk, og dersom utlikning ikke blir anvendt, skal krengevinkelen ikke i noe tilfelle overstige 15º.

Når det gjelder usymetrisk fylling, skal krengevinkelen ved fylling i en avdeling ikke overstige 7º
For en samtidig fylling i to eller flere tilstøtende avdelinger kan en krengevinkel på 12º godtas av Administrasjonen.

For at skipet skal være i stand til å motstå den kritiske skade, skal skipsføreren forsynes med de nødvendige data for å opprettholde tilstrekkelig intakt stabilitet for den fart skipet går i. Informasjon til skipsføreren skal inneholde bl.a:

a. Maksimum tillatt KG eller minimum GM for en del dypgående eller deplasement, slik at alle vanlige lastetilstander er dekket. Informasjonen skal vise betydningen av forskjellig trimtilstander idet en tar hensyn til de begrensninger som skipet opererer under.
b. Hvert skip skal ha dybdemerker ved baug og akterende. Dersom dybdemerkene er plassert slik at de vanskelig kan avleses, skal skipet være utstyrt med et system som gjør det mulig å bestemme dypgående ved baug og akterende.

c. Når skipet er ferdig lastet og før avgang havn, skal skipsføreren bestemme skipets trim og stabilitet. Han skal deretter fastslå og notere om skipet fyller de relevante stabilitetskrav. Administrasjonen kan akseptere bruk av datamaskin eller andre likeverdige metoder til dette formål.

Følgende bestemmelser gjelder alle passasjerskip:

1. Følgende dører, plassert over grenselinjen, skal være lukket og låst før skipet begynner en sjøreise, og skal være lukket og låst inntil skipet er ankommet neste havn.

   a. Dører for lasting/lossing i skroget eller i tilstøtende lukkede overbygninger.
   b. Ytre baugporter.
   c. Dører for lasting/lossing i kollisjonskottet.
   d. Vanntette lasteramper.

   Dersom en dør ikke kan åpnes/lukkes når skipet ligger ved kai, kan den åpnes eller bli stående åpen mens skipet nærmer seg kaien eller går fra kaien, men bare sålenge det anses nødvendig for å operere døren. I alle tilfeller skal den indre baugdør være lukket.

   Administrasjonen kan gi fullmakt til skipsføreren slik at spesielle dører kan bli åpnet etter anvisning av skipsføreren, dersom det er nødvendig for skipets drift eller ved om bordtaking/ ilandsetting av passasjerer når skipet ligger for ankers forutsatt at skipets sikkerhet ikke settes i fare.

2. Skipsføreren skal sørge for at en har et effektivt overvåkning og rapporteringssystem angående lukking og åpning av de overfor nevnte dører. (Videoovervåkning er nå vanlig).

3. Skipsføreren skal sørge for, før sjøreisen tar til, at tidspunkt for siste åpning av dørene nevnt overfor, blir innført i skipsdagboken. Likeledes skal tidspunkter for åpning av de spesielle dørene som kan åpnes etter anvisning av skipsføreren, innføres i skipsdagboken.

Generelle bestemmelser- kontroll

Innenfor et tidsrom av ikke over 5 år, skal alle passasjerskip undersøkes med hensyn til lettskipsdeplasement og langskips tyngdepunkt. Det skal i alle tilfeller gjennomføres ny krengeprøve i overensstemmende med de godkjente stabilitetsopplysningene, dersom en finner eller en antar at avvik i lettskips deplasement overstiger 2% eller avvik i langskipstyngdepunkt overstiger 1% av L.

Nye krav for passasjerskip

Det er vedtatt nye krav til lekkstabilitet for passasjerskip som er bygget etter 29.april 1990. Noen av de viktigste kravene er nevnt nedenfor. Skipets stabilitet i den endelige tilstanden etter skade og etter at utjevningstiltak har vært foretatt, skal bestemmes slik:

1. Den positive gjenværende GZ-kurven skal ha en minimum utstrekning av 15º regnet fra endelig krengevinkel.

2. Arealet under den gjenværende GZ-kurven skal være minst 0.015 m.radianer målt fra endelig krengevinkel til den minste av følgende vinkler:

   – Den vinkel hvor gradvis fylling finner sted.
   – 22º (målt fra opprett tilstand) dersom en har fylling i en avdeling og 27º (målt fra opprett tilstand) dersom en har samtidig fylling i 2 eller flere tilstøtende avdelinger.

3. Den gjenværende GZ- armen innenfor de begrensninger som er gitt ovenfor, skal bestemmes idet en tar hensyn til:

   – t alle passasjerene kan samles på en side.
   – Utsetting av alle redningsfarkoster (fullt lastet) fra daviter på en side.
   – Virkningen av vind.

Noen krav til lekkstabilitet for tankskip
Marpol- konvensjonen fastsetter regler for tankstørrelse, segregerte ballasttanker, sloptanker, rørsystemer, ventiler og overvåkning- og sikringssystemer. Det fastsettes bestemte grenseverdier for utslipp i tilfelle skade, og dette legges til grunn ved de bestemmelser som gjelder for tankskip.

Noen krav til lekkstabilitet for kjemikalieskip
Kjemikalieskip skal være i stand til å motstå virkningen av en lekkasje som følge av et antatt skadeomfang. Skip som er beregnet på spesielt farlige laster, skal ha tankene plassert i en avstand fra skutesiden slik at de ikke beskadiges ved mindre skader. Kjemikalieskipene inndeles i 3 typer. Type 1 er konstruert for å føre de farligste lastene. IMO´s kode spesifiserer hvilke laster som den enkelte type kan føre.

Noen krav til lekkstabilitet for gasstankskip
På tilsvarende måte som for kjemikalieskip må gasstankskip oppfylle visse krav til sikkerhet med hensyn til lasten. Gasskipene er inndelt i 3 typer hvor IMO´s kode spesifiserer hvilke laster de kan føre. For alle 3 typene gjelder at lastetankene må plasseres i en viss avstand fra skutesiden.

Alternative regler for passasjerskip
Svakheter i det eksisterende system, spesielt etter Andrea Doria-ulykken i 1956, har medført at IMO har arbeidet med alternative regler for passasjerskip. De alternative reglene trådte ikraft fra 1. februar 1992. Utgangspunktet for de alternative reglene er sannsynlighetsberegninger basert på:

1. Sannsynligheten for at et skip kan bli skadet.

2. Sannsynligheten for at dersom skipet blir skadet, vil det foreligge en sannsynlighet for hvor skaden inntreffer og hvor stor den er.

3. Sannsynligheten for at skipet ikke synker eller kanter ved fylling.

Farvannet som skipet trafikkerer har betydning for sannsynligheten i pkt 1. I områder med stor trafikk f.eks. den Engelske kanal, vil de være større sannsynlighet for kollisjoner enn i et lite trafikkert farvann.

Så lenge et skip ikke er skadet, er det ikke behov for oppdeling i vanntette avdelinger eller for lekkstabilitet. Men dersom det er sannsynlighet for at skipet kan bli skadet, må punktene 2 og 3 vurderes.

I punkt 2 er sannsynligheten avhengig av hvor skaden kan oppstå, og hvor stor den kan bli, ut fra hvordan de vanntette avdelingene i skipet er arrangert. Det er utviklet sannsynlighetsmodeller for å analysere disse forhold.

I punkt 3 avhenger sannsynligheten av skipets oppdrift og stabilitet i skadet tilstand, som igjen avhenger av følgende forhold:

– Hvor skaden er lokalisert og hvor stor den er.
– Fyllingsgraden i den skadde avdeling.
– Anvendte krefter og momenter.

Vind, sjøtilstand, skadens lokalisering, flytting av væske mellom tanker, vekter ombord og mannskapet som opererer skipet, vil ha en avgjørende innflytelse på utfallet av en skade med etterfølgende fylling. For å analysere og vurdere forholdet mellom sjøtilstand, stabilitet og oppdrift i skadet tilstand, ble det foretatt modellprøver i bølger. Bredde, dybdeforhold, fyllingsgrad og andre forhold av betydning for lekkstabiliteten ble analysert ut fra prøver og data fra skip som var med i det utvalget som lå til grunn.

Ut fra sannsynlighetberegning ble det beregnet en oppdelingsindeks A:

$A = \Sigma aps$
a= sannsynlighet for skade relatert till hvilken avdeling i skipet som blir skadet.

p= evaluerer effekten av den variasjon skadens lengdeutstrekning ut fra sannsynligheten om at bare den avdeling eller grupper av avdelinger som en betrakter, kan bli fylt.

s= evaluerer effekten av fribord, stabilitet og krengning i endelig likevektstilling for den avdeling eller grupper av avdelinger som en betrakter.

Størrelsene som inngår i A blir summert over hele skipets lengde for hver enkel avdeling.
Indeksen A blir sammenholdt med den nødvendige oppdelingsindeks R beregnet slik:

$$R = 1 - \frac{1000}{4\,L_s + N + 1500}\ m$$

L_S = oppdelingslengden
$N = N_1 + 2 N_2$
N_1 = antall personer som livbåtene er beregnet for.
N_2 = antall personer (inkludert offiserer og mannskap) som skipet har lov til å ha ombord utover N_1

For å oppfylle kravene må A >= R.

Krav til lekkstabilitet for tørrlasteskip inkludert Ro-Ro skip

I reglene for lekkstabilitet er det tatt med et eget avsnitt som gjelder tørrlasteskip. Bestemmelsene gjelder for skip over 100 meter lengde som er bygget etter 1. februar 1992.
Reglene bygger på sannsynlighetsberegning på en tilsvarende måte som for passasjerskip.

Stabilitetsopplysninger som skipsføreren skal ha ombord

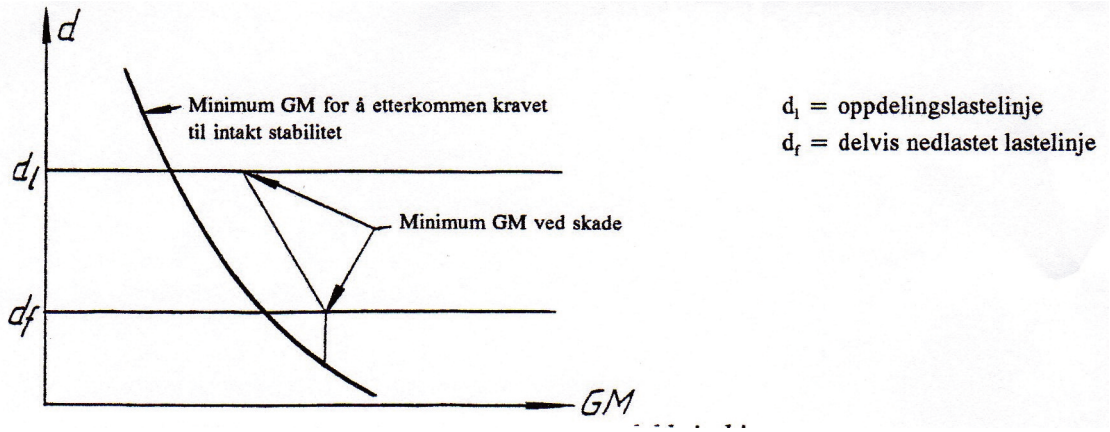
1. En kurve over minimum GM i forhold til dypgående som sikrer at en oppfyller stabilitetskravene. Alternativt kan en angi en maksimum tillatt KG- kurve i forhold til dypgående, eller en kan angi tilsvarende informasjon fra hvilken som helst av de nevnte kurver.

2. Instrukser for betjening av fyllingsanordningene for krossovere.

3. Alle data og hjelpemidler som er nødvendig for å opprettholde stabiliteten etter skaden.

4. På Navigasjonsbroen skal det være permanent oppslått instrukser og tegninger eller de skal være lett tilgjengelige, til hjelp for vakthavende offiser. Tegningene skal vise på en klar måte for hvert dekk og rom, grensene for vanntette avdelinger, åpninger med lukkemidler i disse og hvilken stilling disse har. I tillegg skal en brosjyre som inneholder den forannevnte informasjon, være tilgjengelig for alle offiserene ombord. (Videoovervåkning er nå vanlig på passasjerferger).

5. For å tilfredsstille de krav som informasjonen referer til vedrørende stabilitet, skal grensene for GM(eller KG) som skal brukes, dersom de er blitt bestemt ut fra betraktninger som bygger på oppdelingsindeksen, variere linært mellom dypeste oppdelingslastelinje og en delvis nedlastet lastelinje (bestemt ut fra gitte forutsetninger). I slike tilfeller skal en, dersom dypgående er mindre enn den delvis nedlastede lastelinje og kravet til minimum GM ved dette dypgående er beregnet ut fra oppdelingsindeksen, bruke denne verdien for GM for mindre dypgående med mindre de intakte stabilitetskrav kommer til anvendelse, se figur 19.4



Figur 19.4

6. Dersom krossoveranordninger blir brukt i forbindelse med utlikning, skal tiden for utlikning ikke overstige 10 minutter.

Åpninger i vanntette skott og indre dekk i skipet.

1. Antall åpninger i vanntette avdelinger skal holes på et minimum ut fra skipets konstruksjon og funksjon.

2. Dører som er konstruert for å sikre at indre åpninger i skipet er vanntett mens skipet er i sjøen, skal være skyvbare vanntette dører, som skal kunne fjernstyres fra broen (som tidligere nevnt er det vanlig med videoovervåkning), og som også skal kunne betjenes lokalt fra begge sider av det vanntette skottet. Det skal være installert indikatorer på kontrollstedet, som viser om dørene er åpne eller lukket, og en **lydalarm** skal utløses når dørene er lukket. Krafttilførsel, kontrollsystem for dører og indikatorene skal kunne betjenes dersom hovedkrafttilførselen svikter. En skal være spesielt oppmerksom på å minimalisere effekten av en svikt i kontrollsystemet. Hver enkelt vanntett dør som blir kontrollert ved hjelp av krafttilførsel, skal være utstyrt med en individuell hånddrevet mekanisme. **Det skal være mulig å åpne og lukke døren med håndkraft ved selve døren fra begge sider.**

3. Adkomstdører og adkomstluker som normalt er lukket i sjøen, og som er beregnet på å forsikre seg om at de vanntette indre åpningene er i orden, skal utstyres med indikatorer lokalt og på broen, som viser om disse dørene og lukene er åpen eller lukket. På hver enkelt slik dør og luke skal det være oppslått advarsel om at de ikke må bli stående åpne. Bruken av slike dører og luker skal godkjennes av vakthavende offiser.

4. Vanntette dører og ramper av tilfredsstillene konstruksjon kan anbringes internt i skipet for å avdele store lasterom, forutsatt at Administrasjonen er overbevist om at slike dører og ramper er av vital betydning. Disse dørene eller rampene kan være hengslet eller av rulle- eller skyvetypen. Slike dører eller ramper skal være stengt før sjøreisen begynner, og skal være stengt under overfarten. Tids-

punktet når dørene blir åpnet når skipet ligger i havn, eller når de blir stengt før skipet forlater havn, skal innføres i skipets dekksdagbok. Dersom en har behov for ankomst til disse dørene eller rampene under overfarten, skal de utstyres med en anordning som hindrer at de blir åpnet uten at det foreligger godkjenning.

5. Andre lukkemidler som blir hold permanent lukket under sjøreisen for å sikre at skipets interne åpninger er vanntett, skal utstyres med advarsel oppslått på hver enkelt av disse, hvor det fremgår at de skal holdes lukket. Mannhull som er forsvarlig boltet med et lokk, behøver ikke utstyres med slik advarsel.

Eksterne åpninger i lasteskip

1. Alle eksterne åpninger som fører til avdelinger som er antatt å være intakt ved skadeanalysen, og som befinner seg under den endelige skadevannlinjen, skal være vanntette.

2. Slike eksterne åpninger som skal være vanntette, skal ha tilstrekkelig styrke og med unntak av lastelukene, skal det være indikatorer for disse på broen.

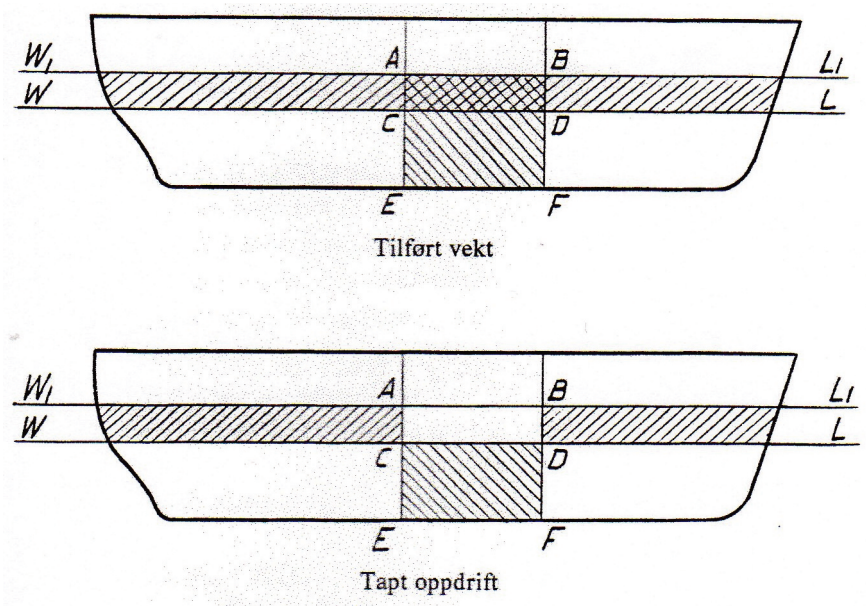
3. Åpninger i skutesiden lavere enn det dekket som begrenser vertikal utstrekning av skaden, skal være permanent lukket når skipet er i sjøen. Dersom en har behov for adkomst til noen av disse åpningene under overfarten, skal de utstyres med en anordning som hindrer at de blir åpnet uten at det foreligger godkjenning. Administrasjonen kan gi godkjenning til at spesielle dører kan bli åpnet etter anvisning fra skipsføreren, dersom det er nødvendig for skipets drift og forutsatt at det ikke setter skipets sikkerhet i fare.

Lekkstabilitet - Bergninger

Skipsoffiserene skal **ikke** kunne utføre beregninger i forbindelse med lekkstabilitet. Det kan likevel være nyttig å vise enkle beregninger for å klargjøre nærmere hva lekkstabilitet fører til for et skadet skip.

Endring av dypgående

Figur 19.5 viser et skip som har fått en skade med etterfølgende fylling i et rom midtskips. Etter fylling synker skipet til vannlinjen W_1L_1. Vekten av vannet som er strømmet inn, representeres ved ABFE. Den nødvendige oppdriften som må være like stor som vekten av det vannet som er strømmet inn, er representert ved vannlinjen W_1L_1LW. Denne måten å beregne nedsynkning på kalles for tilført vekt metoden. Det kan ofte være vanskelig å beregne den nye vannlinjen og en metode som betrakter skipets nedsynkning som tapt oppdrift, kan være å foretrekke. Tapt oppdrift er representert ved CDEF. Den tapte oppdriften må kompenseres ved at skipet synker til vannlinjen W_1L_1 , og oppdriften av volumene W_1ACW og BL_1LD vil kompensere den tapte oppdriften. Ved denne metoden beregner en tapt oppdrift opp til den opprinnelige vannlinjen, da vekt og oppdrift av delen ABCD vil oppveie hverandre.



Figur 19.5

Vi vil her bruke den tapte oppdriftsmetode ved beregning av nedsynking.

Volumet av rommet som er under vann = $V \cdot \mu$

μ = fyllingsgraden

Arealet av uskadet del av vannlinjeplanet før lekkasjen = A_W.
Arealet av uskadet del av vannlinjeplanet etter lekkasjen = A_{W1}.
Tilnærmet kan vi sette idet nedsynking settes = s:

$$\frac{s\,(A_W + A_{W1})}{2} = V \cdot \mu$$

Dersom vi antar at $A_{W1} \approx A_W$, får vi:

$$s \cdot A_W = V \cdot \mu$$

$$s = \frac{V \cdot \mu}{A_W}$$

Vi setter $A_W = A - a$. hvor A = areal av hele vannlinjeplanet til dypgående før skaden , og

a= areal av vannlinjeplanet i skadet rom.

Vi kan sette:

$$s = \frac{V \cdot \mu}{A - a}$$

Dersom ikke vannet i rommet har fri overflate, er det vanlig å bruke en overflate fyllingsgrad μ_s .

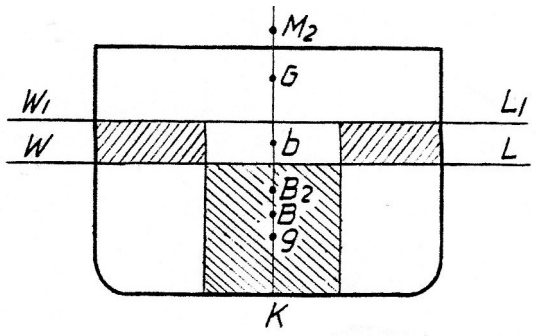
(19.1) $$s = \frac{V \cdot \mu}{A - \mu_S a} = \frac{v}{TPC_{L1}}$$

$v = V \cdot \mu \cdot p$ = vekt av tapt oppdrift.

(19.2) $$TPC_{L1} = \frac{(A - \mu_S a) \cdot p}{100}$$ t/cm for skadet vannlinjen

I beregningseksemplene setter vi her $\mu_s = 1$.

Stabilitetsberegning



Figur 19.6

G = skipets tyngdepunkt
v = Vekt av tapt oppdriften
g = Tyngdepunkt i tanken
b = Tyngdepunkt i det fortrengte tilleggvolumet som følge av at skipet synker dypere.
M = Opprinnelig metasenter intakt skip.
M_2 = Metasenter etter fylling.
B = Opprinnelig oppdriftssenter før skade.
B_2 = Oppdriftssenter etter skade og fylling.

(19.3) $$B_2M_2 = \frac{(I_1 - i) \cdot p}{\Delta}$$

I_1 = treghetsmoment i intakt tilstand.
i = treghetsmoment av skadd areal
Δ = deplasement

Økning i B: $$BB_2 = \frac{v \cdot bg}{\Delta}$$

Utledning viser at vi tilnærmet kan sette:

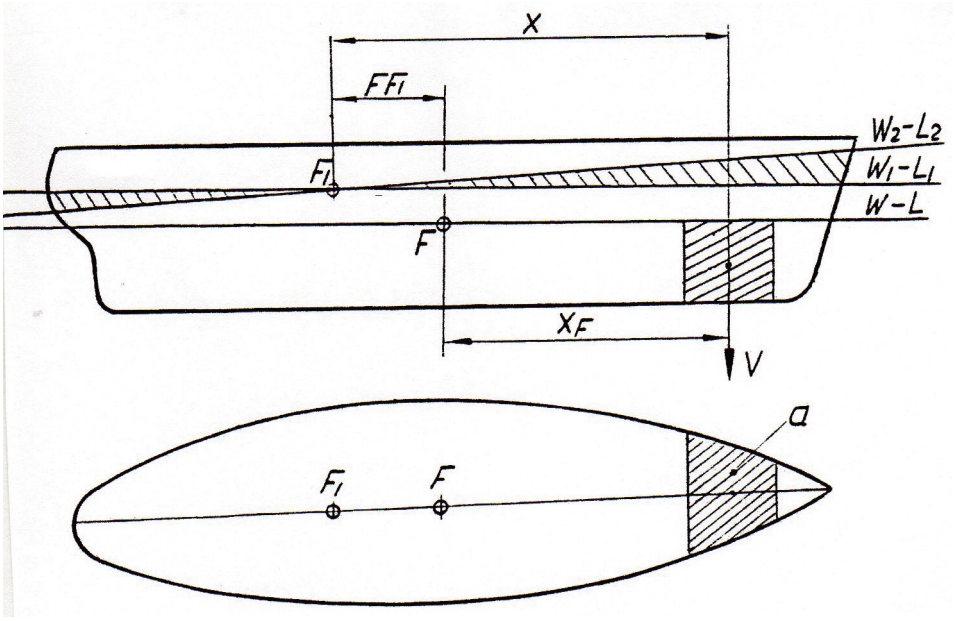
(19.4) $$GM_2 = \frac{(I_1 - i) \cdot p}{\Delta} - BG + \frac{v \cdot bg}{\Delta}$$

For små vinkler kan vi sette:

Opprettende moment = $\Delta \cdot GM \cdot \sin Ø$

$$= [(I_1 - i) \cdot p - \Delta \cdot BG + v \cdot bg] \sin Ø$$

Trimendring



Figur 19.7

Figuren viser et skip som har fått skade med etterfølgende fylling i et rom i forskipet. Arealet av skadet vannlinje er a m^2 . Avstanden til tyngdepunktet i det skadde volum regnet fra F er x_F .
Flotasjonssenteret vil flytte seg til F_1 tilnærmet etter formelen:

(19.5) $$FF_1 = \frac{a \cdot X_F}{A - a}$$

A= areal av hele vannlinjeplanet før skaden.

Trimmomentet TM = v · x

v = vekt av tapt oppdriften.
x = ($FF_1 + x_F$) = avstand fra F_1 til tyngdepunkt i skadd volum.

$$Trim = \frac{v \cdot x}{MTC_{L1}}$$

MTC_{L1} beregnet for det skadde vannlinjeplanet (W_1L_1).

Tilnærmet kan en sette $$MTC = \frac{I_{L1} \cdot p}{100 \cdot L} = \frac{MTC_L \cdot 100 \cdot L}{p}$$

$I_{L1} = I_L + A(FF_1)^2 - a(FF_1 + x_F)^2 - i_L$

I_{L1} = treghetsmomentet for det skadde vannlinjeplanet ($W_1 L_1$).

I_L = treghetsmomentet av uskadd vannlinje ($W_1 L_1$) om en tverrskips akse gjennom F.

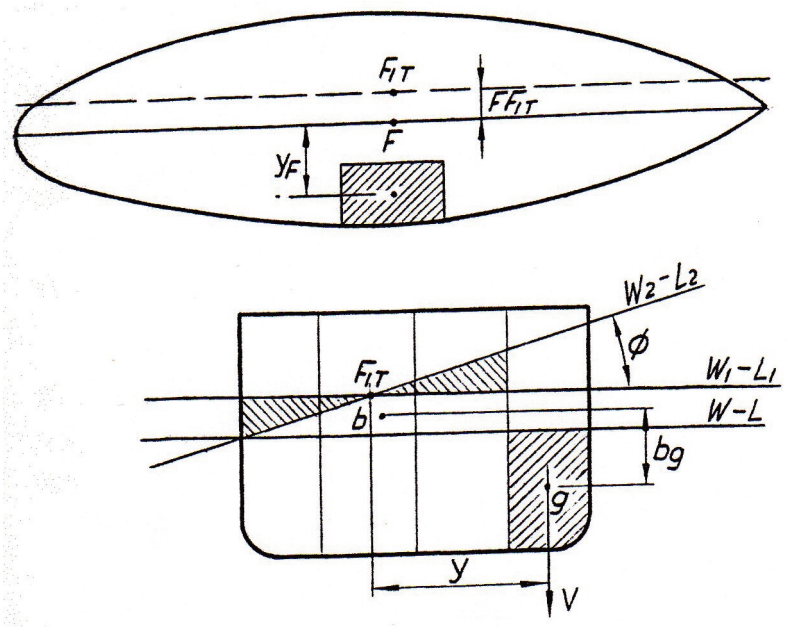
(19.6) $$I_{L1} \approx \frac{MTC_L \cdot 100 \cdot L}{p} + A(FF_1)^2 - a(FF_1 + x_F)^2 - i_L$$

$a(FF_1 + x_F)^2$ = tapt treghetsmoment pga. tapt areal a.
i_L = arealtreghetsmoment om tyngdepunktaksen pga tapt areal a. (neglisjeres vanligvis).

(19.7) $$MTC_{L1} \approx \frac{I_{L1} \cdot p}{100 \cdot L}$$

Vi beregner trimmen og fordeler om F_1 .

Krengning



Figur 19.8

Ved usymmetrisk fylling vil skipet krenge, se figur 19.8.

(19.5) $$FF_{1T} = \frac{a \cdot y_F}{A - a}$$

A = areal av vannlinjeplan før skade.
a = areal av skadd vannlinjeplan.
y_F= avstand fra F til tyngdepunkt i skadd areal.

Skipet krenger om F_{1T}. For små vinkler kan vi sette krengemomenet:

$KRM = v \cdot y$

der $y = y_F + FF_{1T}$

$$\tan Ø = \frac{KRM}{\Delta \cdot GM_2} = \frac{v \cdot y}{\Delta \cdot GM_2}$$

GM_2 = metasenterhøyden i skadd tilstand.

Ved symmetrisk fylling beregnes GM i skadd tilstand ved formelen:

(19.4) $$GM_2 = \frac{(I_1 - i) \cdot p}{\Delta} - BG + \frac{v \cdot bg}{\Delta}$$

Når fyllingen er usymmetrisk må en beregne treghetsmomentet I_T om en langskipsakse gjennom F_{1T} .

$I_T = I_1 + A(FF_{1T})^2 - a(FF_{1T} + y_F)^2 - i_T$

I_1 = treghesmoment av uskadd vannlinjeplan (W_1 L_1) om diamentralplanet.
i_T = arealteghetssmoment om en akse gjennom skadd areal.

Vi har:

$$BM = \frac{I_1 \cdot p}{\Delta_2}$$

$$I_1 = \frac{BM \cdot \Delta_2}{p}$$

Δ_2 = deplasement etter nedsynking. BM skal brukes for dette deplasement.

$A(FF_{1T})^2$ =tillegg i trghetsmoment.

$a(FF_{1T} + y_F)^2$ = tapt treghetsmoment

(19.8) $$I_T = \frac{BM \cdot \Delta_2}{p} + A(FF_{1T})^2 - a(FF_{1T} + y_F)^2 - i_T$$

$$GM_2 = \frac{I_T \cdot p}{\Delta} - BG + \frac{v \cdot bg}{\Delta}$$

Ved store skader som fører både til trimendring og krengning, vil skipet dreie om en akse som danner en vinkel med hovedaksen. Skipet kan være stabilt om hovedaksen men ustabilt om den nye aksen.
Slike beregninger er kompliserte.

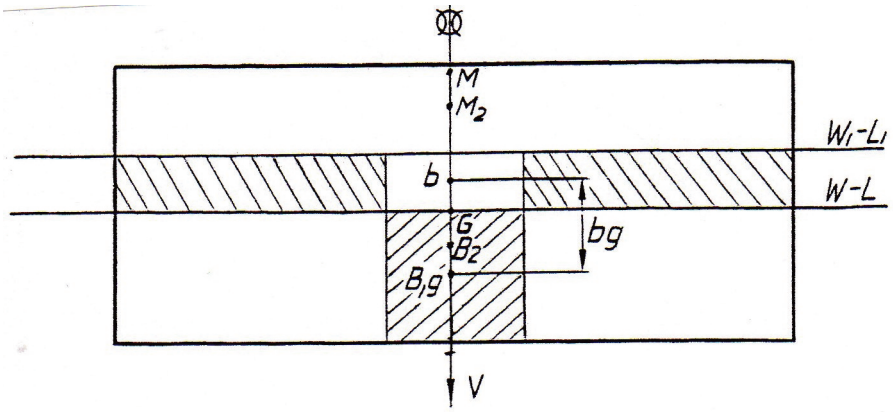
Beregning av enkle lekkstabilitetssituasjoner

Selv om beregning av lekkstabilitet ikke kreves av skipsoffiserer, kan enkle beregninger utdype det teoretiske grunnlaget. I det etterfølgende er det tatt med 3 enkle beregninger.

Eksempel 19.1

Et rektangulert skip med lengde 30 meter, bredde 8 meter og dypgående 3 meter, får en skade midtskips i et rom som er 8 meter langt og går over hele skipets bredde. Fyllngsgraden er 0.70.
KG var 3 meter før skaden. Skipet trimmer ikke. Beregn nedsynking og ny GM.

Løsning, se figur 19.9



Figur 19.9

Nedsynking:

(19.1) $$s = \frac{V \cdot \mu}{A - \mu_s a} = \frac{v}{TPC_{L1}}$$

$v = 1 \cdot B \cdot T \cdot 1.025 \cdot \mu$ = vekt av tapt oppdrift.
$v = 8 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 1.025 \cdot 0.70 = 137.76$ t

(19.2) $$TPC_{L1} = \frac{(A - a) \cdot p}{100} \text{ t/cm} = \frac{B(L - l) \cdot 1.025}{100}$$

$$= \frac{8(30-8) \cdot 1.025}{100} = 1.0804 \text{ t/cm}$$

$$s = \frac{137{,}76}{1.0804} = 76.35 \text{ cm}$$

(19.4) $$GM_2 = \frac{(I_1 - i) \cdot p}{\Delta} - BG + \frac{v \cdot bg}{\Delta}$$

$BG = KG - KB = KG - 0.5 \cdot T = 3.0 - 0.5 \cdot 3 = 1.5$ m

$\Delta = L \cdot B \cdot T \cdot p = 30 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 1.025 = 738$ tonnes

$bg = Kb - Kg = (T + s/2 - T/2) = 3 + 0.76/2 - 1.5) = 1.88$ m

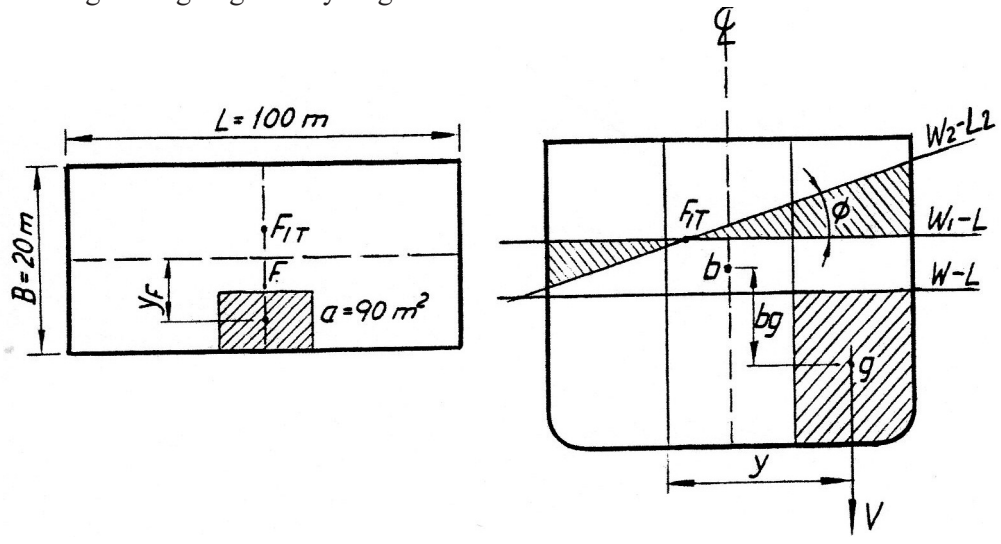
$$GM_2 = \frac{(L \cdot B^3 - l \cdot B^3) \cdot p}{12 \cdot \Delta} - BG + \frac{v \cdot bg}{\Delta}$$

$$= \frac{B^3 (L - l) \cdot p}{12 \cdot \Delta} - BG + \frac{v \cdot bg}{\Delta}$$

$$= \frac{8^3 (30 - 8) \cdot 1.025}{12 \cdot 738} - 1.5 + \frac{137.76 \cdot 1.88}{738} = 0.15 \text{ m}$$

Eksempel 19.2
Et rektangulært tankskip med lengde 100 m, bredde 20 m og dypgående 8 m (uten trim), får en skade på styrbord side midtskips i en tank som er 15 m lang og 6 m bred. Tyngdepunktet i skadd volum ligger 7 m fra senterlinjen i nullkryssplanet. Før skaden var KG = 5.5 m

a. Beregn GM før og etter krengning.
b. Beregn krengning etter fylling.



Figur 19.10

$a = 15 \cdot 6 = 90$ m^2 , $A = 100 \cdot 20 = 2000$ m^2

$$FF_{1T} = \frac{a \cdot x_F}{A - a} = \frac{90 \cdot 7}{2000 - 90} = 0.33 \text{ m}$$

$\Delta = L \cdot B \cdot T \cdot p = 100 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 1.025 = 16400$ tonnes

$v = l \cdot b \cdot h \cdot p = 15 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 1.025 = 738$ tonnes

$I_T = I_1 + A(FF_{1T})^2 - a(FF_{1T} + y_F)^2 - i$, her er i liten og kan ses bort fra.

$$I_1 = \frac{L \cdot B^3}{12} = \frac{100 \cdot 20^3}{12} = 66667 \text{ m}^4$$

$$+ A(FF_{1T})^2 = 2000 \cdot 0.33^2 = + 218 \text{ m}^4$$

$$- a(FF_{1T} + x_F)^2 = 90 \cdot 7.33^2 = - 4836 \text{ m}^4$$

$$I_T = 62049 \text{ m}^4$$

$$BM = \frac{I_1 \cdot p}{\Delta} = \frac{66667 \cdot 1.025}{16400} = 4.17 \text{ m}$$

$$KB = 0.5 \cdot T = 0.5 \cdot 8 = 4.00 \text{ m}$$

$$KM = 8.17 \text{ m}$$

$$KG = -5.50 \text{ m}$$

$$GM = 2.67 \text{ m}$$ (før krengning intakt skip)

(19.2) $$TPC_{L1} = \frac{(A - \mu_s a) \cdot p}{100}$$ t/cm for skadet vannlinjen ($\mu_s = 1$)

$$TPC = \frac{(2000 - 90) \cdot 1.025}{100} = 19.58 \text{ t/cm}$$

(19.1) $$s = \frac{v}{TPC_{L1}} = \frac{738}{19.58} = 37.7 \text{ cm}$$

$bg = Kb - Kg = T + s/2 - Kg = 8 + 0.38/2 - 4 = 4.19$ m

$BG = KG - KB = 5.50 - 4.00 = 1.50$ m

(19.4) $$GM_2 = \frac{(I_1 - i) \cdot p}{\Delta} - BG + \frac{v \cdot bg}{\Delta}$$, (i =0)

$$GM_2 = \frac{62049 \cdot 1.025}{16400} - 1.50 + \frac{738 \cdot 4.19}{16400} = 2.57 \text{ m}$$

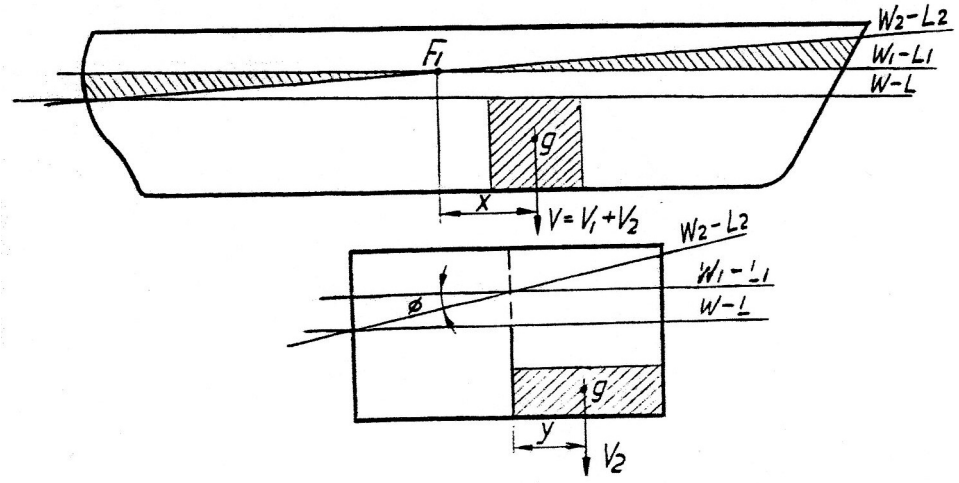
$$\tan Ø = \frac{v \cdot y}{\Delta \cdot GM_2} = \frac{738 \cdot 7.33}{16400 \cdot 2.57} = 0.1283463, \; Ø = 7.3^o$$

Selv om GM før og etter skade er omtrent uforandret, vil mindre fribord og krengning føre til at stabiliteten blir dårligere.

Eksempel 19.3

M/S Linda får en skade i rom nr 3 og DB tank nr 3 stb. Før skaden lå skipet uten trim og dypgående var 8 m. Fyllingsgraden i rom 3 var 0.70. Etter fylling stod vannet over lasten og μ_s = 1.0. DB tank nr 3 stb var tom før vannet trengte inn. KG før skaden var 7.5 m

a. Beregn trim og dypgående forut og akter, GM og krengning etter fylling.
b. Hvordan bør en rette opp skipet?



Figur 19.11

Fra plansjen tar vi : Δ = 18800 t, TPC_L = 26.87 t/cm, KM = 8.54 m
Rommets lenge = 17.5 m, bredde = 20.0 m, rommets Lcg = 93.88 m
Skadd vannlinjeareal a = 17.5 · 20 = 350 m^2 , Tankens volum = 328 m^3 , Lcg = 93.39 m, h= 2.0 m
Høyde av vann i rommet H= T – h = 8 – 2 = 6 m

$$TPC_L = \frac{A \cdot p}{100} \rightarrow A = \frac{100 \cdot TPC_L}{p} = \frac{100 \cdot 26{,}87}{1.025} = 2621 \text{ m}^2$$

$$A - a = 2621 - 350 = 2271 \text{ m}^2$$

Tilnærmet kan vi sette:

(19.2) $$TPC_{L1} = \frac{(A - a) \cdot p}{100} = \frac{2271 \cdot 1.025}{100} = 23.3 \text{ t/cm}$$

Tapt oppdrift i rom, v = L·B·H·μ · p = 17.5· 20· 6· 0.7· 1.025 = 1507 t
Tapt oppdrift i DB tank 3 stb, v_2 = V· 1.025 = 328· 1.025 = 336 t
v = 1843 t

Neddykking: $s \approx \frac{v}{TPC_{L1}} = \frac{1843}{23.3} = 79$ cm (forutsetter at skipet ikke trimmer eller krenger noe som ikke er tilfelle her, men ved små verdier kan det aksepteres.).

Med T 8 + 0.79 = 8.79 m tar vi ut: TPC_{L1} = 27.53 t/cm, F_{L1} = – 2.45 m (fra nullkryss),
MTC_{L1} = 276.5 tm/cm, L/2 = 74.68 m
$LCF_{L1} = L/2 – F_{L1} = 74.68 – 2.45 = 72.23$ m fra A_{pp}

Flytting av flotajonssenter: $x_F = Lcg_{rom3} – LCF_{L1} = 93.88 – 72.23 = 21.65$ m

$$FF_1 = \frac{a \cdot x_F}{A – a} = \frac{350 \cdot 21.65}{2271} = 3.34 \text{ m}$$

Flotasjonssenteeret F_1 ligger nå 2.45 + 3.34 = 5.79 m aktenfor nullkryss.

$$(19.6) \quad I_{L1} \approx \frac{MTC_{L1} \cdot 100 \cdot L}{p} + A(FF_1)^2 – a(FF_1 + x_F)^2 – i_L$$

$FF_1 + x_F = 3.34 + 21.65 = 24.99$ m

$$I_{L1} \approx \frac{276.5 \cdot 100 \cdot 149.35}{1.025} + 2271 \cdot 3.34^2 – 350 \cdot 24.99^2 – \frac{20 \cdot 17.5^3}{12} = 3\,826\,634 \text{m}^4$$

$$MTC \approx \frac{I_{L1} \cdot p}{100 \cdot L} = \frac{3\,826\,634 \cdot 1.025}{100 \cdot 149.35} = 262.6 \text{ tm/cm}$$

Rom 3: $x_1 = 93.88 – 72.23 + 3.34 = 24.99$ m
DB tank 3 stb : $x_2 = 93.39 – 72.23 + 3.34 = 24.50$ m

$$\text{Trimendring: } t = \frac{v_1 \cdot x + v_2 \cdot x_2}{MTC_{L1}} = \frac{1507 \cdot 24.99 + 336 \cdot 24.50}{262.6} = 175 \text{ cm}$$

$$\text{Trim til fordeling} = \frac{t(L/2 \pm F_1)}{L} = \frac{175(74.68 \pm 5.79)}{149.35} \rightarrow 94.3 \text{ cm ned forut og } 80.7 \text{ cm opp akter}$$

$T_F = 8 + 0.79 + 0.94 = 9.73$ m
$T_A = 8 + 0.79 – 0.81 = 7.98$ m

Beregning av GM_2 :

Her vil vi bruke en tilnærmet formel som ofte brukes:

$$GM_2 = GM_O + \frac{[A(FF_{1T})^2 – a(F_{1T} + y_F)^2 – i_T] \cdot p}{\Delta} + s/2$$

Antar her at flotasjonssenteret ligger på senterlinjen og leddene

$A(FF_{1T})^2 – a(F_{1T} + y_F)^2$ kan settes = 0 .

$GM_O = KM – KG = 8.54 – 7.50 = 1.04$ m

$$GM_2 = GM_O - \frac{i_T \cdot p}{\Delta} + s/2 = GM_O - \frac{l \cdot B^3 \cdot p}{12 \cdot \Delta} + s/2$$

$$GM_2 = 1.04 - \frac{17.5 \cdot 20^3 \cdot 1.025}{12 \cdot 18800} + 0.79/2 = 0.79 \text{ m}$$

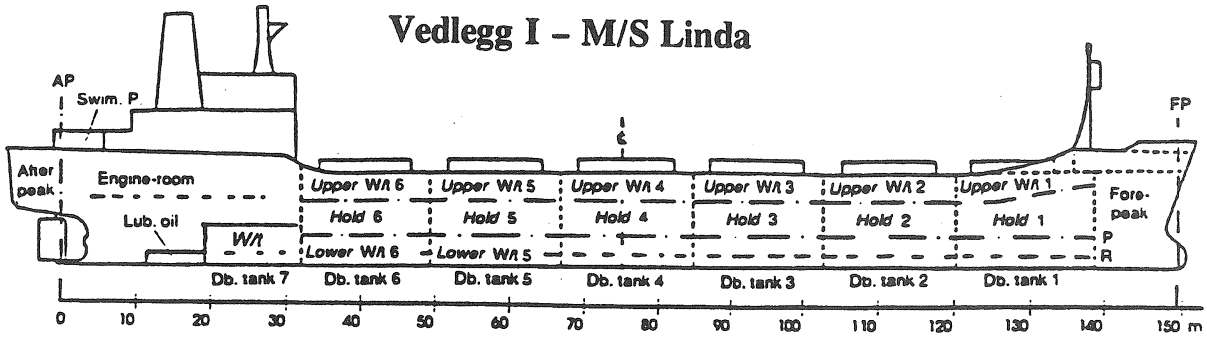
$$\text{Tan } Ø = \frac{v_2 \cdot y}{\Delta \cdot GM_2} = \frac{336 \cdot 5}{18800 \cdot 0.79} = 0.113116$$

Ø = 6.5º til stb.

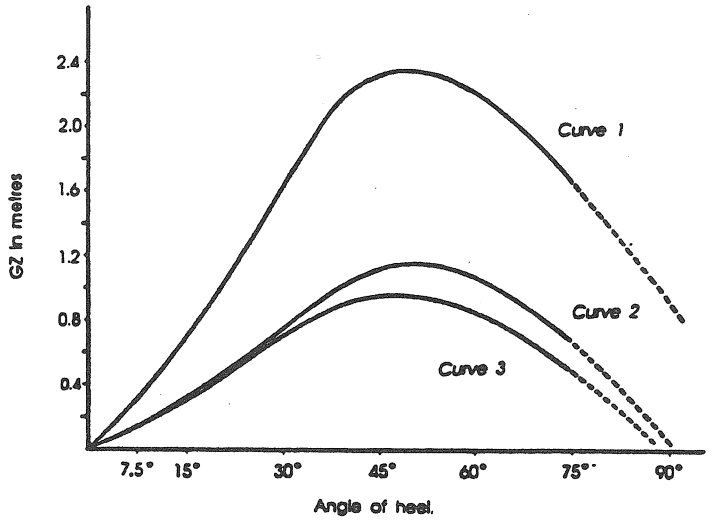
b. Skipet har fortsatt god stabilitet. Her bør en fylle DB tank nr 4 bb. En vil da få en liten trimforandring. Dypgående vil øke med ca. 15 cm. Etterhvert som rom nr 3 fylles med vann, vil vingtankene redusere det skadde vannlinjeplanet og trim og krengning vil avta noe.

Vedlegg

Vedlegg I – M/S Linda



Curves of statical stability



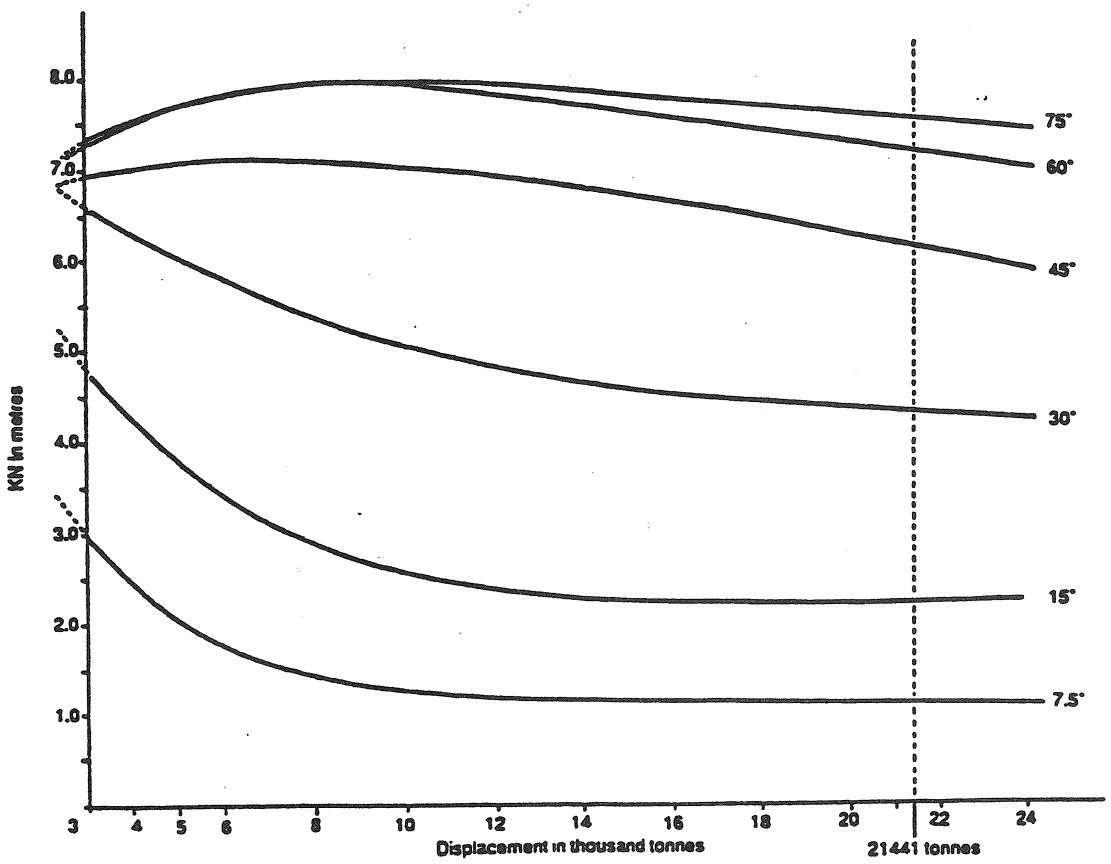
Curve	Condition	Cargo	*H.O.*	*D.O.*	Stores
1	Ballast	–	695.6	155.3	150
2	Load 1	14 894.3	250.0	53.5	150
3	Load 2	16 040.0	200.0	51.2	150

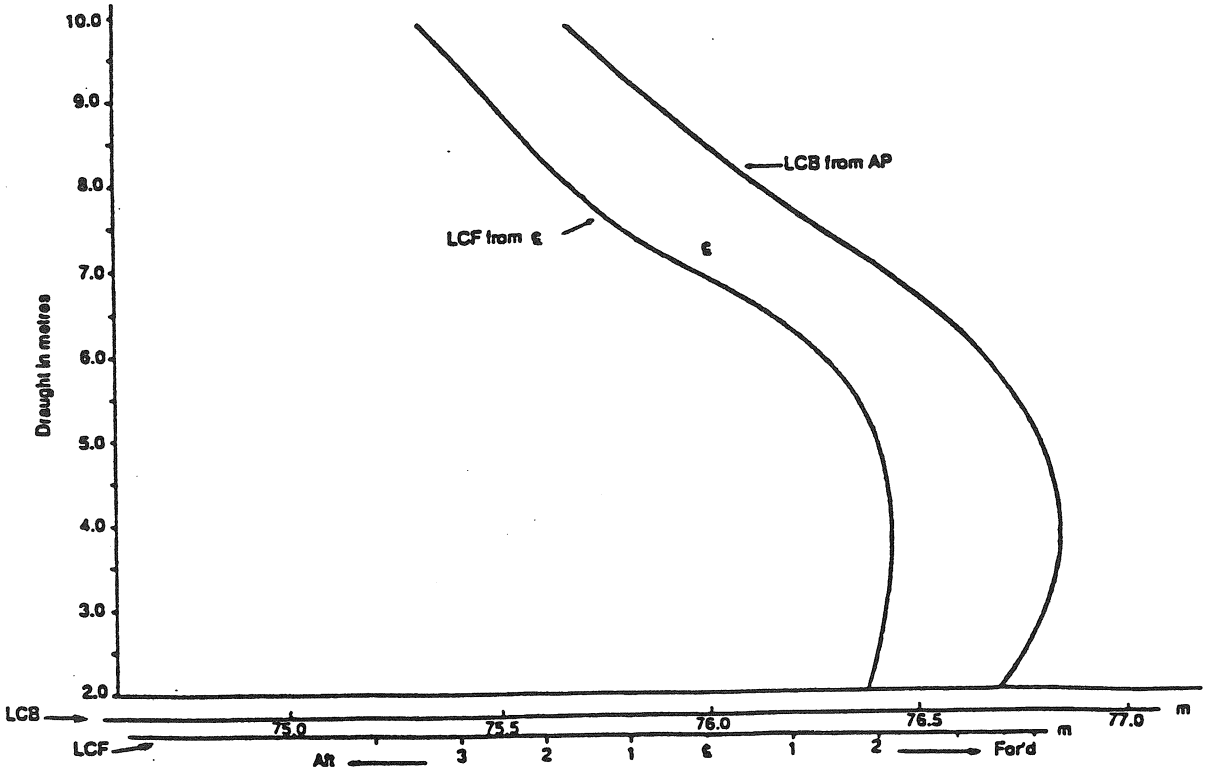
Curve	*F/W*	Ballast	*L/S*	Δ
1	263.3	5070.5	4895	11 229.7
2	104.8	672.4	4895	21 020
3	104.8	–	4895	21 441

Curve	KG	GG_1	Corrected KG	GM
1	6.54	–	6.54	2.56
2	7.113	0.043	7.156	1.484
3	7.320	0.043	7.363	1.307

Capacities in tanks	Volume in m^3	Weights in tonnes					Centre of Gravity		Free surface $I = \frac{l \times b^3}{12}$ m^4
		Lub. oil (ρ = 0.9)	Diesel oil (ρ = 0.9)	Fuel oil (ρ = 0.95)	Fresh w. (ρ = 1.0)	Ballastw. (ρ = 1.02)	VCG (metres)	From AP (metres)	
Forepeak	268.4					275.1	7.28	142.77	67
Db. tank No. 1	2 x 214.0					438.7	1.49	128.44	495
Db. tank No. 2	2 x 296.0					606.8	1.19	110.84	2757
Db. tank No. 3	2 x 328.0					672.4	1.13	93.39	2936
Db. tank No. 4	2 x 328.0					672.4	1.13	75.80	2936
Db. tank No. 5	2 x 191.3			363.5		392.2	0.76	58.22	1094
Db. tank No. 6	2 x 174.8			332.1		358.3	0.76	40.78	785
Db. tank No. 7	2 x 86.3		155.3				1.34	24.89	81
Lower W/t. No. 5	2 x 136.1					279.0	1.76	58.46	81
Lower W/t. No. 6	2 x 100.8			191.5		206.6	1.89	40.63	55
W/t. Eng. Room	2 x 145			275.5			4.88	26.79	120
Upper W/t. No. 1	2 x 149.5					306.1	11.67	127.41	152
Upper W/t. No. 2	2 x 204.8					419.8	11.25	110.98	393
Upper W/t. No. 3	2 x 204.8					419.8	11.25	93.39	393
Upper W/t. No. 4	2 x 204.8					419.8	11.25	75.80	393
Upper W/t. No. 5	2 x 204.8					419.8	11.25	58.22	393
Upper W/t. No. 6	2 x 204.8					419.8	11.25	40.60	393
After-peak	158.5				158.5		7.98	3.44	206
Swim. pool	32				30	30.8	21.86	2.20	24
Freshw. tank	2 x 52.4				104.8		11.40	5.27	83
Daily diesel tank	52.2		47.0				10.76	15.00	39
Daily fuel oil tank	71.1			67.5			10.82	11.22	102
Diesel oil tank	6.0		5.4				13.99	28.53	1
Lub. oil tank	40.0	36.0					10.76	29.81	4
Lub. oil tank	2 x 20.8	37.4					0.67	20.60	20
Total:			207.7	1230.1	293.3	6307.1			

KN-CURVES


KN in metres
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
75°
60°
45°
30°
15°
7.5°
3
4
5
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
Displacement in thousand tonnes
21441 tonnes


Draught in metres
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
LCB from AP
LCF from ℄
℄
LCB
LCF
75.0
75.5
76.0
76.5
77.0
m
Aft
3
2
1
℄
1
2
Fo'd

M/S "LINDA" NAVPRO-DATA

Dypgang	Deplasem.	LCB	LCF	MTC	TPC	KMT
2,25	4.650	76,73	1,90	168,0	22,80	15,50
2,50	5.200	76,76	2,00	171,5	23,00	14,45
2,75	5.800	76,79	2,10	174,6	23,20	13,35
3,00	6.350	76,81	2,15	177,8	23,38	12,55
3,25	6.910	76,82	2,15	180,5	23,53	11,85
3,50	7.510	76,84	2,18	182,6	23,66	11,25
3,75	8.110	76,84	2,20	185,0	23,80	10,70
4,00	8.700	76,84	2,18	187,4	23,91	10,28
4,25	9.280	76,83	2,15	189,5	24,02	9,90
4,50	9.830	76,82	2,12	192,0	24,14	9,61
4,75	10.500	76,81	2,08	194,5	24,28	9,35
5,00	11.100	76,79	2,00	197,0	24,42	9,16
5,25	11.750	76,76	1,90	199,5	24,52	8,99
5,50	12.380	76,73	1,75	202,7	24,65	8,88
5,75	13.080	76,70	1,60	206,3	24,80	8,76
6,00	13.680	76,65	1,30	209,6	24,96	8,67
6,25	14.300	76,60	1,05	214,5	25,16	8,60
6,50	14.930	76,55	0,75	219,2	25,37	8,57
6,75	15.600	76,48	0,25	226,0	25,63	8,54
7,00	16.210	76,41	- 0,25	232,0	25,88	8,51
7,25	16.850	76,34	- 0,74	239,5	26,15	8,50
7,50	17.500	76,25	- 1,10	247,0	26,40	8,50
7,75	18.170	76,19	- 1,45	254,0	26,65	8,52
8,00	18.800	76,12	- 1,70	260,0	26,87	8,54
8,25	19.490	76,05	- 1,95	265,2	27,10	8,56
8,50	20.150	75,99	- 2,20	270,5	27,30	8,59
8,75	20.820	75,92	- 2,40	275,5	27,50	8,63
8,792	**20.924**	**75,91**	**- 2,45**	**276,5**	**27,54**	**8,64**
8,979	**21.441**	**75,86**	**- 2,60**	**279,8**	**27,67**	**8,67**
9,00	21.510	75,86	- 2,60	280,3	27,70	8,67
9,166	**21.958**	**75,82**	**- 2,77**	**283,5**	**27,79**	**8,70**
9,25	22.240	75,80	- 2,80	285,0	27,85	8,71
9,50	22.910	75,74	- 3,05	289,0	28,00	8,77

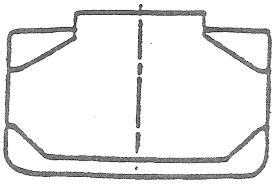
M/S LINDA. NAVPRO-DATA. KY-KURVE

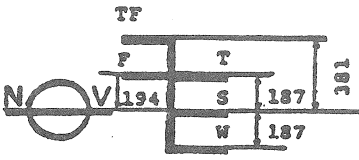
Dypg.	Depl.	7,5°	15°	30°	45°	60°	75°
2,25	4.650	2,15	3,90	6,10	7,05	7,70	7,70
2,50	5.200	2,00	3,70	6,00	7,10	7,75	7,75
2,75	5.800	1,80	3,50	5,80	7,20	7,80	7,80
3,00	6.350	1,70	3,27	5,70	7,15	7,85	7,85
3,25	6.910	1,60	3,15	5,55	7,12	7,90	7,90
3,50	7.510	1,50	3,00	5,40	7,10	7,95	7,95
3,75	8.110	1,43	2,80	5,30	7,08	7,96	7,96
4,00	8.700	1,35	2,75	5,22	7,05	7,98	7,98
4,25	9.280	1,30	2,70	5,15	7,02	7,98	8,00
4,50	9.830	1,28	2,60	5,07	7,01	7,95	7,99
4,75	10.500	1,25	2,52	5,00	7,00	7,90	7,98
5,00	11.100	1,23	2,45	4,92	6,96	7,85	7,96
5,25	11.750	1,21	2,40	4,85	6,93	7,80	7,93
5,50	12.380	1,20	2,35	4,80	6,90	7,75	7,90
5,75	13.080	1,19	2,33	4,75	6,86	7,71	7,88
6,00	13.680	1,18	2,31	4,70	6,80	7,67	7,86
6,25	14.300	1,17	2,29	4,65	6,75	7,63	7,83
6,50	14.930	1,16	2,27	4,60	6,70	7,59	7,80
6,75	15.600	1,15	2,26	4,55	6,65	7,56	7,77
7,00	16.210	1,15	2,25	4,52	6,60	7,52	7,74
7,25	16.850	1,14	2,25	4,49	6,55	7,48	7,72
7,50	17.500	1,14	2,24	4,46	6,50	7,43	7,70
7,75	18.170	1,13	2,24	4,43	6,44	7,38	7,67
8,00	18.800	1,13	2,23	4,40	6,38	7,32	7,64
8,25	19.490	1,12	2,23	4,37	6,32	7,27	7,61
8,50	20.150	1,12	2,23	4,34	6,26	7,23	7,58
8,75	20.820	1,11	2,22	4,31	6,20	7,19	7,55
9,00	21.510	1,11	2,22	4,29	6,14	7,15	7,52
9,25	22.240	1,10	2,22	4,27	6,07	7,11	7,49
9,50	22.910	1,10	2,22	4,25	6,00	7,07	7,46

LASTEMERKER

Sone	Depl.	Dypg.	LCB	LCF	MTC	KMT	TPC
Vinter	20.924	8,792	75,91	-2,45	276,5	8,64	27,54
Sommer	21.441	8,979	75,86	-2,60	279,8	8,67	27,67
Trope	21.958	9,166	75,82	-2,77	283,5	8,70	27,79
FW. S.	21.441	9,173	75,82	-2,77	FW 276,7	8,70	FW 27,12
FW. T.	21.958	9,360	75,77	-2,91	FW 279,8	8,74	FW 26,53

LOADING SCALE





All measures in mm

TF 9.360 m	17063 tonnes	DeadWeight
F 9.173 m	16546	" "
T 9.166 m	17063	" "
S 8.979 m	16546	" "
W 8.792 m	16029	" "

Ships data

LOA	= 159.40 m
LBP	= 149.35 m
B	= 20.40 m
D	= 12.50 m
Gross	= 11182 tonnes
Net	= 5971 tonnes
Δ S	= 21441 tonnes
C_B (S)	= 0.765

Light ship

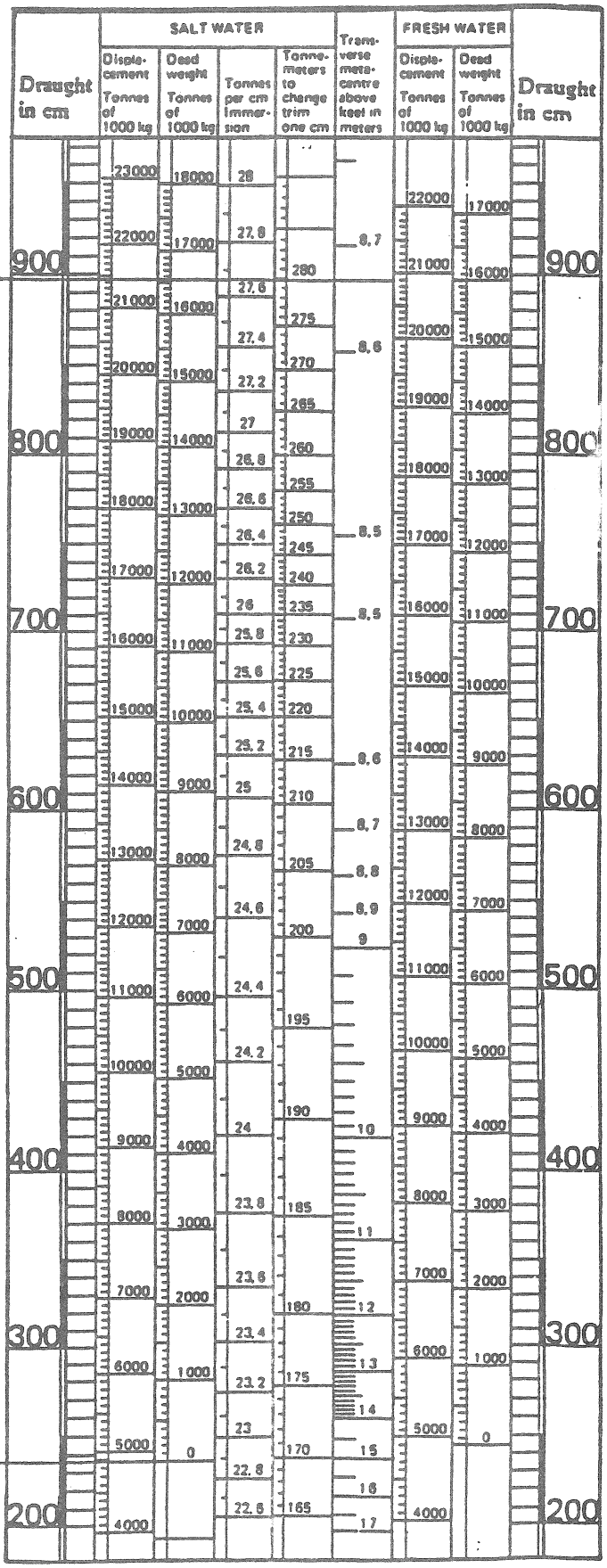
Displacement 4895 tonnes
Draught F 0.25m,A 4.62m,M 2.43m
VCG 7.8 m
LCG from AP 61.587 m

Cargo holds:

Hold No	Volum m³ Grain	Volum m³ Bales	VCG m	LCG m (AP)
1	2919	2761	7.83	128.32
2	3577	3435	7.14	111.43
3	3607	3465	7.13	93.88
4	3607	3465	7.13	76.29
5	3603	3460	7.13	58.73
6	3539	3430	7.19	41.09
Tot.	20852	20017		

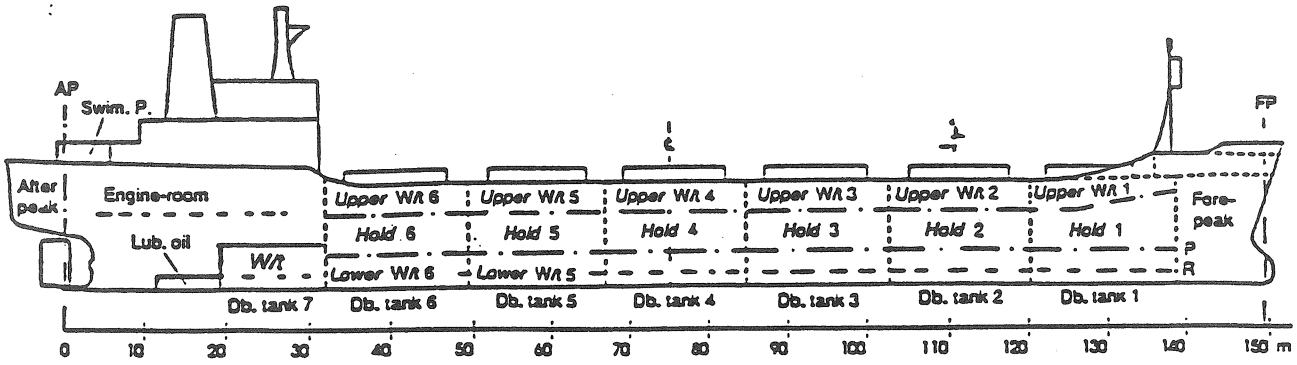
Light ship 4895 tonnes

Mean draught 2.37 m in SW



TRIM TABLE

Tables of changes in centimetres of draught forward and aft for each 100 tonnes loaded



3.0m Draught

F	-16	-13	-10	-6	-1	+4	+9	+14	+18	+23	F
A	+26	+22	+19	+15	+10	+5	0	-6	-11	-15	A

6.0m Draught

F	-15	-10	-8	-4	0	+4	+8	+12	+16	+20	F
A	+23	+19	+17	+13	+8	+4	0	-4	-9	-12	A

9.0m Draught

F	-9	-7	-5	-2	+1	+4	+7	+11	+14	+17	F
A	+15	+13	+12	+9	+6	+3	0	-3	-6	-9	A

Example – Find the draughts after loading 250 tonnes in No. 2 hold.

Initial draught forward 5.76 m		aft 6.38 m	
Correction	+0.30	−0.10	$\left(\frac{250}{100} \times \text{tabulated values}\right)$
New draught	6.06 m	6.28 m	

Notes 1. Interpolation can be used for intermediate draughts.

2. Reverse the signs of the corrections for discharged weights.

M/S "LINDA"
VCG OG UPS: MOMENTS I ROMMENE SOM FUNKSJON AV VOLUM
1974-REGLENE

Rom nr. 1

Volume (m^3)	VCG (m)	UPSETTING MOMENT (m^4)
200	2.21	795
400	2.63	1559
600	3.04	2266
800	3.45	2876
1000	3.87	3351
1200	4.28	3649
1400	4.69	3718
1600	5.11	3453
1800	5.52	3102
2000	5.93	2677
2200	6.35	2188
2400	6.76	1647
2600	7.17	1065
2800	7.59	453
2919	7.83	240

Rom nr. 2

Volume (m^3)	VCG (m)	UPSETTING MOMENT (m^4)
200	1.82	955
400	2.13	1858
600	2.45	2702
800	2.77	3466
1000	3.08	4130
1200	3.40	4673
1400	3.72	5076
1600	4.03	5319
1800	4.35	5093
2000	4.67	4768
2200	4.98	4357
2400	5.30	3870
2600	5.62	3319
2800	5.93	2716
3000	6.25	2071
3200	6.57	1397
3400	6.88	705
3577	7.14	280

Rom nr. 3 og 4

Volume (m^3)	VCG (m)	UPSETTING MOMENT (m^4)
200	1.81	955
400	2.12	1858
600	2.44	2702
800	2.75	3466
1000	3.06	4130
1200	3.37	4673
1400	3.69	5076
1600	4.00	5319
1800	4.31	5093
2000	4.62	4768
2200	4.94	4357
2400	5.25	3870
2600	5.56	3319
2800	5.87	2716
3000	6.18	2071
3200	6.50	1397
3400	6.81	705
3600	7.12	280
3607	7.13	280

Rom nr. 5

Volume (m^3)	VCG (m)	UPSETTING MOMENT (m^4)
200	1.81	955
400	2.13	1858
600	2.44	2702
800	2.75	3466
1000	3.06	4130
1200	3.38	4673
1400	3.69	5076
1600	4.00	5319
1800	4.31	5093
2000	4.63	4768
2200	4.94	4357
2400	5.25	3870
2600	5.56	3319
2800	5.88	2716
3000	6.19	2071
3200	6.50	1397
3400	6.81	705
3600	7.13	280
3603	7.13	280

Rom nr. 6

Volume (m^3)	VCG (m)	UPSETTING MOMENT (m^4)
200	1.82	955
400	2.14	1858
600	2.47	2702
800	2.79	3466
1000	3.11	4130
1200	3.43	4673
1400	3.75	5076
1600	4.07	5319
1800	4.40	5093
2000	4.72	4768
2200	5.04	4357
2400	5.36	3870
2600	5.68	3319
2800	6.00	2716
3000	6.33	2071
3200	6.65	1397
3400	6.97	705
3539	7.19	280

S/T "GOLAR PATRICIA"

Hoveddata

LOA	=	327,000 m
LPP	=	313,000 m
Bm	=	48,200 m
Dm	=	25,200 m
ds	=	19,507 m
Dw S.	=	218.345 tonn
Depl.S.	=	251.245 tonn
CB (S)	=	0,8322

Fribordsdata

SONE	Dypg. m.	Frib. m.	Depl. tonnes	Dødvekt tonnes
TROPICAL F.W.	20,363	4,891	256.931	224.031
FRESH WATER	19,956	5,298	251.245	218.345
TROPICAL	19,914	5,340	256.931	224.031
SUMMER	19,507	5,747	251.245	218.345
WINTER	19,101	6,153	245.559	212.659

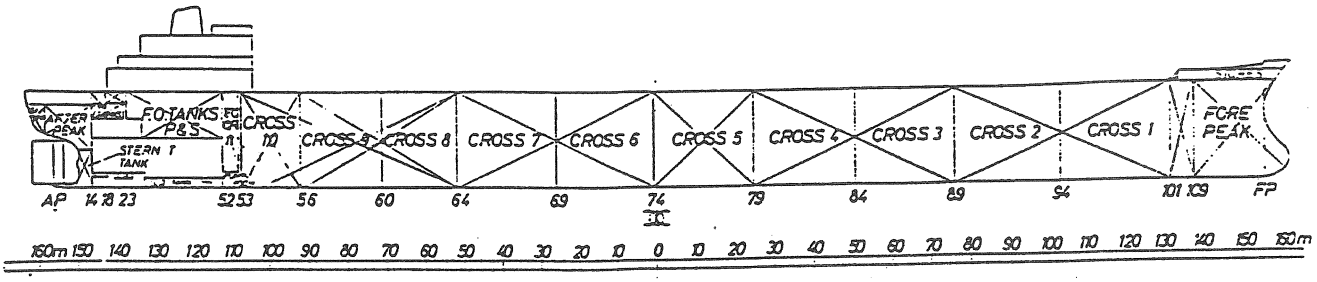
Lettskips data

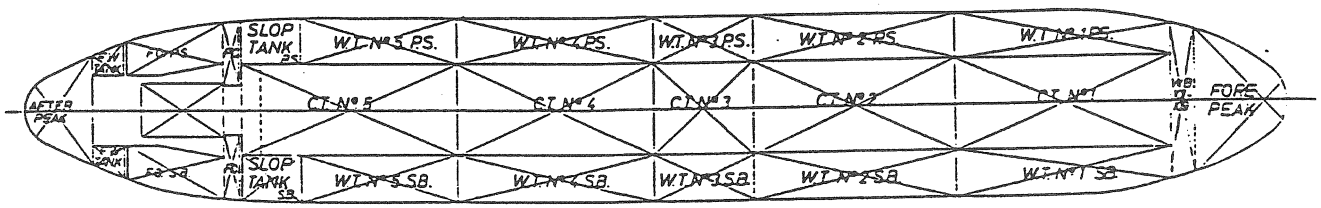
LCG	=	145,5 m foran AP	=	11,00 m aktenfor L/2
WLS	=	Depl. L.S.	=	32.900 tonn
MLS	=	0,5(MLSF + MLSA)	=	- 1.324.930 tonnmeter
dm.	=	2,883 m (Even keel)		
LCB	=	172,230 m foran AP	=	15,730 m foran L/2
LCF	=	171,370 m foran AP	=	14,870 m foran L/2

Lettskips kondisjon

Trim	=	4,145 m
Dypg. forut	=	0,996 m
Dypg. akter	=	5,141 m
Dypg. midtsk.	=	3,067 m
SW bøyemoment	=	- 344.746 tonnmeter

Generalarrangement





Bøyemoment og skjærkraftgrenser.

SPANT NR.	HOGGING MOMENT (tonn. m.)	SAGGING MOMENT (tonn. m.)	NEDRE SKJ.KRAFT (tonn)
101	- 162.600	157.500	10.160
94	- 381.000	375.900	7.110
89	- 492.800	487.700	8.330
84	- 553.700	518.200	8.030
79	- 553.700	508.000	7.930
74	- 553.700	508.000	7.210
69	- 553.700	548.700	9.450
64	- 556.800	551.700	12.700
60	- 472.500	467.400	10.160
56	- 386.100	381.000	6.200
53	- 325.100	315.000	9.960
52	- 284.500	274.300	9.960

LASTETANKER

Tank	Spant nr.	Kapasitet Cub.m. 100 % full	LCG foran A.P. m.
C.T. # 1	89-101	34.717,0	260,65
C.T. # 2	79-89	31.449,5	207,00
C.T. # 3	74-79	15.724,8	168,75
C.T. # 4	64-74	31.449,5	130,52
C.T. # 5	53-64	33.221,7	78,01
C.T. total		146.562,5	
W.T. # 1 P.S.	89-101	15.678,3	258,71
W.T. # 2 P.S.	79-89	15.594,8	207,00
W.T. # 4 P.S.	64-74	15.573,0	130,52
W.T. # 5 P.S.	56-64	11.328,9	85,42
Sloopt. P.S.	53-56	3.110,9	57,05
W.T. total		122.571,8	
Lastetanker total		269.134,3	

FERSKVANN, VANNBALLAST.

Tank	Spant nr.	Kapasitet Cub.m. 100 % full	LCG foran A.P m.
F.W. tank P.	14-23	227,2	14,02
F.W. tank S.	14-18	124,5	12,23
F.W. tank P.	18-23	124,1	16,14
F.W. tank S.	18-23	124,1	16,14
A.P. tank	S-14	1.433,3	5,73
F.W. total		2.033,2	
F.P. tank	109-S	8.968,6	302,41
W.B. tank	101-109	5.176,7	291,72
W.T. # 3 P.	74-79	7.796,4	168,75
W.T. # 3 S.	74-79	7.796,4	168,75
W.B. total		29.738,1	

FUEL OIL, STORES ETC.

Tank	Spant nr.	Kapasitet Cub.m. 100 % full	LCG foran A.P. m.
F.O.S.T. P.	52-52,7	774,7	46,07
F.O.S.T. S.	52-52,7	774,7	46,07
F.O. tank P.	24-52	2.689,5	32,87
F.O. tank S.	24-52	2.689,5	32,87
F.O. total		6.928,6	
S.T. tank	A.P.-14	58,9	8,57
L.O. tank	20-26	28,7	20,30
Stores aft			22,50
Stores forward			300,20

HYDROSTATISKE TABELLER

Dypg. m.	Deplasement Tonn a 1000 p = 1,025	Tonn/cm nedd.	MCT Tonnm./cm	LCB m. foran A.P.	LCF m. foran L/2
3,00	34.482	121,9	2.127	172,21	14,81
3,25	37.497	122,4	2.145	172,13	14,68
3,50	40.505	122,9	2.162	172,05	14,54
3,75	43.527	123,3	2.178	171,97	14,40
4,00	46.570	123,7	2.194	171,89	14,26
4,25	49.615	124,1	2.209	171,82	14,11
4,50	52.694	124,5	2.224	171,74	13,96
4,75	55.776	124,8	2.238	171,66	13,81
5,00	58.873	125,2	2.253	171,58	13,65
5,25	61.987	125,5	2.268	171,50	13,49
5,50	65.102	125,8	2.281	171,42	13,32
5,75	68.253	126,1	2.294	171,35	13,15
6,00	71.404	126,4	2.308	171,27	12,98
6,25	74.577	126,7	2.320	171,19	12,81
6,50	77.763	126,9	2.333	171,10	12,63
6,75	80.956	127,2	2.349	171,02	12,45
7,00	84.178	127,4	2.362	170,94	12,27
7,25	87.400	127,6	2.374	170,86	12,09
7,50	90.646	127,9	2.386	170,77	11,91
7,75	93.902	128,1	2.398	170,69	11,72
8,00	97.149	128,3	2.410	170,61	11,53
8,25	100.377	128,5	2.423	170,52	11,34
8,50	103.594	128,7	2.433	170,43	11,14
8,75	106.818	128,9	2.444	170,34	10,94
9,00	110.042	129,0	2.455	170,26	10,74
9,25	113.275	129,2	2.466	170,17	10,53
9,50	116.517	129,4	2.478	170,08	10,32
9,75	119.749	129,6	2.488	169,98	10,10
10,00	123.003	129,8	2.500	169,89	9,88
10,25	126.248	130,0	2.511	169,80	9,65
10,50	129.504	130,1	2.523	169,70	9,42
10,75	132.770	130,3	2.534	169,61	9,18
11,00	136.045	130,5	2.546	169,51	8,93
11,25	139.464	130,8	2.559	169,41	8,67
11,50	142.631	131,0	2.572	169,31	8,41
11,75	145.875	131,2	2.585	169,21	8,14
12,00	149.166	131,5	2.599	169,10	7,87
12,25	152.458	131,7	2.613	169,00	7,59
12,50	155.766	132,0	2.629	168,89	7,30
12,75	159.082	132,3	2.644	168,78	7,01
13,00	162.409	132,5	2.659	168,67	6,71
13,25	165.734	132,8	2.675	168,55	6,41
13,50	169.064	133,1	2.691	168,44	6,10
13,75	172.411	133,4	2.708	168,32	5,79
14,00	175.748	133,8	2.726	168,21	5,48
14,25	179.110	134,1	2.745	168,09	5,16
14,50	182.468	134,4	2.762	167,96	4,85
14,75	185.829	134,7	2.780	167,84	4,54
15,00	189.201	135,0	2.799	167,71	4,23
15,25	192.576	135,4	2.816	167,59	3,92
15,50	195.971	135,7	2.835	167,46	3,61
15,75	199.356	136,0	2.853	167,33	3,31
16,00	202.758	136,3	2.872	167,21	3,02
16,25	206.167	136,6	2.890	167,08	2,73
16,50	209.574	136,9	2.908	166,95	2,45
16,75	213.010	137,2	2.926	166,81	2,18
17,00	216.434	137,5	2.943	166,68	1,92
17,25	219.878	137,7	2.959	166,55	1,67
17,50	223.323	138,0	2.976	166,42	1,43
17,75	226.772	138,3	2.993	166,29	1,20
18,00	230.243	138,5	3.008	166,16	0,98
18,25	233.701	138,8	3.024	166,03	0,77
18,50	237.184	139,0	3.039	165,90	0,58
18,75	240.664	139,2	3.054	165,77	0,40
19,00	244.151	139,5	3.068	165,64	0,24
19,25	247.653	139,7	3.083	165,51	0,09
19,50	251.144	139,9	3.097	165,39	-0,07
19,75	254.664	140,2	3.110	165,26	-0,20
20,00	258.176	140,4	3.124	165,14	-0,33
20,25	261.685	140,7	3.137	165,02	-0,45

HYDROSTATISKE TABELLER

Dypg. m.	KMT. m	KML. m	KB. m	W.Surface kv.m	CB	A. L/2 kv.m	A.WP. kv.m
3,00	60,37	1.962,0	1,54	12.936,2	0,738	139,55	11.894,0
3,25	56,06	1.817,1	1,67	13.115,2	0,742	151,59	11.944,0
3,50	52,35	1.691,9	1,80	13.292,2	0,746	163,7	11.990,1
3,75	49,13	1.583,1	1,93	13.467,3	0,749	175,76	12.032,9
4,00	46,33	1.487,7	2,06	13.641,0	0,752	187,80	12.072,9
4,25	43,89	1.404,2	2,18	13.813,9	0,755	199,84	12.111,0
4,50	41,78	1.331,1	2,31	13.984,8	0,758	211,88	12.143,4
4,75	39,88	1.265,5	2,44	14.155,8	0,761	223,92	12.178,7
5,00	38,17	1.206,1	2,57	14.326,4	0,763	235,96	12.213,0
5,25	36,64	1.152,0	2,70	14.496,5	0,766	248,00	12.244,4
5,50	35,26	1.102,8	2,82	14.666,5	0,768	260,04	12.274,1
5,75	34,02	1.058,5	2,95	14.835,7	0,770	272,08	12.303,0
6,00	32,90	1.017,8	3,08	15.005,0	0,772	284,12	12.330,7
6,25	31,87	980,3	3,21	15.174,1	0,774	296,21	12.357,7
6,50	30,92	945,5	3,34	15.343,1	0,776	308,29	12.383,4
6,75	30,05	913,1	3,46	15.512,0	0,777	320,33	12.407,7
7,00	29,25	883,3	3,59	15.680,8	0,779	332,37	12.431,3
7,25	28,53	855,7	3,72	15.849,4	0,781	344,41	12.453,5
7,50	27,86	829,9	3,85	16.017,9	0,782	356,45	12.475,0
7,75	27,24	805,7	3,98	16.186,1	0,783	368,49	12.495,5
8,00	26,66	782,9	4,11	16.354,2	0,784	380,53	12.515,4
8,25	26,12	761,3	4,23	16.522,6	0,786	392,57	12.535,0
8,50	25,62	741,3	4,36	16.691,0	0,788	404,69	12.553,3
8,75	25,17	722,6	4,49	16.858,8	0,789	416,74	12.571,6
9,00	24,74	704,9	4,62	17.026,4	0,790	428,78	12.589,4
9,25	24,34	688,1	4,74	17.194,0	0,791	440,82	12.606,9
9,50	23,97	672,1	4,87	17.361,8	0,792	452,85	12.624,5
9,75	23,62	657,1	5,00	17.530,2	0,794	464,90	12.642,0
10,00	23,31	642,8	5,13	17.697,9	0,795	476,94	12.660,3
10,25	23,01	629,5	5,26	17.865,5	0,796	489,04	12.678,6
10,50	22,73	616,9	5,39	18.033,6	0,797	501,07	12.697,3
10,75	22,47	604,9	5,51	18.201,7	0,798	513,06	12.716,6
11,00	22,23	593,5	5,64	18.369,5	0,799	525,11	12.736,5
11,25	22,01	582,5	5,77	18.539,7	0,800	537,22	12.757,9
11,50	21,80	572,4	5,90	18.706,3	0,801	549,27	12.779,9
11,75	21,61	562,7	6,03	18.875,2	0,802	561,31	12.803,0
12,00	21,43	553,4	6,16	19.044,0	0,803	573,35	12.827,0
12,25	21,27	544,5	6,28	19.212,6	0,804	585,41	12.851,5
12,50	21,11	536,0	6,41	19.381,7	0,805	597,50	12.876,7
12,75	20,97	528,3	6,54	19.550,9	0,806	609,48	12.904,1
13,00	20,84	520,7	6,67	19.720,7	0,807	621,57	12.931,6
13,25	20,72	513,5	6,80	19.890,6	0,808	633,64	12.959,9
13,50	20,61	506,7	6,93	20.060,5	0,809	645,68	12.989,1
13,75	20,51	500,2	7,06	20.230,4	0,810	657,72	13.018,9
14,00	20,42	494,0	7,19	20.400,4	0,811	669,76	13.049,4
14,25	20,34	488,0	7,32	20.570,3	0,812	681,80	13.079,9
14,50	20,26	482,3	7,45	20.740,2	0,813	693,84	13.110,9
14,75	20,19	476,8	7,58	20.910,5	0,813	705,88	13.142,5
15,00	20,13	471,4	7,71	21.081,0	0,814	717,92	13.174,3
15,25	20,08	466,5	7,84	21.250,9	0,815	729,96	13.205,5
15,50	20,03	461,7	7,97	21.420,1	0,817	742,00	13.236,0
15,75	19,98	457,0	8,10	21.589,9	0,818	754,10	13.266,5
16,00	19,95	452,4	8,23	21.759,3	0,818	766,17	13.296,5
16,25	19,91	447,9	8,36	21.928,5	0,819	778,21	13.325,9
16,50	19,88	443,4	8,49	22.097,5	0,820	790,25	13.354,8
16,75	19,86	439,2	8,62	22.265,9	0,821	802,29	13.383,0
17,00	19,84	435,1	8,75	22.434,3	0,822	814,33	13.410,4
17,25	19,83	431,1	8,88	22.602,7	0,823	826,37	13.437,3
17,50	19,82	427,1	9,01	22.770,4	0,824	838,41	13.463,2
17,75	19,81	423,1	9,14	22.937,5	0,825	850,47	13.488,4
18,00	19,81	419,1	9,27	23.105,0	0,826	862,58	13.513,4
18,25	19,81	415,1	9,41	23.271,9	0,827	874,62	13.537,0
18,50	19,81	411,3	9,54	23.438,2	0,828	886,66	13.560,6
18,75	19,82	407,8	9,67	23.604,3	0,829	898,70	13.584,3
19,00	19,83	404,2	9,80	23.770,4	0,830	910,74	13.607,6
19,25	19,84	400,5	9,93	23.936,5	0,831	922,78	13.630,4
19,50	19,86	397,0	10,06	24.102,6	0,832	934,81	13.653,3
19,75	19,88	393,5	10,19	24.268,0	0,833	946,85	13.676,9
20,00	19,90	390,0	10,33	24.433,4	0,834	958,95	13.700,5
20,25	19,92	386,5	10,46	24.598,7	0,834	971,07	13.724,1

ULLAGE TABELL SENTERTANKER.

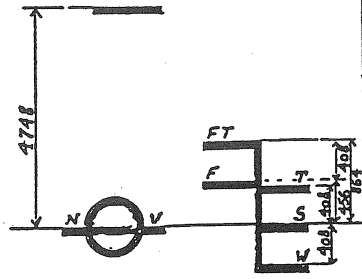
Ullage i cm.	Volum i kubikkmeter				
	C.T.# 1	C.T.# 2	C.T.# 3	C.T.# 4	C.T.#5
0	34.717,0	31.449,5	15.724,8	31.449,5	33.221,7
5	34.676,1	31.418,7	15.709,3	31.418,7	33.190,4
10	34.629,7	31.377,6	15.688,8	31.377,6	33.145,8
15	34.577,1	31.325,2	15.662,6	31.325,2	33.086,5
20	34.513,7	31.264,3	15.632,2	31.264,3	33.019,8
25	34.448,1	31.203,0	15.601,5	31.203,0	32.952,7
30	34.380,3	31.141,7	15.570,8	31.141,7	32.885,4
35	34.312,8	31.080,4	15.540,2	31.080,4	32.818,5
40	34.245,4	31.019,0	15.509,5	31.019,0	32.751,6
45	34.177,9	30.957,7	15.478,9	30.957,7	32.684,7
50	34.110,5	30.896,4	15.448,7	30.896,4	32.617,8
52	34.083,5	30.871,9	15.435,9	30.871,9	32.591,1
54	34.056,5	30.847,4	15.423,7	30.847,4	32.564,3
56	34.029,5	30.822,8	15.411,4	30.822,8	32.537,5
58	34.002,6	30.798,3	15.399,2	30.798,3	32.510,8
60	33.975,6	30.773,8	15.386,9	30.773,8	32.484,0
61	33.962,1	30.761,4	15.380,8	30.761,4	32.470,7
62	33.948,6	30.748,6	15.374,6	30.748,6	32.457,3
63	33.935,1	30.737,0	15.368,5	30.737,0	32.443,9
64	33.921,6	30.724,7	15.362,4	30.724,7	32.430,5
65	33.908,1	30.712,5	15.356,2	30.712,5	32.417,1
66	33.894,6	30.700,2	15.350,1	30.700,2	32.403,8
67	33.881,1	30.687,9	15.344,0	30.687,9	32.390,4
68	33.867,6	30.675,7	15.337,8	30.675,7	32.377,0
69	33.854,2	30.663,4	15.331,7	30.663,4	32.363,6
70	33.840,7	30.651,1	15.326,0	30.651,1	32.350,3
71	33.827,2	30.638,9	15.319,8	30.638,9	32.336,9
72	33.813,5	30.626,4	15.313,2	30.626,4	32.323,3
73	33.800,2	30.614,3	15.307,2	30.614,3	32.310,1
74	33.786,7	30.602,1	15.301,0	30.602,1	32.296,7
75	33.773,2	30.589,8	15.294,9	30.589,8	32.283,4
76	33.759,7	30.577,6	15.288,8	30.577,6	32.270,0
77	33.746,2	30.565,3	15.282,6	30.565,3	32.256,6
78	33.732,8	30.553,0	15.276,5	30.553,0	32.243,2
79	33.719,3	30.540,8	15.270,4	30.540,8	32.229,9
80	33.705,8	30.528,5	15.264,5	30.528,5	32.216,5
81	33.692,3	30.516,3	15.258,1	30.516,3	32.203,1
82	33.678,8	30.504,0	15.252,0	30.504,0	32.189,7
83	33.665,3	30.491,7	15.245,9	30.491,7	32.176,3
84	33.651,8	30.478,7	15.239,7	30.478,7	32.163,0
85	33.638,3	30.466,8	15.233,6	30.466,8	32.149,6
86	33.624,8	30.454,9	15.227,5	30.454,9	32.136,2
87	33.611,6	30.442,7	15.221,3	30.442,7	32.122,8
88	33.598,1	30.430,4	15.215,2	30.430,4	32.109,5
89	33.584,7	30.418,1	15.209,1	30.418,1	32.096,1
90	33.571,2	30.405,9	15.202,9	30.405,9	32.082,7
92	33.544,2	30.381,4	15.190,7	30.381,4	32.055,9
94	33.517,2	30.356,8	15.178,4	30.356,8	32.029,2
96	33.490,2	30.332,3	15.166,2	30.332,3	32.002,4
98	33.463,3	30.307,8	15.153,9	30.307,8	31.975,7
100	33.436,3	30.283,3	15.141,6	30.283,3	31.948,9
105	33.368,8	30.221,9	15.111,0	30.221,9	31.882,0
110	33.301,4	30.160,6	15.080,3	30.160,6	31.815,1
115	33.233,9	30.099,3	15.049,7	30.099,3	31.748,3
120	33.166,5	30.038,0	15.019,0	30.038,0	31.681,4
v	13,49	12,26	6,13	12,26	13,38

v = Omtrentlig reduksjon av volum pr. cm fra ullage 120 cm

ULLAGE TABELL SIDETANKER.

Ullage i cm	Volum i kubikkmeter					
	W.T.# 1	W.T.# 2	W.T.# 3	W.T.# 4	W.T.# 5	Slooptks
0	15.678,3	15.594,8	7.796,4	15.573,0	11.328,9	3.110,9
5	15.670,5	15.587,5	7.793,1	15.566,5	11.322,6	3.109,0
10	15.662,2	15.579,8	7.789,3	15.559,1	11.315,6	3.107,0
15	15.653,3	15.571,4	7.785,1	15.550,7	11.308,0	3.104,7
20	15.645,9	15.560,7	7.779,7	15.539,7	11.298,6	3.101,1
25	15.634,1	15.548,7	7.773,6	15.527,4	11.288,3	3.097,1
30	15.616,6	15.535,0	7.766,8	15.513,4	11.276,8	3.092,6
35	15.600,0	15.518,0	7.758,0	15.496,2	11.262,6	3.087,5
40	15.582,1	15.499,0	7.747,7	15.476,5	11.246,9	3.081,6
45	15.562,1	15.477,0	7.735,6	15.453,7	11.229,9	3.074,5
50	15.539,5	15.451,0	7.720,7	15.425,1	11.209,0	3.067,2
52	15.529,6	15.438,9	7.714,6	15.413,4	11.200,6	3.064,0
54	15.519,3	15.426,2	7.708,4	15.401,8	11.192,3	3.060,8
56	15.508,3	15.413,4	7.702,3	15.390,2	11.182,5	3.057,4
58	15.496,9	15.400,4	7.696,2	15.377,7	11.172,7	3.053,8
60	15.485,0	15.388,2	7.690,0	15.365,2	11.162,9	3.049,9
61	15.479,0	15.382,2	7.687,0	15.359,0	11.158,0	3.047,9
62	15.472,3	15.375,9	7.683,9	15.352,7	11.153,1	3.046,1
63	15.465,6	15.369,7	7.680,9	15.346,5	11.148,1	3.044,4
64	15.458,9	15.363,4	7.677,8	15.340,2	11.143,2	3.042,6
65	15.452,2	15.357,2	7.674,7	15.334,0	11.138,3	3.040,8
66	15.445,6	15.351,0	7.671,7	15.327,7	11.133,4	3.039,0
67	15.438,9	15.344,8	7.667,2	15.321,5	11.128,5	3.037,2
68	15.432,2	15.338,7	7.665,5	15.315,2	11.123,6	3.035,4
69	15.425,5	15.332,5	7.662,5	15.309,0	11.118,7	3.033,7
70	15.418,8	15.326,3	7.659,4	15.302,8	11.113,8	3.031,9
71	15.412,1	15.320,0	7.656,3	15.296,5	11.108,9	3.030,1
72	15.405,3	15.313,7	7.653,2	15.290,2	11.103,9	3.028,3
73	15.398,7	15.307,5	7.650,2	15.284,0	11.099,1	3.026,5
74	15.392,0	15.301,2	7.647,1	15.277,8	11.094,2	3.024,7
75	15.385,4	15.294,9	7.644,1	15.271,5	11.089,3	3.023,0
76	15.378,7	15.288,5	7.641,0	15.265,3	11.084,4	3.021,2
77	15.372,0	15.282,3	7.637,9	15.259,1	11.079,5	3.019,4
78	15.365,3	15.276,0	7.634,9	15.252,8	11.074,6	3.017,6
79	15.358,6	15.269,7	7.631,8	15.246,6	11.069,7	3.015,8
80	15.351,9	15.263,4	7.628,7	15.240,3	11.064,8	3.014,0
81	15.345,2	15.257,3	7.625,7	15.234,1	11.059,9	3.012,3
82	15.338,5	15.251,1	7.622,6	15.227,8	11.054,9	3.010,5
83	15.331,8	15.245,0	7.619,5	15.221,6	11.050,0	3.008,7
84	15.325,1	15.238,9	7.616,5	15.215,4	11.045,1	3.006,9
85	15.318,5	15.232,6	7.613,4	15.209,1	11.040,2	3.005,1
86	15.311,8	15.226,4	7.610,3	15.202,9	11.035,3	3.003,3
87	15.305,1	15.220,1	7.607,3	15.196,6	11.030,4	3.001,5
88	15.298,4	15.213,9	7.604,2	15.190,4	11.025,5	2.999,8
89	15.291,5	15.207,7	7.601,1	15.184,1	11.020,6	2.998,0
90	15.283,9	15.201,7	7.598,1	15.177,9	11.015,7	2.996,2
92	15.271,6	15.189,5	7.591,9	15.165,4	11.005,9	2.993,3
94	15.258,3	15.177,0	7.585,8	15.152,9	10.996,1	2.991,9
96	15.244,9	15.164,5	7.579,7	15.140,4	10.986,3	2.988,3
98	15.231,5	15.152,2	7.573,5	15.128,0	10.976,5	2.984,8
100	15.218,1	15.139,7	7.567,4	15.115,5	10.966,7	2.981,2
105	15.184,7	15.108,6	7.552,1	15.084,3	10.942,1	2.972,3
110	15.153,7	15.077,0	7.536,8	15.053,0	10.917,6	2.963,4
115	15.124,0	15.046,0	7.521,4	15.021,8	10.893,1	2.954,4
120	15.094,2	15.015,3	7.506,1	14.990,6	10.868,5	2.945,5
v	---	6,215	3,065	6,243	---	---

v = Omtrentlig reduksjon av volum pr. cm fra ullage 120 cm.



Fribordet er målt fra dekkslinjen
1000 mm fra overkant av dekket.

DYPG.	DEPL.MOMENT AKTERSKIPET (TONN.M.x10)	DEPL.MOMENT FORSKIPET (TONN.M.x10)
3.00	810.6	1349.5
3.25	887.0	1471.7
3.50	964.1	1593.7
3.75	1042.3	1716.0
4.00	1121.6	1839.3
4.25	1201.6	1962.7
4.50	1281.6	2086.8
4.75	1362.2	2210.9
5.00	1443.8	2335.5
5.25	1526.6	2460.5
5.50	1609.9	2585.6
5.75	1694.1	2711.4
6.00	1778.3	2837.3
6.25	1863.5	2963.1
6.50	1949.0	3088.9
6.75	2034.4	3214.8
7.00	2121.9	3340.6
7.25	2209.4	3466.5
7.50	2296.9	3592.3
7.75	2384.9	3718.6
8.00	2473.5	3845.0
8.25	2562.7	3970.8
8.50	2652.7	4096.7
8.75	2742.7	4222.5
9.00	2833.8	4348.4
9.25	2925.5	4473.8
9.50	3017.1	4599.0
9.75	3108.8	4724.9
10.00	3202.1	4849.9
10.25	3295.5	4975.5
10.50	3390.2	5100.9
10.75	3485.7	5226.2
11.00	3580.9	5351.8
11.25	3677.6	5476.0
11.50	3474.3	5600.9
11.75	3872.0	5725.4
12.00	3970.4	5849.9
12.25	4069.1	5974.7
12.50	4169.1	6098.9
12.75	4270.0	6223.9
13.00	4372.8	6348.3
13.25	4475.6	6472.9
13.50	4578.7	6597.6
13.75	4682.9	6721.8
14.00	4787.1	6846.0
14.25	4895.1	6970.9
14.50	5003.4	7095.9
14.75	5112.6	7220.5
15.00	5222.8	7344.7
15.25	5333.6	7468.9
15.50	5445.3	7593.0
15.75	5557.0	7717.2
16.00	5670.2	7841.9
16.25	5784.7	7966.6
16.50	5899.9	8090.8
16.75	6016.6	8214.9
17.00	6134.9	8340.7
17.25	6253.8	8465.3
17.50	6373.0	8589.5
17.75	6492.9	8713.9
18.00	6614.5	8838.9
18.25	6735.3	8963.9
18.50	6859.0	9088.9
18.75	6983.2	9214.4
19.00	7107.0	9339.6
19.25	7230.8	9463.9
19.50	7356.6	9588.9
19.75	7483.3	9715.6
20.00	7610.6	9841.6
20.25	7738.1	9967.4

LIGHT SHIP 32.900 TONN

MEAN DRAFT 2.883 METER

DRAFT IN METRES	SEA WATER ρ=1.025 DISPL. (TONNES)	TONNES PER CM. IMM.	MT 1CM. (TONNES) I METRE	KM$_T$ (METRES)
		141.0		
20.0	260.000			19.88
		140.0	3100	19.86
	250.000			19.84
19.0				
	240.000	139.0		19.82
18.0	230.000		3.000	19.81
	220.000	138.0		
17.0				
	210.000	137.0	2900	19.90
16.0	200.000	136.0		20.00
	190.000	135.0	2.800	
15.0				20.20
	180.000	134.0		20.40
14.0			2.700	
	170.000	133.0		20.60
13.0				20.80
	160.000	132.0		21.00
12.0	150.000		2.600	
		131.0		
	140.000			22.00
11.0				
	130.000	130.0		23.00
10.0			2.500	
	120.000			24.00
9.0	110.000	127.0		25.00
	100.000			26.00
8.0		128.0	2.400	27.00
	90.000			28.00
7.0				29.00
	80.000	127.0		30.00
6.0	70.000	126.0	2.300	
	60.000	125.0		40.00
5.0				
	50.000	124.0	2.200	
4.0				50.00
	40.000	123.0		
3.0		122.0		60.00
	30.000		2100	65.00
2.0				

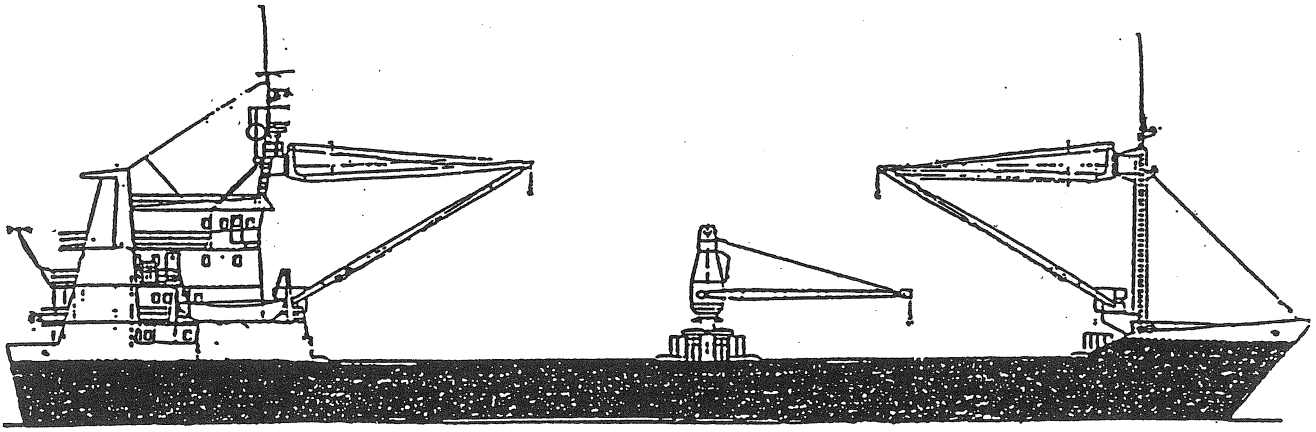
OPPDRIFTSKARAKTERISTIKK.

Dypg.	Forep.	Cr.1	Cr.2	Cr.3	Cr.4	Cr.5	Cr.6	Cr.7	Cr.8	Cr.9	Cr.10	Cr.11	Eng.room
2,50	1124	2799	3272	3067	3067	3067	3067	3017	2150	1802	955	245	889
3,00	1372	3381	3938	3691	3691	3691	3691	3637	2607	2207	1183	301	1092
3,50	1630	3980	4609	4317	4317	4317	4317	4259	3066	2613	1411	360	1309
4,00	1895	4585	5278	4943	4943	4943	4943	4880	3529	3027	1647	422	1535
4,50	2167	5200	5951	5570	5570	5570	5570	5504	3996	3450	1889	486	1771
5,00	2447	5823	6623	6198	6198	6198	6198	6130	4468	3881	2139	552	2016
5,50	2733	6452	7298	6827	6827	6827	6827	6759	4945	4321	2396	621	2270
6,00	3029	7091	7975	7457	7457	7457	7457	7390	5428	4773	2663	692	2536
6,50	3332	7739	8653	8088	8088	8088	8088	8022	5917	5233	2937	766	2810
7,00	3643	8394	9333	8720	8720	8720	8720	8657	6411	5703	3220	842	3094
7,50	3960	9058	10014	9353	9353	9353	9353	9294	6909	6181	3509	921	3388
8,00	4280	9725	10697	9986	9986	9986	9986	9932	7410	6665	3804	1002	3690
8,50	4580	10382	11376	10617	10617	10617	10617	10564	7902	7141	4097	1082	4004
9,00	4873	11037	12053	11248	11248	11248	11248	11195	8390	7616	4393	1164	4329
9,50	5164	11694	12731	11880	11880	11880	11880	11827	8879	8096	4694	1248	4664
10,00	5454	12354	13409	12510	12510	12510	12510	12458	9369	8579	4998	1333	5009
10,50	5742	13014	14087	13140	13140	13140	13140	13087	9859	9065	5307	1419	5364
11,00	6031	13679	14767	13771	13771	13771	13771	13719	10351	9555	5621	1509	5729
11,50	6319	14348	15446	14404	14404	14404	14404	14352	10845	10053	5942	1603	6107
12,00	6600	15010	16121	15032	15032	15032	15032	14979	11334	10544	6261	1691	6498
12,50	6880	15704	16796	15660	15660	15660	15660	15607	11823	11037	6583	1783	6923
13,00	7157	16378	17474	16289	16289	16289	16289	16238	12316	11531	6907	1876	7376
13,50	7436	17005	18154	16922	16922	16922	16922	16872	12811	12036	7237	1973	7852
14,00	7711	17671	18832	17553	17553	17553	17553	17503	13304	12530	7569	2071	8345
14,50	7983	18338	19510	18185	18185	18185	18185	18134	13798	13031	7905	2169	8860
15,00	8254	19005	20187	18815	18815	18815	18815	18764	14292	13534	8244	2269	9392
15,50	8522	19675	20867	19446	19446	19446	19446	19397	14788	14039	8585	2371	9943
16,00	8791	20344	21545	20076	20076	20076	20076	20028	15283	14544	8929	2474	10516
16,50	9063	21013	22222	20706	20706	20706	20706	20658	15777	15049	9274	2577	11117
17,00	9338	21682	22901	21337	21337	21337	21337	21289	16271	15555	9620	2681	11749
17,50	9614	22352	23578	21968	21968	21968	21968	21920	16765	16062	9969	2787	12404
18,00	9890	23023	24257	22598	22598	22598	22598	22553	17261	16571	10320	2894	13082
18,50	10167	23694	24935	23229	23229	23229	23229	23182	17755	17078	10673	3002	13782
19,00	10444	24365	25613	23859	23859	23859	23859	23814	18249	17588	11028	3110	14504
19,50	10721	25036	26291	24489	24489	24489	24489	24443	18744	18099	11385	3220	15249
20,00	11001	25709	26970	25120	25120	25120	25120	25075	19238	18610	11745	3331	16017
20,50	11280	26380	27646	25750	25750	25750	25750	25704	19731	19121	12105	3442	16785

OPPDRIFTSKORREKSJON PGA TRIM, SAMT LETTSKIPS VEKT (TONN 1000 KG)

TRIM	Forep.	Cr.1	Cr.2	Cr.3	Cr.4	Cr.5	Cr.6	Cr.7	Cr.8	Cr.9	Cr.10	Cr.11	Maskinrom
A.5,50	-1359	-2803	-2137	-1402	-837	-271	293	860	1070	1446	1192	389	2800
A.5,00	-1233	-2549	-1944	-1274	-761	-246	269	782	972	1315	1083	354	2522
A.4,50	-1108	-2294	-1750	-1146	-684	-222	244	704	874	1184	974	318	2245
A.4,00	- 983	-2040	-1556	-1019	-609	-198	215	626	777	1053	865	282	1976
A.3,50	- 859	-1785	-1361	- 892	-533	-173	187	548	680	922	757	247	1710
A.3,00	- 735	-1531	-1167	- 765	-456	-149	160	469	583	791	649	211	1450
A.2,50	- 611	-1276	- 972	- 637	-380	-124	133	391	485	659	540	176	1194
A.2,00	- 487	-1020	- 778	- 509	-304	- 98	107	313	389	527	432	140	942
A.1,50	- 365	- 765	- 583	- 382	-228	- 73	80	235	291	395	323	105	699
A.1,00	- 242	- 511	- 389	- 255	-151	- 49	53	156	194	262	216	69	461
A.0,50	- 121	- 256	- 194	- 128	- 76	- 24	27	78	97	131	108	34	230
F.0,50	120	255	195	127	77	25	- 27	- 78	- 97	-132	-107	- 35	- 223
F.1,00	240	511	389	255	152	50	- 53	-157	-195	-262	-213	- 68	- 444
F.1,50	361	767	583	382	228	74	- 80	-235	-292	-393	-320	-102	- 661
F.2,00	483	1023	777	509	304	98	-107	-313	-389	-524	-426	-137	- 875
F.2,50	608	1279	971	638	379	123	-133	-392	-485	-654	-531	-171	-1087
LETT SKIPS VEKT	2545	2369	2380	2475	2475	2475	2552	2552	2041	2015	1586	658	6777
LENGDE PP	(24,2)	28,9	27,4	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	20,0	20,8	15,0	4,8	(44,4)

MERCANDIAN IMPORTER



INTERNATIONAL LOAD LINE	FREEBOARD metre	DRAFT metre	DRAFT feet	DW t å 1000 kg
TROP. FRESH WATER	1,041	5,980	19'07 7/16"	3154
FRESH WATER	1,160	5,861	19'02 3/4 "	3050
TROPICAL	1,163	5,858	19'02 5/8 "	3154
SUMMER	1,282	5,739	18'09 15/16"	3050
WINTER	1,401	5,620	18'05 1/4 "	2954
WINTER N. ATL.	1,451	5,570	18'03 5/16"	2910
OPEN SHELTERDECK SHIP				
SALT WATER	2,869	4,152	13'07 1/2"	1780
FRESH WATER	2,783	4,238	13'10 7/8"	1780

IDENTIFICATION DIMENSIONS	75,70m - 13,02m - 5,70m		
TONNAGE	INTERNAT	PANAMA	SUEZ
GROSS TONNAGE	1599,98	1819,46	1774,14
NET TONNAGE	997,99	1256,51	1296,17
GROSS TONNAGE FREEDECKER	699,98		
NET TONNAGE FREEDECKER	426,48		

PERMISSIBLE LOADS FOR DECK AND HATCHES	t/m²
1st DECK	0,50
NO 1 AND NO 2 HATCHES ON 1st DECK	0,50
2nd DECK	2,60
NO 1 AND NO 2 HATCHES ON 2nd DECK	2,94
DOUBLE BOTTOM	5,00

LENGHT BETWEEN PERPENDICULARS	70,80m

M/S M.I. KAPASITET AV LASTEROM OG TANKER

HOLD CAPACITIES	GRAIN		BALES		VCG	LCG
	cub. ft.	m³	cub. ft.	m³	above BL	from AP
HOLD NO 1	24000	680	20800	589	2,81m	50,28m
TWEEN DECK NO 1	33250	942	29300	830	5,53"	51,69"
HATCH NO 1	6400	181	6400	181	7,70"	51,55"
TOTAL NO 1	63650	1803	56500	1600	4,72"	51,14"
HOLD NO 2	29400	833	25800	731	2,70m	26,51m
TWEEN DECK NO 2	34600	980	30400	862	5,50"	26,27"
HATCH NO 2	6600	187	6600	187	7,70"	26,23"
TOTAL NO 2	70600	2000	62800	1780	4,54"	26,37"
TOTAL NO 1 & 2	134250	3803	119300	3380	4,63m	38,11m

NUMBER OF 20 FT CONTAINERS OF EQUAL WEIGHT	MAX WEIGHT	VCG above BL	LCG from AP
16 IN HOLD NO 1	320t	4,24m	50,78m
18 IN HOLD NO 2	360t	3,87"	25,93"
34 TOTAL	680t	4,04m	37,62m

FRESH WATER	FRAME	CAPACITIES		VCG	LCG	Free surf.
		m³	t	above BL	from AP	moment
TANK 6 SB & PS	22-37	61,88	61,9	0,72m	18,61m	70,0tm

FUEL OIL (0,830)	FRAME	CAPACITIES		VCG	LCG	Free surf.
		m³	t	above BL	from AP	moment
CT 2 SB & PS	64-79	49,34	41,0	0,65m	43,62m	13,2tm
CT 3 SB & PS	49-64	49,28	40,9	0,65"	34,47"	13,2"
TANK 4 SB & PS	49-64	83,76	69,5	0,71"	34,32"	95,1"
TANK 7 SB & PS	13-21	55,47	46,0	1,04"	10,45"	20,6"
SETTL.TANK S & P	16-22	21,02	17,4	3,10"	11,83"	4,0"
SERVICE TANK AFT	-	8,00	6,6	6,56"	11,27"	1,3"
SERVICE TANK FWD	-	0,60	0,5	8,70"	65,46"	-
TOTAL		267,47	221,9	1,14"	28,74	

WATER BALLAST	FRAME	CAPACITIES		VCG	LCG	Free surf.
		m³	t	above BL	from AP	moment
FORE PEAK TANK	109-FW	111,37	114,2	3,84m	68,97m	150,7tm
TANK 1 SB & PS	93-109	115,20	118,1	1,01"	61,01"	101,7"
TANK 2 SB & PS	79-93	66,80	68,5	0,89"	52,55"	45,7"
TANK 3 SB & PS	64-79	77,00	78,9	0,71"	43,63"	97,4"
TANK 5 SB & PS	37-49	67,40	69,1	0,72"	26,28"	97,7"
CT 1	79-93	56,18	57,6	0,82"	52,87"	60,9"
CT 4	37-49	39,46	40,4	0,65"	26,23"	52,2"
CT 5	22-37	49,33	50,6	0,65"	17,99"	65,2"
AFT PEAK TANK	AFT- 7	56,82	58,2	5,02"	2,06"	262,4"
TOTAL		639,56	655,6	1,71m	44,35m	

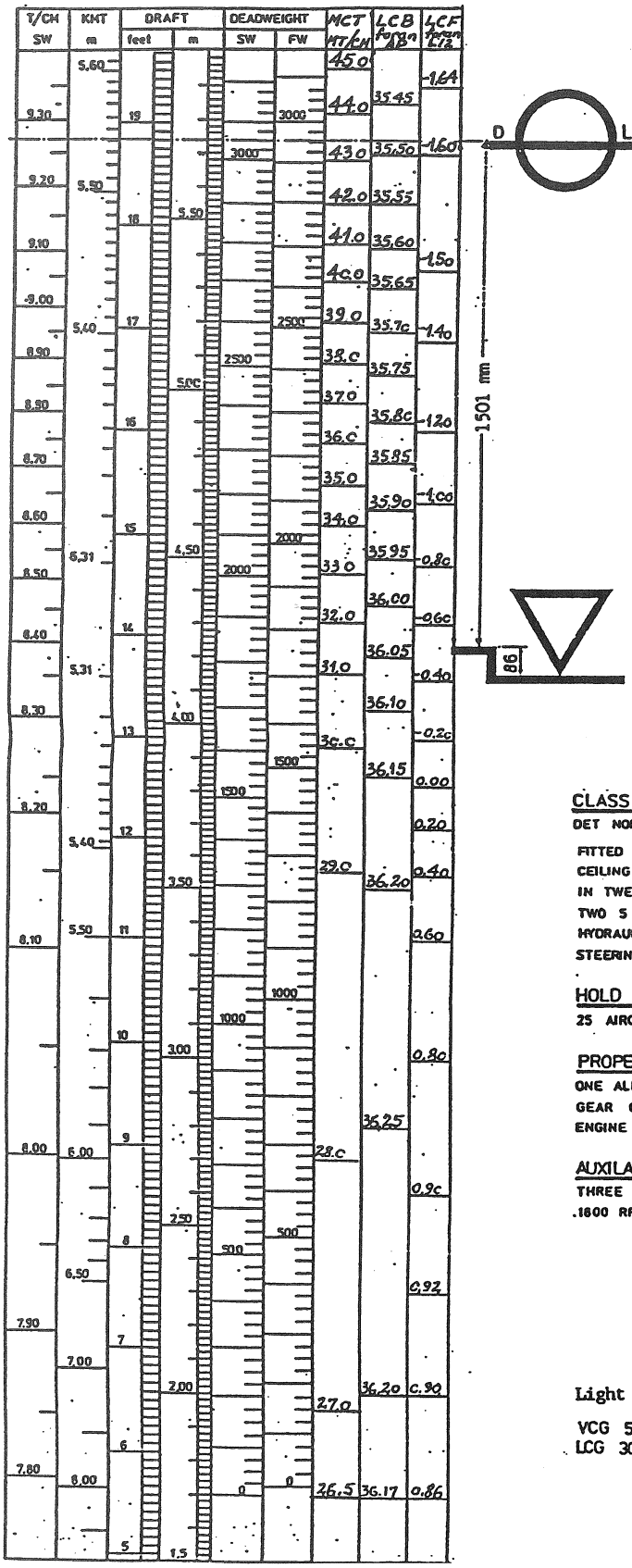
MISCELLANEOUS	FRAME	CAPACITIES		VCG	LCG	Free surf.
		m³	t	above BL	from AP	moment
LUB OIL TANK	-	3,60	3,3	6,36m	9,07m	-
WASTE OIL, TANK	7-9	2,37	-	0,63"	4,94"	1,4tm

Hydrostatiske data for M/S Mercandian Importer

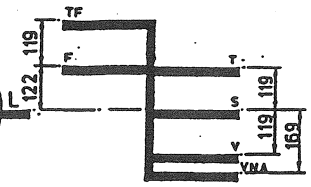
Dypgang	Dødvekt	Deplasem.	MTC	LCB	LCF	KM	TPC
1,70	0	1060	26,50	36,17	0,86	8,05	7,78
1,84	100	1160	26,80	36,18	0,88	7,65	7,82
2,00	200	1260	27,05	36,20	0,90	7,20	7,85
2,14	300	1360	27,20	36,21	0,91	6,90	7,88
2,28	400	1460	27,40	36,22	0,92	6,60	7,92
2,42	500	1560	27,60	36,23	0,90	6,35	7,95
2,56	600	1660	27,80	36,24	0,89	6,15	7,97
2,68	700	1760	28,00	36,24	0,86	6,00	7,99
2,82	800	1860	28,20	36,25	0,85	5,90	8,02
2,96	900	1960	28,35	36,24	0,82	5,75	8,04
3,10	1000	2060	28,50	36,23	0,76	5,65	8,06
3,24	1100	2160	28,65	36,22	0,68	5,55	8,08
3,38	1200	2260	28,80	36,21	0,57	5,50	8,11
3,51	1300	2360	29,00	36,20	0,43	5,45	8,14
3,65	1400	2460	29,20	36,18	0,25	5,39	8,18
3,78	1500	2560	29,60	36,16	0,05	5,36	8,22
3,93	1600	2660	30,00	36,13	-0,15	5,33	8,27
4,05	1700	2760	30,50	36,08	-0,31	5,32	8,32
4,18	1800	2860	31,20	36,05	-0,47	5,31	8,37
4,32	1900	2960	32,10	36,02	-0,62	5,31	8,44
4,45	2000	3060	33,00	35,97	-0,77	5,31	8,51
4.57	2100	3160	33.80	35.92	-0,90	5,32	8,58
4,69	2200	3260	34,90	35,88	-1.03	5,33	8,65
4,82	2300	3360	35,90	35,83	-1.15	5,34	8,73
4,95	2400	3460	37,00	35,78	-1.26	5.36	8,81
5.07	2500	3560	37,90	35,74	-1.35	5,38	8,89
5,20	2600	3660	39,00	35,69	-1.43	5,41	8.97
5.32	2700	3760	40.10	35,64	-1.49	5,43	9.05
5,43	2800	3860	41,00	35,59	-1,53	5,46	9,11
5.56	2900	3960	42,00	35,54	-1,57	5,50	9,17
WNA.5,570	2910	3970	42,10	35,54	-1,57	5,495	9,18
W. 5,620	2954	4014	42,45	35,53	-1,58	5,51	9,21
S. 5,739	3050	4110	43,40	35,48	-1,61	5,54	9,27
T. 5,858	3154	4214	44,20	35,45	-1,63	5,57	9,33
FW. 5,861	3050	4110	FW.43,10	35,45	-1,63	5,57	FW.9,10
FWT.5,980	3154	4214	FW.44,10	35,41	-1,67	5,615	FW.9,16

MoS-kurve for M/S Mercandian Importer.

Dypgang	10°	20°	30°	45°	60°	75°	90°
1,70	-0,01	-0,10	-0,35	-1,36	-1,98	-2,99	-3,73
1,80	0	-0,06	-0,42	-1,11	-1,77	-2,73	-3,42
1,90	0	-0,02	-0,325	-0,89	-1,59	-2,48	-3,13
2,00	0,01	0,01	-0,225	-0,71	-1,40	-2,22	-2,88
2,10	0,01	0,03	-0,14	-0,56	-1,25	-2,00	-2,68
2,20	0,01	0,05	-0,08	-0,41	-1,09	-1,82	-2,48
2,30	0,01	0,06	-0,02	-0,27	-0,97	-1,65	-2,30
2,40	0,01	0,07	0,03	-0,17	-0,82	-1,48	-2,13
2,50	0,01	0,075	0,08	-0,08	-0,69	-1,32	-1,98
2,60	0,01	0,08	0,12	-0,01	-0,59	-1,19	-1,84
2,70	0,01	0,09	0,15	0,04	-0,50	-1,08	-1,72
2,80	0,01	0,09	0,18	0,09	-0,42	-0,98	-1,60
2,90	0,01	0,095	0,21	0,125	-0,36	-0,90	-1,49
3,00	0,01	0,10	0,225	0,15	-0,30	-0,83	-1,42
3,10	0,01	0,10	0,24	0,17	-0,26	-0,77	-1,34
3,20	0,01	0,09	0,26	0,19	-0,22	-0,73	-1,28
3,30	0,01	0,09	0,27	0,20	-0,18	-0,68	-1,23
3,40	0,01	0,09	0,275	0,21	-0,16	-0,65	-1,18
3,50	0,01	0,09	0,28	0,215	-0,14	-0,62	-1,15
3,60	0,01	0,085	0,28	0,22	-0,12	-0,60	-1,12
3,70	0,01	0,08	0,275	0,215	-0,105	-0,58	-1,09
3,80	0,01	0,08	0,27	0,21	-0,10	-0,565	-1,07
3,90	0,01	0,08	0,26	0,205	-0,095	-0,555	-1,05
4,00	0,01	0,08	0,25	0,20	-0,095	-0,55	-1,03
4,10	0,01	0,08	0,23	0,19	-0,10	-0,55	-1,025
4,20	0,01	0,075	0,22	0,17	-0,105	-0,55	-1,02
4,30	0,01	0,075	0,19	0,16	-0,12	-0,56	-1,01
4,40	0,01	0,075	0,17	0,14	-0,14	-0,57	-1,01
4,50	0,01	0,07	0,15	0,12	-0,16	-0,59	-1,02
4,60	0,01	0,07	0,13	0,095	-0,18	-0,61	-1,04
4,70	0,01	0,07	0,105	0,07	-0,21	-0,63	-1,05
4,80	0,01	0,07	0,08	0,03	-0,25	-0,66	-1,06
4,90	0,01	0,06	0,05	0	-0,29	-0,69	-1,08
5,00	0,01	0,05	0,03	-0,03	-0,32	-0,71	-1,10
5,10	0,01	0,045	0	-0,07	-0,36	-0,745	-1,12
5,20	0,01	0,03	-0,02	-0,11	-0,40	-0,775	-1,14
5,30	0,01	0,02	-0,045	-0,15	-0,44	-0,81	-1,17
5,40	0,01	0	-0,07	-0,19	-0,48	-0,845	-1,19
5,50	0,01	-0,01	-0,10	-0,23	-0,52	-0,875	-1,21
5,60	0,01	-0,025	-0,12	-0,28	-0,56	-0,91	-1,24
5,70	0,01	-0,05	-0,15	-0,325	-0,61	-0,95	-1,27
5,80	0,01	-0,06	-0,17	-0,37	-0,66	-0,99	-1,295
5,90	0	-0,08	-0,195	-0,42	-0,71	-1,03	-1,315
6,00	0	-0,10	-0,225	-0,47	-0,76	-1,07	-1,345



PARTICULARS IS BELIEVED TO BE CORRECT - BUT NOT GUARANTEED



DISTINCTIVE LETTERS: OUSX
OWNER: PART OWNERSHIP BY PER HENRIKSEN
MANAGER: MERCANDIA REDERIERNE KØBENHAVN
PORT OF REGISTRY: KØBENHAVN

PRINCIPAL PARTICULARS:

	METRES	FEET
LENGHT OVER ALL	78,50	257' - 6 9/16"
LENGHT BETWEEN PERPENDICULARS	70,80	232' - 3 3/8"
BREADTH MOULDED	13,00	42' - 7 13/16"
DEPTH MOULDED TO 1 st. DECK	7,00	22' - 11 9/15"
DEPTH MOULDED TO 2 nd. DECK	4,00	13' - 1 1/2"
DRAFT ON SUMMER FREEBOARD	5,74	18' - 9 15/16"

BUILT BY:
FREDERIKSHAVN VÆRFT A/S IN 1974

NAVIGATION EQUIPMENT:
SKANTI - 400 W PEP. MF/HF - SSB RADIOTELEPHONE
EDDYSTONE TYPE EC - 10 TELEPHONY RECEIVEF
AUTOMATIC DIRECTION FINDER ECHO SOUNDER
RADAR. GYROCOMPAS. AUTOPILOT. STORNO VH.F
28 CHANNELS. INTERCOMMUNICATION SYSTEM.

CLASS:
DET NORSKE VERITAS ✠ 1A1 ICE C

FITTED FOR BULK GRAIN AND TIMBER LOAD. TIMBER ABT. 550 STDS. IN HOLDS. CEILING ON TANK TOP 3" TIMBER. CARGO BATTENS IN LOWER HOLD 80 mm. IN TWEEN DECK 80 mm. ONE 5 t. LIEBHERR DECK CRANE TYPE SB 5/16-12
TWO 5 t. LIEBHERR DECK CRANES TYPE SB 5/16
HYDRAULIC CAPSTAN AND SPLIT WINDLASS. ELECTRICAL HYDRAULIC STEERING GEAR.

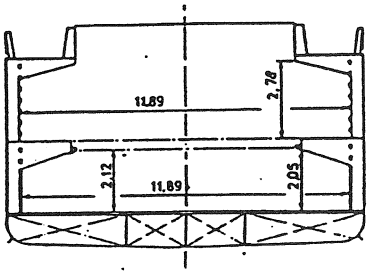
HOLD VENTILATION:
25 AIRCHANGES PR. HOUR IN EMPTY HOLDS

PROPELLING MACHINERY:
ONE ALPHA DIESEL ENGINE TYPE 16 V 23 HU 2000 BHK AT 600 RPM. THROUGH GEAR COUPLED TO CONTROLLABLE PITCH PROPELLER.
ENGINE AND CP PROPELLER ARE OPERATED FROM THE BRIDGE.

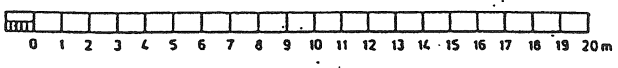
AUXILARY ENGINE PLANT:
THREE MERCEDES - BENZ DIESEL ENGINES TYPE OM 360 EACH OF 119 BHK AT 1600 RPM. EACH ENGINE COUPLED TO A 90 KVA GENERATOR

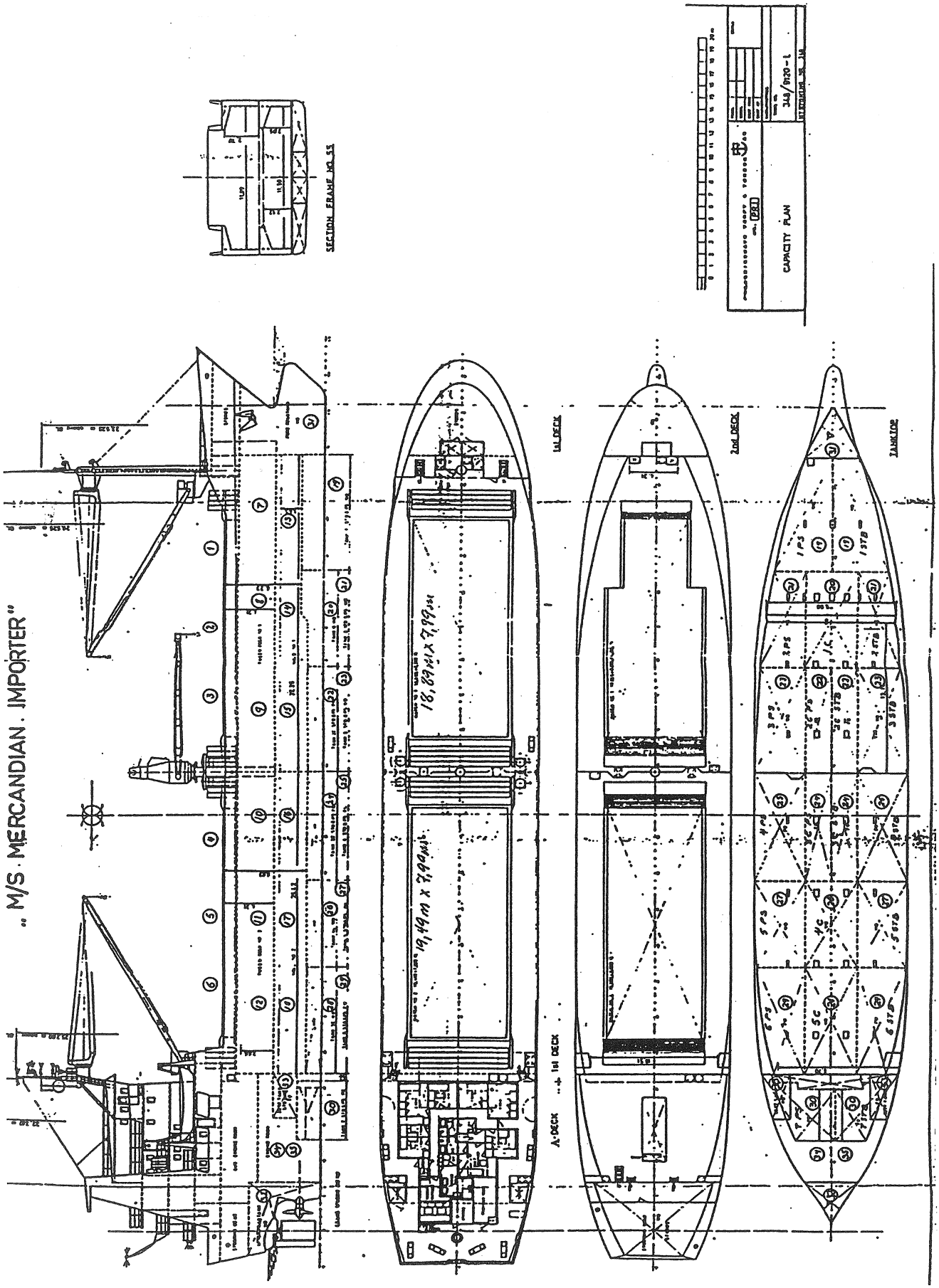
Light ship 1060 t.

VCG 5,70 m above BL
LCG 30,52 m from AP



SECTION FRAME NO. 55




„M/S MERCANDIAN IMPORTER"
SECTION FRAME NO. 55
CAPACITY PLAN
A-DECK
1st DECK
2nd DECK
TANKTOP

Appendiks 1

Drøfting av formlene for brakk-vannskorreksjoner

1) Formelen $\Delta = \frac{\Delta_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$

Vi tar utgangspunkt i at deplasementet er konstant, men volumet forskjellig når skipet går fra saltvann til brakkvann.

$$\nabla_1 \cdot \rho_1 = \nabla_2 \cdot \rho_2$$

$$\rho_1 \int_0^{T_1} A_W(t)dt = \rho_2 \int_0^{T_2} A_W(t)dt$$

$A_W(t)$= vannlinjearealet når skipet flyter i vann av tetthet ρ_1

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\int_0^{T_2} A_W(t)dt}{\int_0^{T_1} A_W(t)dt}$$

Vi multipliserer med ρ_1 over og under brøkstreken på høyre side.

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\rho_1 \cdot \int_0^{T_2} A_W(t)dt}{\rho_1 \cdot \int_0^{T_1} A_W(t)dt} = \frac{\Delta_{avlest}}{\Delta}$$

$$\Delta = \frac{\Delta_{avlest} \cdot \rho_2}{\rho_1}$$

$\rho_1 = 1{,}025$

$\rho_2 = \rho$

$$\Delta = \frac{\Delta_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$$

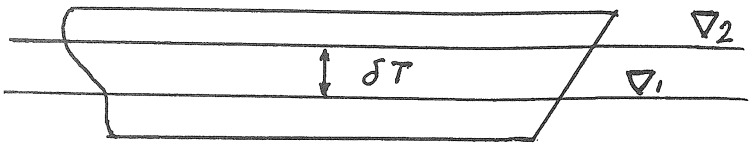
Formelen er eksakt. Når vi tar ut deplasement på lasteskala for saltvann med dypgående i brakkvann, finner vi Δ_{avlest}. Det korrekte deplasement finnes ved å multiplisere med tettheten for brakkvannet og dividere med tetthet for saltvann = 1,025.

$$2)\ TPC = \frac{TPC_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$$

Vi tar også her utgangspunkt i at

$$\Delta = \nabla_1 \cdot \rho_1 = \nabla_2 \cdot \rho_2$$

$$\nabla_2 = \frac{\nabla_1 \cdot \rho_1}{\rho_2}$$



Aw_1 = vannlinjearealet ved tetthet ρ_1
Aw_2 = vannlinjearealet ved tetthet ρ_2
v = volum av væske mellom de to vannlinjene

$$v = \nabla_2 - \nabla_1 = \nabla_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} - \nabla_1$$

Tilnærmet kan vi sette

$$v \approx A_{W1} \cdot \delta T = \nabla_1 \left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2} \right)$$

$$\delta T = \nabla_1 \left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{A_{W1} \cdot \rho_2} \right)$$

$$\delta T\,(\text{cm}) = \frac{\nabla_1 \cdot \rho_1 (\rho_1 - \rho_2) 100}{A_{W1} \cdot \rho_1 \cdot \rho_2}$$

Vi har multiplisert med ρ_1 over og under brøkstreken og multiplisert brøken med 100 for å få avstanden i cm.

Vi har at $TPC_1 = \frac{A_{W1} \cdot \rho_1}{100}$

$$\delta T\,(\text{cm}) = \frac{\Delta(\rho_1 - \rho_2)}{TPC_1 \cdot \rho_2} \qquad (1)$$

Tar vi utgangspunkt i Aw_2, finner vi tilsvarende:

$$v = \nabla_2 - \nabla_1 = \nabla_2 - \nabla_2 \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

$$v = \nabla_2 \left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} \right)$$

Vi setter

$$v \approx A_{W2} \cdot \delta T = \nabla_2 \left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} \right)$$

$$\delta T = \nabla_2 \left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{A_{W2} \cdot \rho_1} \right)$$

Vi multipliserer med ρ_2 over og under brøkstreken og multipliserer med 100 for å få avstanden i cm.

$$\delta T = \frac{\nabla_2 \cdot \rho_2 \cdot (\rho_1 - \rho_2) 100}{A_{W2} \cdot \rho_1 \cdot \rho_2}$$

Nå er $\nabla_2 \cdot \rho_2 = \rho_2 \cdot \int_0^{T_2} A_W(t) dt = \Delta_{avlest}$

og $\frac{A_{W2} \cdot \rho_1}{100} = TPC_{avlest}$

$$\delta T = \frac{\Delta_{avlest} \cdot (\rho_1 - \rho_2)}{TPC_{avlest} \cdot \rho_2}$$

$$\Delta_{avlest} = \frac{\Delta \cdot \rho_1}{\rho_2}$$

$$\delta T = \frac{\Delta \cdot \rho_1 \cdot (\rho_1 - \rho_2)}{TPC_{avlest} \cdot \rho_2 \cdot \rho_2} \qquad (2)$$

Vi setter (1) = (2) og får:

$$\frac{\Delta \cdot (\rho_1 - \rho_2)}{TPC_1 \cdot \rho_2} = \frac{\Delta \cdot \rho_1 \cdot (\rho_1 - \rho_2)}{TPC_{avlest} \cdot \rho_2 \cdot \rho_2}$$

$$TPC_1 = \frac{TPC_{avlest} \cdot \rho}{\rho_1} \text{ og}$$

$$TPC = \frac{TPC_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$$

Formelen er eksakt. Når vi leser av TPC på lasteskala for saltvann, finnes TPC for brakkvann av formelen over.

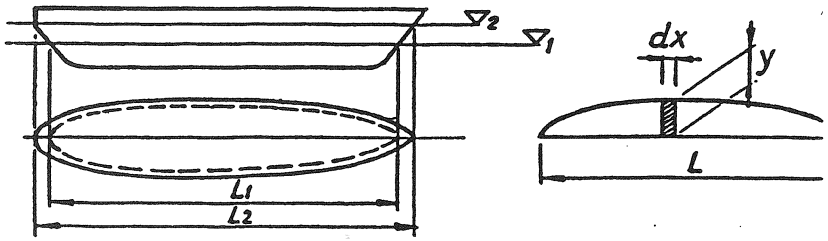
3) $$MTC = \frac{MTC_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$$

$$MTC = \frac{0{,}01 \cdot I_L \cdot \rho}{L}$$

$$I_L = \frac{2}{3}\int_0^L y^3 dx \quad \text{(se skisse)}$$

$$I_{L1} = \frac{2}{3}\int_0^{L_1} y_1^3 dx$$

$$I_{L2} = \frac{2}{3}\int_0^{L_2} y_2^3 dx$$



$$MTC_1 = \frac{0{,}01 \cdot I_{L1} \cdot \rho_1}{L_1}$$

og

$$MTC_2 = \frac{0{,}01 \cdot I_{L2} \cdot \rho_2}{L_2}$$

$$\frac{MTC_1}{MTC_2} = \frac{I_{L1} \cdot \rho_1 \cdot L_2}{I_{L2} \cdot \rho_2 \cdot L_1}$$

Under forutsetning av at $I_{L1} \cdot L_2 = I_{L2} \cdot L_1$ får vi:

$$\frac{MTC_1}{MTC_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

$$MTC_2 = \frac{MTC_1 \cdot \rho_2}{\rho_1}$$

$$MTC = \frac{MTC_{avlest} \cdot \rho}{1{,}025}$$

Formelen er tilnærmet ut fra de forutsetninger som er gitt.

Ved å ta ut *MTC* for dypgående i brakkvann på saltvannsskalaen, finner vi MTC_{avlest} . Multiplisert med tettheten for brakkvannet og dividert med 1,025 finner vi et korrigert *MTC*.

Referanser

Bengtson B.: *Sjøtransport avflytende kjemikalier i bullk*. NSFI 1982
Branch, Alan E.: *Elements of Shipping*. Chapman & Hall
Brathaug H.: *Transport av farlig gods til sjøs*. NSFI 1983
Buset G.: *Kompendium i Klimakontroll* i *lasterom*
Bøgh, Nielsen, Kømer: *Skipsteknikk*. Iver C. Weilbach & Co, København 1988
Cole Thomas A.: *Thomas Stowage*. Brown, Son & Ferguson Ltd.1985
Crude Oil Washing, Rapport 2. NTNF prosjekt nr. 0970.8048
Derrit, D.R.: *Ship Stability for Masters and Mates*. Stanford Maritime, London 1982
Byres D.J.: *Ship Construction*. Butherworth, Heinemann Newnes 1994
Helgesen H.: *Lastelære*. Achehoug 1972
IMDG – code
IMO: *Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing*
IMO: *Crude Oil Washing Systems* Revised edition 1983
International Maritime Organization (IMO): *Model Courses*.
International Safety Guidefor Oil Tankers & Terminal, Witherby & Co Ltd. 1990
Isbester J.: *Bulk Carrier Practice*The nautical Institute 1993
Johnsen E.: *Kompendium i lasteteknikk*
Kristoffersen A., Eriksen S.: *Lasting og lossing*. Universitetsforlaget 1968
Larsen L.S., Husø Ø.: *Lasting, lossing*. Yrkesforlaget 1997
Martens M.: *Bommer, Kraner og løfteredskap*. NSFI kompendium
Materiale fra Sjøfartsdirektoratet
National Cargo Bureu: *General information for Grain Loading*
Nilsen D.H.: *Kompendium Nøytralgassannlegg*. NSFI 84
Olsen, K.: *Oppgaver i lasteteknikk S/1' Golar Patricia*
Paulsen J.R.: *Drift av skip for føring av kondenserte gasser*. NSFI 1981
Paulsen J.R.: *Grunnleggende lastbehandlingsopplæring for gasskip*. NSFI 1981
Paulsen J.R.: *Kompendium Kjemiske helse og forurensingsfarer ved operasjon av gassskip*. NSFI 1981
Petroleum Measurement Tables. American Petroleum Institute, Washington 1981
Principles of Nava! Architecture. SNAME, New York 1988
Rawson and Tupper: *Basic ship theory*. Longman Scientific & Technical, London 1991
Sillerud, B.: *Hydrostatisk likevekt og stabilitet for skip*. Tapir 1978
Sjøtransport av oljelast trinn Il. Den Norske Gassole
Skipskontrollens Regler
SOLAS-konvensjonen 1997, MARPOL 73/78
Strandli S.: *Transport av enhetslaster*
Tellnes Inge: *Stabilitet og trimberegning for skipsførere, 1993*
Theory of Naval Architecture. Griffin, London 1952
Wilhelmsen, W.: *Kompendium i Last og lastbehandling for styrmenn*
Wilhelmsen, W.: *Lasting-Lossing Beregningsgrunnlag*. NSFI 1980
Wilhelmsen, W.: *Skipsteknikk*. Universitetsforlaget 1994

Illustrasjoner:

Diverse materiale fra Rederiete Oddfjell
Diverse materiale fra Det Stavangerske Dampskipsselskap
Diverse materiale fra DSD Shipping
Materiale fra Det Norske Veritas
Bilde av tømmerlast i kapittel 13, fra Thomas Stowage , gjengitt med tillatelse av Publisher Brown, Son & Ferguson LTD Glasgow, U.K.
Figurer og informasjon i kapittel 16 gjengitt med tillatelse av International Assocoiation of Classfication Societies LTD, London
Bilder om tungløft i kapittel 6 gjengitt med tillatelse fra Odd Mathiesen, Stavanger

Stikkord

Angle of Heel 198
Angle of Loll 67
API 222
Arkimedes' lov 24
avfuktingsanlegg 283

ballasttank 374
BG-metoden 120
blokkoeffisient 26
blokkstuasje 259
bom 284, 287, 289
Bonjean-kurve 28
brakkvannskorreksjon 124, 549
buing 425
bulklast 345, 347
bulkskip 345, 419
bøyemoment 235, 242, 248, 413

container 268, 347
containerskip 252
Crude Oil Washing (COW) 369

dataprogram 229
dekkslast 277
deplasement 131, 182
Det Norske Veritas 408
doggpunktstemperaturen 282
dynamisk belastning 404
dynamisk stabilitet 54, 56, 200
dypgående 99, 112, 124, 133, 141

eksplosiver 305, 306
eksplosjonstriangelet 363
emballasje 303, 311
Enhanced Survey Program (ESP) 422
etsende stoffer 309
even keel 120

falskt metasenter 34
farlig gods 302, 310, 344
flotasjonsmetode 151
flotasjonssenter 31
flyktighetsgrad 362
formkoeffisient 25
formstabilitet 34, 38
fortøyning 97
forurensing 390, 392
Framo-pumper 396
fri væskeoverflate 62, 68
fribord 99
fryselast 358
fukt 281
fuktighetsgrense 346
fuktighetsinnhold 345
fyllingsgrad 185, 214, 508
fyllingsvinkel 177
førstehjelp 312

gasser 306
gasstankskip 361, 399, 403, 404
giftige stoffer 308
grenselinje 509
GZ-kurve 39, 51, 52

heating coils 378
hogg 129
hygroskopiske stoff 280

IACS 408
IMDG-koden 301, 314, 326
IMO 408
inspeksjon 428
isdannelse 110

KB 30, 38
kjemikalietankskip 361, 395
kjøleanlegg 356, 403
kjølelast 359
klassifisering 302
kombinasjonsskip 361, 405
konnossement 256
konsentrat 346, 351
kontravekt 78, 83
kontrollbok 284
kornlasting 177, 187
komskjema 182, 198, 200
korreksjonstabell 224
korrosjon 424
kraft 9
kraftfordeling 289
kran 285, 287
krengeprøve 94, 99
krengjevinkel 186, 200
krengning 141, 519
kull 348
KY-kurve 49

langskipspåkjenning 240
Lash-skip 328
lastedagbok 398
lasteinformasjon 260, 415
lastelinjesonene 153
lastemanual 416
lasteplan 257
lastesikringsmanual 260
lasteutrekuing 210
lasteutstyr 284
lastfordelingsinstrument 247
lasting 379
LCB 29
lekkstabilitet 506, 515
LNG 400
load on top 372
lossing 383
LPG 402
lyfteutstyr 287

MARPOL 372, 390, 397
metasenter 34
metasenterhøyde 37
Metasenterkurve 42
meteorologi 281
middelgående 112
midtskipskoeffisient 25
moment 10
momentberegning 137
Morrish formel 39
MS-kurve 53, 59
MSL 263
MTC 115

naturlig rasvinkel 345
nøytralgass 365, 403

olje 361
oljedagbok 372, 391
oppdelingsfaktor 508
oppdriftskraft 24
oppdriftssenter 114

palleskip 251
parcel-tanker 396
pendelarrangement 95
prismatisk koeffisient 26
produkttankskip 350
profiltegning 23
prøvelasting 219
prøvevekt 98
radioaktive stoffer 309
reststabilitet 53
riggprotokoll 284
råoljetankskip 361
råoljevasking (COW) 369

sagg 128
SA-kurve 29
seksjonsareal 28
seksjonsarealmoment 30
sentrifugalkraft 88
sentripetalkraft 87
sikring av last 261
Simpsons formel 12, 14
sjekkliste 385
Skipskontrollens regler 301, 347, 389
skjerkraft 235, 242, 248, 413
skottdekk 509
skrogbøyning 128
slakk tank 95
sloptanker 372, 398
smittsomme stoffer 309
SOLAS 177, 260, 301, 344
sonelasting 153
spanteriss 23
spesifikk vekt 19
stabilitet 34, 41, 44, 53, 55, 84, 85, 87, 136, 144, 179
stabilitetskurve 49
stabilitetsmoment 37
stabilitetsopplysninger 513
statement of slop-rapport 382
STCW 389
Steiners formel 16
stuasje 259, 268
stuasjeregler 304
stuvingsfaktor 182
stykkgodsfartøy 345
styrmannskvittering 256
surring 274
SWL 263

tankrengjøring 367
tankskip 238
tank-survey rapport 381
tetthet 19
The Wall-sided formula 45
TPC 32
treghetsmoment 17, 18, 64
trim 112, 136, 144
trimberegning 138
trimendring 518
trimfordeling 116
trimutrekning 217
tungløft 76, 84
tverrskipsskott 430
tverrskipsstabilitet 34
tyngdepunkt 11
tyngdepunktsats 11
tømmer 276, 278

ullasje 212, 367

vannlinjeplanets finhetskoeffisient 25
vannlinjeriss 23
vektplassering 34
vektstabilitet 34
ventilasjon 280
viskositet 362
volumdeplasement 26
volumreduksjonsfaktor 210

Forfatteren

Utdanning:
Styrmannseksamen 1959
Skipsførereksamen 1960
Høyere skipsførereksamen, Navigasjonslinjen1965
Realskole
Deleksamen realartium
Cand.mag. med fagene matematikk, f ysikk og geografi
ved Universitetet i Trondheim 1977
Diverse skipstekniske kurs ved NTH 1978 og 1979
Hovedoppgave i skipsteknikk ved NTH 1983
Lektor i nautikk fra 1983

Praksis:
Seilt som styrmann og overstyrmann
på stykkgodsskip og tankskip
Hydrograf ved Norges sjøkartverk 1970-1973.
Lærer ved Maritime skoler, ialt 33 år.