

**Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd
om finsk-svensk isklass**

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| 1 kap. Tillämplighet | 5 |
| Ömsesidighetsklausul | 6 |
| Dispens från att tillämpa 6 kap. 15–49 §§ | 7 |
| 2 kap. Isklassdjupgående | 7 |
| Största och minsta isklassdjupgående förut och akterut..... | 7 |
| 3 kap. Maskineffekt | 8 |
| Krav på maskineffekt för fartyg med isklass IA Super, IA, IB och IC | 8 |
| Giltighetsområde | 9 |
| Fartyg byggda den 1 september 2003 eller senare | 10 |
| Fartyg byggda före den 1 september 2003..... | 11 |
| Andra metoder för bestämning av K_e eller R_{CH} | 12 |
| Krav på maskineffekt för fartyg byggda före den 1 september 2003 med isklass IB och IC | 12 |
| 4 kap. Skrovkonstruktion | 13 |
| Områden | 14 |
| Isbelastning..... | 15 |
| <i>Istryck</i> | 15 |
| Bordläggningen | 16 |
| <i>Plåttjocklek i isbältet</i> | 17 |
| Spant..... | 18 |
| <i>Tvårskeppsspant</i> | 19 |
| <i>Övre ändan av tvårskeppsspant</i> | 20 |
| <i>Nedre ändan av tvårskeppsspant</i> | 20 |
| <i>Långskeppsspant</i> | 20 |
| <i>Allmänt om spantning</i> | 21 |
| Isvägar..... | 21 |
| <i>Vägar utanför isbältet</i> | 22 |
| <i>Smala sidodäck</i> | 22 |
| Ramspant | 23 |
| Förstäv | 25 |
| Arrangemang för bogsering | 25 |
| Akterskepp..... | 26 |
| Slingerkölar | 26 |
| 5 kap. Roder och styrarrangemang | 27 |

| | |
|---|-----------|
| 6 kap. Propeller, axlar och växlar | 27 |
| Ismoment | 27 |
| Propellrar | 28 |
| Propelleraxel | 29 |
| Mellanaxlar | 30 |
| Reduktionsväxlar | 30 |
| Definitioner | 31 |
| Dimensionerande isförhållanden | 35 |
| Material utsatt för havsvatten och havsvattentemperaturer | 35 |
| Propellrar | 35 |
| <i>Beräkningslaster för öppna propellrar</i> | <i>35</i> |
| <i>Beräkningslaster för dyspropellrar</i> | <i>38</i> |
| <i>Maximalt vridmoment på bladspindeln för öppna propellrar och dyspropellrar</i> | <i>39</i> |
| <i>Belastningsfördelningar för bladlaster</i> | <i>40</i> |
| <i>Axiella beräkningslaster för öppna propellrar och dyspropellrar</i> | <i>41</i> |
| <i>Beräkningslaster för torsion</i> | <i>42</i> |
| <i>Belastning vid bladhaveri</i> | <i>46</i> |
| <i>Propellerkonstruktion</i> | <i>46</i> |
| <i>Beräkning av ρ -parametern för SN-kurva med dubbla lutningar</i> | <i>49</i> |
| <i>Trusterhus</i> | <i>51</i> |
| <i>Konstruktion av framdrivningssystemet</i> | <i>51</i> |
| 7 kap. Diverse maskinerikrav | 51 |
| Sjövattenintag och kylvattensystem | 52 |
| Övergångsbestämmelser | 52 |
| Bilaga 1 – Underlag för kontrollberäkning av effektkrav | 55 |
| Bilaga 2 – Fribordsmärke för isklass | 57 |

Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om finsk-svensk isklass;

TSFS 2009:111

Utkom från trycket
den 2 december 2009

beslutade den 3 november 2009.

SJÖFART

Transportstyrelsen föreskriver¹ följande med stöd av 2 kap. 1 § fartygs-säkerhetsförordningen (2003:438) samt beslutar följande allmänna råd.

1 kap. Tillämplighet

1 § Fartyg som enligt isbrytarförordningen (2000:1149) kan få assistans ska ha någon av följande isklasser:

- isklass IA Super
- isklass IA
- isklass IB
- isklass IC
- isklass II.

2 § Dessa föreskrifter ska tillämpas på samtliga fartyg om inte annat särskilt anges.

3 § I dessa föreskrifter gäller följande definitioner, om inte annat särskilt anges.

| | |
|---------------------|--|
| <i>fartyg byggt</i> | fartyg vars köl har sträckts eller som har uppnått motsvarande byggnadsstadium |
| <i>isklass II</i> | fartyg som har klasscertifikat eller motsvarande dokument |

¹ Föreskrifterna har utarbetats i samarbete mellan Transportstyrelsen i Sverige och Sjöfartsverket i Finland.

Anmälan har gjorts enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 98/34/EG av den 22 juni 1998 om ett informationsförfarande beträffande tekniska standarder och föreskrifter och beträffande föreskrifter för informationssamhällets tjänster (EGT L 204, 21.7.1998, s.37, Celex 398L0034), ändrad genom Europaparlamentets och rådets direktiv 98/48/EG (EGT L 217, 5.8.1998, s. 18, Celex 398L0048.)

| | |
|------------------------|---|
| <i>motsvarande</i> | stadium då |
| <i>byggnadsstadium</i> | 1. byggande som hänför sig till ett visst fartyg påbörjas, och 2. sammanfogning av fartyget har påbörjats som omfattar minst 50 ton eller 1 procent av den beräknade vikten av allt byggnadsmaterial, om denna vikt understiger 50 ton |

4 § Om ett fartyg på grund av ovanliga proportioner, skrovform, framdrivningsarrangemang eller någon annan egenskap i praktiken visar sig ha onormalt svag förmåga att gå i is, kan Transportstyrelsen sänka dess isklass.

5 § Transportstyrelsen kan, efter samråd med Sjöfartsverket i Sverige och Finland, godkänna att ett fartyg byggt före den 1 september 2003 får behålla sin ursprungliga isklass även om det inte uppfyller effektkraven i 3 kap. 5 och 6 §§, under förutsättning att fartyget vintertid regelbundet har anlöpt hamnar i Sverige eller Finland och att fartyget visat sig ha prestanda vid gång i is, som Transportstyrelsen anser vara tillfredsställande.

6 § Vid konstruktion av fartygets struktur, utrustning och arrangemang, vilka är väsentliga för fartygets säkerhet och funktion, ska temperaturens inverkan beaktas.

Allmänna råd

Faktorer som bör beaktas är till exempel funktionen i de hydrauliska systemen, faran att vattenrör och tankar fryser, start av nöddieslar samt hållfasthet i material vid låga temperaturer. Hänsyn bör också tas till att lufttemperaturen kan ligga väl under $\pm 0^{\circ}\text{C}$ under långa perioder och tillfälligt kan gå ned till omkring -30°C .

Ömsesidighetsklausul

7 § Tekniska krav i dessa föreskrifter gäller inte för ett fartyg eller dess utrustning om fartyget eller utrustningen

- lagligen har tillverkats eller satts på marknaden i en annan medlemsstat inom EU eller i Turkiet, eller
- lagligen har tillverkats i ett EFTA-land som har undertecknat EES-avtalet.

Om fartyg eller utrustning enligt första stycket inte uppnår en säkerhetsnivå som är likvärdig med den som garanteras genom dessa föreskrifter, ska de tekniska kraven i dessa föreskrifter gälla.

Dispens från att tillämpa 6 kap. 15–49 §§

8 § Transportstyrelsen kan meddela dispens från kraven i 6 kap. 15–49 §§. Dispens ska ges om en genomgripande konstruktionsutredning genomförts, som visar att framdrivningsmaskineriets konstruktion uppfyller föreskrivna hållfasthetskrav.

9 § Konstruktionsutredningen ska baseras på

1. de isförhållanden som anges i 6 kap. 16 § och
2. pyramidprincipen som anges i kapitel 6 kap. 36 §.

Konstruktionsutredningen ska innehålla beräkningar av de hydrodynamiska lasterna och isbelastningar som ska visa

a) att samtliga delar av framdrivningsmaskineriet som överför slumpvisa krafter, undantaget propellerblad, inte utsätts för spänningsnivåer som överstiger sträckspänningen hos komponentens material med en rimlig säkerhetsmarginal och

b) att de kumulativa utmattningsskadorna uppfyller en rimlig säkerhetsfaktor.

2 kap. Isklassdjupgående**Övre och undre isvattenlinje**

1 § Den övre isvattenlinjen (UIWL) utgörs av den vattenlinje som motsvarar det största djupgående som fartyget kan operera i vid gång i is. Vattenlinjen kan vara bruten.

Den undre isvattenlinjen (LIWL) utgörs av den vattenlinje som motsvarar det minsta djupgående som fartyget kan operera i vid gång i is. Vattenlinjen kan vara bruten.

Största och minsta isklassdjupgående förut och akterut

2 § Det största och minsta isklassdjupgåendet förut och akterut ska bestämmas enligt övre och undre isvattenlinjerna.

3 § Djupgåendebegränsningar vid gång i is ska vara dokumenterade och informationen ska finnas lätt tillgänglig för fartygets befäl. Största och minsta djupgående förut, midskepps och akterut vid gång i is ska redovisas i klassningscertifikat.

4 § Fartyg som är kölsträckta eller där byggnationen påbörjats den 1 juli 2007 eller senare ska förses med ett fribordsmärke midskepps för isklass, om färskvattenlastlinjen sommartid är högre belägen än UIWL. Märke och varningstriangel ska placeras på vardera fartygssidan enligt bilaga 2 vid det djupgående som motsvarar största isklassdjupgåendet.

Motsvarande fribordsmärke för isklass ska sättas på fartyg byggda före den 1 juli 2007, om UIWL är lägre än sommarfribordet. Detta ska ske senast vid den första torrsättning av fartyget som sker efter den 1 juli 2007.

5 § Det djupgående och trim som begränsas av UIWL får inte överskridas då fartyget går i is. Vattnets salthalt längs den planerade rutten ska beaktas, då fartyget lastas.

6 § Fartyget ska alltid vara nedlastat åtminstone till LIWL då det går i is. Varje barlasttank, som är belägen ovanför LIWL och som behövs för att lasta ned fartyget till denna vattenlinje, ska ha anordningar för att hindra vattnet att frysa.

7 § Då LIWL fastställs ska hänsyn tas till behovet att garantera en skälig förmåga att gå i is i barlast. Propellern ska vara helt under vatten och, om möjligt, helt under isen.

8 § Djupgåendet förut ska vara minst:

$(2 + 0,00025 \Delta)h_o$ [m], men behöver inte vara större än $4 h_o$, där

Δ = fartygets deplacement [t] på övre isvattenlinjen enligt 1 §

h_o = istjocklek enligt 4 kap. 6 §.

3 kap. Maskineffekt

1 § Maskineffekten P är den högsta effekt som framdrivningsmaskineriet kontinuerligt kan leverera till propellern/propellarna. Om maskineffekten begränsas med tekniska medel eller av någon bestämmelse som är tillämplig på fartyget, ska den begränsade effekten utgöra P.

Krav på maskineffekt för fartyg med isklass IA Super, IA, IB och IC

2 § Maskineffekten ska beräknas på de djupgåenden som motsvarar UIWL respektive LIWL. Den ska inte vara mindre än någon av dessa, vilka framgår av nedanstående formel; i ingen händelse ska den vara mindre än 1 000 kW för isklasserna IA, IB och IC och inte mindre än 2800 kW för isklass IA Super.

3 § Nedan definierade fartygsdimensioner mäts på det största isklassdjupgåendet och barlastdjupgåendet, se figur 1.

L = fartygets längd mellan perpendiklar [m]

L_{BOW} = bogens längd [m]

L_{PAR} = längd av parallell midskeppsdel [m]

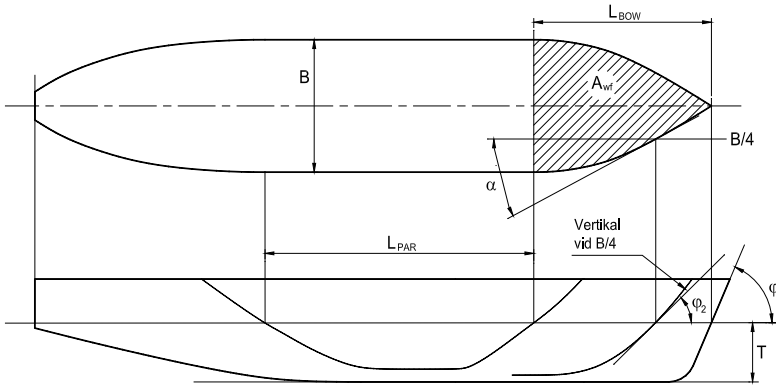
B = fartygets maximala bredd [m]

T = största isklassdjupgående (UIWL) eller barlastdjupgående (LIWL) [m] enligt 2 kap. 1 §

A_{wf} = bogens vattenlinjearea [m²]

α = vattenlinjens öppningsvinkel vid B/4 [grader]

- φ_1 = stävinkeln i centerlinjen [grader]
- φ_2 = vertikalens lutningsvinkel mot vattenlinjen vid B/4 [grader]
- D_P = propellerdiameter [m]
- H_M = tjocklek av krossis mitt i rännan [m]
- H_F = tjocklek av krossisbältet som bryts av bogen [m]



Figur 1

Om fartyget har bulb är $\varphi_1 = 90$

Vid bestämning av ett fartygs parametrar som beror av djupgående, ska aktuellt djupgående användas. T i parametern D_P/T avser djupgåendet på UIWL. L och B bestäms däremot alltid av djupgåendet UIWL.

Giltighetsområde

4 § Formlerna för ismotstånd i 5 och 6 §§ ska tillämpas när fartygets parametrar ligger inom minimi- och maximivärdena i tabell 1 nedan.

| Parameter | | Minimum | Maximum |
|----------------------|-----|---------|---------|
| α | [°] | 15 | 55 |
| φ_1 | [°] | 25 | 90 |
| φ_2 | [°] | 10 | 90 |
| L | [m] | 65,0 | 250,0 |
| B | [m] | 11,0 | 40,0 |
| T | [m] | 4,0 | 15,0 |
| L_{BOW}/L | | 0,15 | 0,40 |
| L_{PAR}/L | | 0,25 | 0,75 |
| D_P/T | | 0,45 | 0,75 |
| $A_{wf}/(L \cdot B)$ | | 0,09 | 0,27 |

Tabell 1

Om ett fartygs parametrar avviker från värdena i tabell 1, ska i stället metoder enligt 7 § tillämpas för att bestämma R_{CH} .

Allmänna råd

Formlerna för ismotstånd är av naturliga skäl semi-empiriska och av den anledningen har dessa ett visst giltighetsområde. Det är svårt att exakt fastställa gränserna för giltigheten. Tabell 1 visar spannet för de olika parametrarna, som ingår i formlerna.

Fartyg byggda den 1 september 2003 eller senare

5 § För att klassificeras i isklass IA Super, IA, IB eller IC ska fartyg byggda den 1 september 2003 eller senare uppfylla nedanstående krav avseende maskineffekt.

$$P = K_e \frac{(R_{CH} / 1000)^{3/2}}{D_p} \quad [\text{kW}]; \quad \text{där :}$$

K_e bestäms enligt tabell 2:

| Typ av propeller eller maskineri | CP, elektriskt eller hydrauliskt maskineri | FP propeller |
|----------------------------------|--|--------------|
| 1 propeller | 2,03 | 2,26 |
| 2 propellrar | 1,44 | 1,60 |
| 3 propellrar | 1,18 | 1,31 |

Tabell 2

R_{CH} är fartygets motstånd i bruten ränna (brash ice channel) med ett fruset toppskikt:

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3 C_\mu (H_F + H_M)^2 (B + C_\psi H_F) + C_4 L_{PAR} H_F^2 + C_5 \left(\frac{LT}{B^2} \right)^3 \frac{A_{wf}}{L}$$

$$C_\mu = 0,15 \cos \varphi_2 + \sin \psi \sin \alpha, \quad C_\mu \text{ ska vara lika med eller större än } 0,45$$

$$C_\psi = 0,047 \cdot \psi - 2,115, \quad \text{och } C_\psi = 0 \text{ om } \psi \leq 45^\circ$$

$$H_F = 0,26 + (H_M B)^{0,5}$$

$$H_M = \begin{aligned} &= 1,0 \text{ för isklass IA Super och IA} \\ &= 0,8 \text{ för isklass IB} \\ &= 0,6 \text{ för isklass IC} \end{aligned}$$

C_1 och C_2 är faktorer för det frusna toppskiktet i rännan och kan sättas till 0 för isklasserna IA, IB och IC.

För isklass IA Super gäller:

$$C_1 = f_1 \frac{BL_{PAR}}{2\frac{T}{B} + 1} + (1 + 0,021\varphi_1)(f_2B + f_3L_{BOW} + f_4BL_{BOW})$$

$$C_2 = (1 + 0,063\varphi_1)(g_1 + g_2B) + g_3 \left(1 + 1,2\frac{T}{B}\right) \frac{B^2}{\sqrt{L}}$$

För fartyg med bulbstäv ska φ_1 vara = 90° .

| | |
|------------------------|-----------------------------|
| $f_1 = 23 \quad N/m^2$ | $g_1 = 1530 \quad N$ |
| $f_2 = 45,8 \quad N/m$ | $g_2 = 170 \quad N/m$ |
| $f_3 = 14,7 \quad N/m$ | $g_3 = 400 \quad N/m^{1,5}$ |
| $f_4 = 29 \quad N/m^2$ | |

$$C_3 = 845 \quad kg/(m^2s^2)$$

$$C_4 = 42 \quad kg/(m^2s^2)$$

$$C_5 = 825 \quad kg/s^2$$

$$\psi = \arctan\left(\frac{\tan\varphi_2}{\sin\alpha}\right)$$

$$\text{Följande villkor ska gälla: } 20 \geq \left(\frac{LT}{B^2}\right)^3 \geq 5$$

Fartyg byggda före den 1 september 2003

6 § För att erhålla isklass IA Super eller IA ska fartyg byggda före den 1 september 2003 uppfylla kraven i 5 §.

Kan skrovparametrar inte bestämmas enligt 5 § ska nedanstående formel tillämpas.

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3(H_F + H_M)^2(B + 0,658H_F) + C_4LH_F^2 + C_5\left(\frac{LT}{B^2}\right)^3 \frac{B}{4} \quad [N]$$

För isklass IA kan C_1 och C_2 sättas = 0.

För isklass IA Super, fartyg utan bulb, gäller:

$$C_1 = f_1 \frac{BL}{2\frac{T}{B} + 1} + 1,84(f_2B + f_3L + f_4BL)$$

$$C_2 = 3,52(g_1 + g_2B) + g_3 \left(1 + 1,2\frac{T}{B}\right) \frac{B^2}{\sqrt{L}}$$

För isklass IA Super, fartyg med bulb, beräknas C_1 och C_2 enligt nedan:

$$C_1 = f_1 \frac{HL}{2\frac{T}{B} + 1} + 2,8(f_2B + f_3L + f_4HL)$$

$$C_2 = 6,67(g_1 + g_2B) + g_3 \left(1 + 1,2\frac{T}{B}\right) \frac{B^2}{\sqrt{L}}$$

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| $f_1 = 10,3 \text{ N/m}^2$ | $g_1 = 1530 \text{ N}$ |
| $f_2 = 45,8 \text{ N/m}$ | $g_2 = 170 \text{ N/m}$ |
| $f_3 = 2,94 \text{ N/m}$ | $g_3 = 400 \text{ N/m}^{1,5}$ |
| $f_4 = 5,8 \text{ N/m}^2$ | |

$$C_3 = 460 \text{ kg/(m}^2\text{s}^2)$$

$$C_4 = 18,7 \text{ kg/(m}^2\text{s}^2)$$

$$C_5 = 825 \text{ kg/s}^2$$

$$\text{Följande villkor ska gälla: } 20 \geq \left(\frac{LT}{B^2}\right)^3 \geq 5$$

Underlag för kontrollberäkning av effektkrav finns i bilaga 1.

Andra metoder för bestämning av K_e eller R_{CH}

7 § Transportstyrelsen kan för enskilda fartyg, i stället för ovan angivna värden för K_e eller R_{CH} , godkänna K_e och R_{CH} värden baserade på mer exakta beräkningar eller modellförsök. Ett sådant godkännande medges under villkor att det kan omprövas, om fartygets prestanda i praktiken motiverar detta.

Fartyg ska kunna göra minst 5 knop i en ränna med krossis av nedanstående tjocklek:

IA Super $H_M = 1,0 \text{ m}$ och ett fruset toppskikt på $0,1 \text{ m}$

IA = $1,0 \text{ m}$

IB = $0,8 \text{ m}$

IC = $0,6 \text{ m}$

Krav på maskineffekt för fartyg byggda före den 1 september 2003 med isklass IB och IC

8 § Maskineffekten får inte vara mindre än den som anges i nedanstående formel och i ingen händelse mindre än 740 kW för isklasserna IB och IC.

$$P = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (f_4 \cdot \Delta + P_o) \text{ [kW]}, \text{ där}$$

$$f_1 = 1,0 \text{ för en propeller med fasta blad}$$

$$= 0,9 \text{ för en propeller med vridbara blad}$$

$$f_2 = \varphi_1 / 200 + 0,675 \text{ men inte större än } 1,1.$$

Produkten $f_1 \cdot f_2$ ska inte tas mindre än 0,85.

φ_1 = den framåtriktade vinkeln mellan förstäven och UIWL. Om stäven bildar en jämn kurva inom isbältet, som definierat i 4 kap. 8 §, kan den framställas som en rät linje mellan stävens skärningspunkter med isbältets övre och nedre gränser. Om stäven bildar en bruten linje, ska det största värdet för φ_1 användas.

f_2 = 1,1 för en bulbstäv

f_3 = $1,2 B/\Delta^{1/3}$ men inte mindre än 1,0

f_4 och P_0 ska tas som följer:

| | IB | IC | IB | IC |
|-------|--------------------|------|-----------------------|------|
| | $\Delta < 30\ 000$ | | $\Delta \geq 30\ 000$ | |
| f_4 | 0,22 | 0,18 | 0,13 | 0,11 |
| P_0 | 370 | 0 | 3070 | 2100 |

Δ = fartygets displacement [t] på det största isklassdjupgåendet enligt 2 kap. 1 §. Displacementet behöver inte tas större än 80 000 t.

9 § Om fartyget har egenskaper som kan förutsättas förbättra fartygets prestanda då det går i is, kan Transportstyrelsen godkänna en maskineffekt som är mindre än den som krävs enligt 5 och 6 §§.

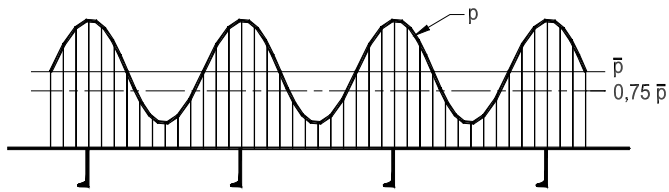
4 kap. Skrovkonstruktion

1 § De formler och värden, som ges i detta kapitel för måttsättning av skrovdelar, kan ersättas av mera exakta metoder, om dessa godkänts av Transportstyrelsen eller klassificeringssällskap.

2 § Om de materialdimensioner för ett icke förstärkt fartyg, som fås enligt dessa regler, är mindre än de som krävs av klassificeringssällskap, ska klassificeringssällskapets regler användas.

3 § Spantdistanser och avstånd ska mätas i ett vertikallplan parallellt med fartygets centerlinje. Om däremot fartygets sida avviker mer än 20° från ett vertikallplan parallellt med fartygets centerlinje ska spantdistanser och avstånd mätas utmed fartygssidan.

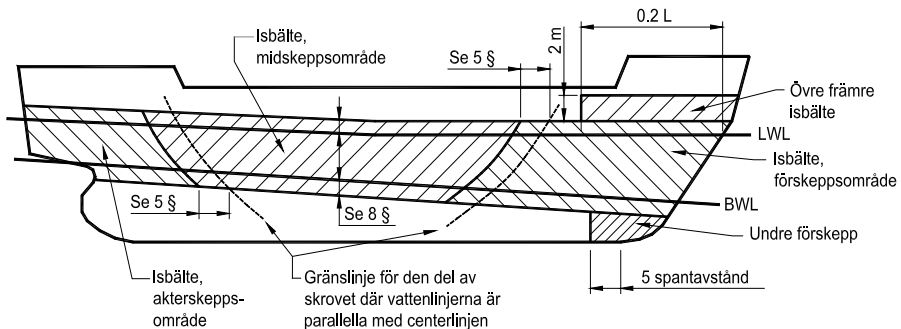
4 § Istrycket på ett spant kan vara högre än på plåten mellan spanten. Belastningsfördelningen antas vara som visas i figur 2.



Figur 2
Isbelastningsfördelning på fartygssidan.

Områden

5 § Fartygets skrov indelas i områden enligt figur 3.



Figur 3

Förskeppsområdet: Från förstäven till en linje parallell med och $0,04L$ akter om den främre gränslinjen för den del av skrovet, där vattenlinjerna är parallella med centerlinjen. För isklasserna IA Super och IA behöver överlappet över gränslinjen inte överstiga 6 meter, för isklasserna IB och IC behöver överlappet inte överstiga 5 meter.

Midskeppsområdet: Från förskeppsområdets aktra gräns till en linje parallell med och $0,04L$ akter om den aktra gränslinjen för den del av skrovet, där vattenlinjerna är parallella med centerlinjen. För isklasserna IA Super och IA behöver överlappet över gränslinjen inte överstiga 6 meter och för isklasserna IB och IC behöver överlappet inte överstiga 5 meter.

Akterskeppsområdet: Från midskeppsområdets aktra gräns till akterstäv. L är den av klassificeringssällskapet tillämpade regellängden.

Isbelastning

Belastningsområdets höjd

6 § Ett isförstärkt fartyg antas gå i trafik i isförhållanden i öppen sjö motsvarande jämn is med en tjocklek som inte är över h_0 . Beräkningshöjden (h) av det område som är under isbelastning vid en viss tidpunkt antas dock vara endast en del av istjockleken. Värderna för h_0 och h ges i tabell 3.

| Isklass | h_0 [m] | h [m] |
|----------|-----------|---------|
| IA Super | 1,0 | 0,35 |
| IA | 0,8 | 0,30 |
| IB | 0,6 | 0,25 |
| IC | 0,4 | 0,22 |

Tabell 3

Istryck

7 § Beräkningsistrycket beräknas med formeln

$$p = c_d \cdot c_l \cdot c_a \cdot p_o \text{ [MPa], där}$$

c_d = faktor som beaktar inverkan av fartygets storlek och maskineffekt.

Faktorn beräknas med formeln:

$$c_d = \frac{a \cdot k + b}{1000}$$

$$k = \frac{\sqrt{\Delta \cdot P}}{1000}$$

a och b ges i tabell 4:

| | Område | | | |
|---|-------------|----------|-------------------|----------|
| | För | | Midskepps & akter | |
| | $k \leq 12$ | $k > 12$ | $k \leq 12$ | $k > 12$ |
| A | 30 | 6 | 8 | 2 |
| B | 230 | 518 | 214 | 286 |

Tabell 4

Δ = fartygets displacement på övre isvattenlinjen enligt 2 kap. 1 § [t]

P = fartygets faktiska kontinuerliga maskineffekt [kW]

c_l = faktor som beaktar sannolikheten att beräkningsistrycket uppträder i ett visst område av skrovet för ifrågasvarande isklass.

Värdet av c_1 ges i tabell 5:

| Isklass | Område | | |
|----------|--------|-----------|-------|
| | För | Midskepps | Akter |
| IA Super | 1,0 | 1,0 | 0,75 |
| IA | 1,0 | 0,85 | 0,65 |
| IB | 1,0 | 0,70 | 0,45 |
| IC | 1,0 | 0,50 | 0,25 |

Tabell 5

c_a = faktor som beaktar sannolikheten för att hela längden av området i fråga kommer att vara utsatt för tryck på samma gång. Faktorn beräknas med formeln:

$$c_a = \frac{47 - 5l_a}{44}; \text{ maximum } 1,0; \text{ minimum } 0,6$$

l_a ska tas som följer av tabell 6:

| Struktur | Spantningstyp | l_a [m] |
|--------------|---------------|---------------------------------|
| Bordläggning | tvärskepps | spantavståndet |
| | långskepps | 2 · spantavståndet |
| Spant | tvärskepps | spantavståndet |
| | långskepps | spantets spännvidd |
| Isvägare | | vägarens spännvidd |
| Ramspant | | 2 · avståndet mellan ramspanten |

Tabell 6

p_0 = det nominella istrycket; värdet 5,6 MPa ska användas.

Bordläggningen

8 § Isbältets vertikala utsträckning ska vara enligt figur 2 och ha en vertikal utsträckning enligt tabell 7:

| Isklass | Ovan UIWL [m] | Under LIWL [m] |
|----------|---------------|----------------|
| IA Super | 0,6 | 0,75 |
| IA | 0,5 | 0,6 |
| IB | 0,4 | 0,5 |
| IC | 0,4 | 0,5 |

Tabell 7

Dessutom ska följande områden förstärkas:

Undre förskeppet: För isklass IA Super ska bordläggningsplåten nedanför isbältet, mellan förstäven och en position fem huvudspantsavstånd akter om den punkt där stävprofilen avviker från köllinjen, ha åtminstone den tjocklek som krävs i isbältet i midskeppsområdet.

Övre främre isbältet: För isklasserna IA Super och IA på fartyg med en servicefart i öppet vatten på 18 knop eller mer ska bordläggningen från isbältets övre kant till 2 meter över denna och från förstäven till en position åtminstone 0,2 L akter om förliga perpendikeln i varje fall inte vara mindre än den tjocklek som krävs i isbältet i midskeppsområdet.

Allmänna råd

Det rekommenderas att förskeppet förstärks på motsvarande sätt på fartyg med lägre servicefart, om det t.ex. av modellförsök framgår att fartyget kommer att ha en kraftig bogvåg.

9 § Fönsterventiler får inte placeras i isbältet. Om väderdäcket i någon del av fartyget är beläget nedanför isbältets övre kant, t. ex. i däcksrinnen på ett welldäckt fartyg, ska brädgången ha åtminstone samma styrka som krävs för bordläggningen i isbältet.

Konstruktionen av länsportar ska ha tillräcklig styrka för ändamålet.

Plåttjocklek i isbältet

10 § Vid tvärskepps spantning ska bordläggningsplåtarnas tjocklek bestämmas enligt formeln:

$$t = 667 s \sqrt{\frac{f_1 \cdot P_{PL}}{\sigma_y}} + t_c \text{ [mm]}$$

Vid längskeppsspantning ska bordläggningsplåtarnas tjocklek bestämmas enligt formeln:

$$t = 667 s \sqrt{\frac{P_{PL}}{f_2 \cdot \sigma_y}} + t_c \text{ [mm]}$$

s = spantavståndet [m]

P_{PL} = 0,75 p [MPa]

p = istrycket som givet i 7 § [MPa]

$$f_1 = 1,3 - \frac{4,2}{(h/s + 1,8)^2}; \text{ maximum } 1,0$$

$$f_2 = 0,6 + \frac{0,4}{(h/s)}; \text{ då } h/s \leq 1$$

$$f_2 = 1,4 - 0,4 (h/s); \text{ då } 1 \leq h/s < 1,8$$

h = höjden av belastningsområdet som given i 6 § [m]

$$\begin{aligned} \sigma_y &= \text{materialets sträckgräns [N/mm}^2\text{]}; \text{ följande värden ska användas:} \\ \sigma_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{för skrovkonstruktionsstål med normal} \\ &\quad \text{hållfasthet} \\ \sigma_y &= 315 \text{ N/mm}^2 \quad \text{för höghållfast skrovkonstruktionsstål} \\ \sigma_y &= 355 \text{ N/mm}^2 \quad \text{"-"} \quad \text{"-"} \quad \text{"-"} \end{aligned}$$

Om stål med avvikande sträckgräns används, kan den faktiska sträckgränsen användas på villkor att det accepterats av klassificeringssällskapet.

t_c = slit- och korrosionsmån [mm]; normalt ska t_c vara 2 mm.

Om en speciell ytbeläggning har lagts på och underhålls, vilken erfarenhetsmässig kan stå emot slitaget från isen, kan lägre värden godkännas.

Spant

11 § Den vertikala utsträckningen av spantningen ska som lägst uppfylla kraven enligt tabell 8:

| Isklass | Område | Ovan UIWL m] | Under LIWL [m] |
|------------|-------------------------------------|--------------|--|
| IA Super | från stäven till 0,3 L akter om den | 1,2 | till tanktak eller under överkant av bottenstockar |
| | akter om 0,3 L från stäven | 1,2 | 1,6 |
| | midskepps | 1,2 | 1,6 |
| | akter | 1,2 | 1,2 |
| IA, IB, IC | från stäven till 0,3 L akter om den | 1,0 | 1,6 |
| | akter om 0,3 L från stäven | 1,0 | 1,3 |
| | midskepps | 1,0 | 1,3 |
| | akter | 1,0 | 1,0 |

Tabell 8

Där ett övre, främre isbälte krävs enligt 8 § ska isförstärkningen av spantningen sträcka sig till minst höjden av detta isbälte.

Där isförstärkningen ska utsträckas förbi ett däck eller ett tanktak med högst 250 mm, kan den avslutas vid detta däck eller tanktak.

Tvärskjeppspant

12 § Motståndsmomentet för ett huvud- eller mellantvärskjeppspant ska beräknas med formeln:

$$Z = \frac{p \cdot s \cdot h \cdot l}{m_t \cdot \sigma_y} 10^6 \text{ [cm}^3\text{]}$$

p = istrycket som givet i 7 § [MPa]

s = spantavståndet [m]

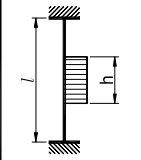
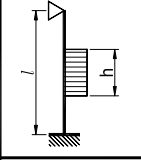
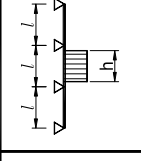
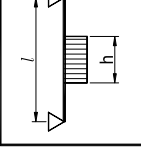
h = höjden av belastningsområdet som given i 6 § [m]

l = spantets spännvidd [m]

$$m_t = \frac{7 m_o}{7 - 5h/l}$$

σ_y = sträckgränsen som i 10 § [N/mm²]

m_o = faktor vars värde ges i tabell 9:

| Randvillkor | m_o | Exempel |
|---|-------|--|
|  | 7 | Spant i ett bulkfartyg med toppvingtankar |
|  | 6 | Spant som sträcker sig från tanktaket till däck på ett enkeldäckt fartyg |
|  | 5,7 | Kontinuerligt spant mellan flera däck eller vägare |
|  | 5 | Spant som sträcker sig endast mellan två däck |

Tabell 9

Randvillkoren gäller både för huvudspant och mellanspant. Belastningen är tänkt att verka mitt emellan stödpunkterna.

Då mindre än 15 % av spannet l av spantet är inom området för förstärkningen enligt 11 §, kan ordinarie spantdimensioner användas.

Övre ändan av tvärskeppsspant

1. Övre ändan av den förstärkta delen av ett huvudspant eller ett mellanspant ska fästas till ett däck eller en isvägare enligt 16 §.

2. Då ett spant slutar ovanför ett däck eller en isvägare, som befinner sig på eller ovanför isbältets övre kant enligt 8 §, kan den del som befinner sig ovanför detta däck eller denna vägare ha de materialdimensioner som skulle ha krävts av klassificeringssällskapet för ett icke förstärkt fartyg. Den övre ändan av mellanspantet kan förenas med bredvidliggande huvudspant med en vågrät karvel av samma dimension som huvudspantet. Ett sådant mellanspant kan även sträckas ut till ovanförliggande däck. Om det ovanförliggande däcket befinner sig mer än 1,8 meter ovanför isbältet, behöver mellanspantet inte fästas till detta däck utom i förskeppsområdet

Nedre ändan av tvärskeppsspant

1. Nedre ändan av den förstärkta delen av ett isspant eller av ett mellanspant ska fästas till ett däck, tanktak eller en isvägare enligt 16 §.

2. Då ett mellanspant avslutas nedanför ett däck, tanktak eller en isvägare, som är belägen på eller nedanför isbältets undre kant enligt 8 §, kan nedre ändan förbindas med intilliggande huvudspant med en vågrät karvel med samma materialdimensioner som huvudspantet.

Långskeppsspant

13 § Motståndsmomentet för ett långskeppsspant ska beräknas enligt formeln:

$$Z = \frac{f_3 \cdot f_4 \cdot p \cdot h \cdot l^2}{m \cdot \sigma_y} 10^6 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Skjuvarean av ett långskeppsspant ska vara:

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot f_3 \cdot p \cdot h \cdot l}{2 \sigma_y} 10^4 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Denna formel ska tillämpas endast om långskeppsspantet fästs till stödjande konstruktioner med knäbrickor, såsom är föreskrivet i 14 §.

f_3 = faktor som beaktar belastningens fördelning på närliggande spant

$$f_3 = (1 - 0,2 h/s)$$

f_4 = faktor som beaktar belastningskoncentrationen till understödspunkten;

$$f_4 = 0,6$$

p = istrycket som givet i 7 § [MPa]

h = belastningsområdets höjd som given i 6 § [m]

- s = spantavstånd [m]. Spantavståndet ska inte överskrida 0,35 meter för isklasserna IA Super eller IA och ska i ingen händelse överskrida 0,45 meter
 l = spantets spännvidd [m]
 m = randvillkorsfaktor: $m = 13,3$ för en kontinuerlig balk; då randvillkoren avviker avsevärt från en kontinuerlig balk, t.ex. i ett ändområde, kan en lägre randvillkorsfaktor användas.
 σ_y = sträckgräns som i 10 § [N/mm²]

Allmänt om spantning

14 § Inom det isförstärkta området ska alla spant effektivt fästas till alla stödjande konstruktioner. Ett längskeppsspant ska fästas till alla ramspant och skott med knäbrickor. Tvärskeppsspant, vilka slutar mot en vägare eller ett däck, ska fästas med en knäbricka eller motsvarande konstruktion. Spant som korsar bärande konstruktionsdelar ska på båda sidor stödjas mot strukturen genom direkt svetsning, kragplåt eller stödbricka. En bricka ska ha minst samma tjocklek som spantets liv och dess kant ska vara tillräckligt stark för att stå emot buckling

15 § För isklass IA Super och IA i förskepps- och midskeppsområdet samt för isklass IB och IC i förskeppsområdet ska följande gälla i det isförstärkta området:

1. Spant som inte står vinkelrätt mot bordläggningen ska stödjas mot kantring med brickor, interkostaler, vägare eller liknande på ett avstånd som inte överstiger 1300 mm.

2. Spanten ska fästas till bordläggningen med dubbel kontinuerlig svets. Notchar är tillåtna endast vid svetsar i bordläggningsplåten.

3. Spantens livplåtstjocklek ska vara minst hälften av bordläggningsplåtens tjocklek och i varje fall inte tunnare än 9 mm. Där ett däck, tanktak eller skott ersätter ett spant, ska plåttjockleken vara enligt ovan till ett djup motsvarande höjden av närliggande spant.

Isvägare

Vägare inom isbältet

16 § Motståndsmoment för en vägare som befinner sig inom isbältet enligt 4 kap. 8 § ska beräknas enligt formeln:

$$Z = \frac{f_5 \cdot p \cdot h \cdot l^2}{m \cdot \sigma_y} 10^6 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Skjuvarean ska vara:

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot f_5 \cdot p \cdot h \cdot l}{2\sigma_y} 10^4 \text{ [cm}^2\text{]}$$

- p = istrycket enligt 7 § [MPa]
h = belastningsområdets höjd enligt 6 § [m]

Produkten p·h ska inte tas mindre än 0,30.

- l = vägarens spännvidd [m]
m = randvillkorsfaktor enligt 13 §
f₅ = faktor som beaktar belastningens fördelning på tvärskeppsspanten;
f₅ = 0,9
σ_y = sträckgräns som i 10 §

Vägare utanför isbältet

17 § Motståndsmomentet för en vägare som befinner sig utanför isbältet men som stöder isförstärkta spant ska beräknas med formeln

$$Z = \frac{f_6 \cdot p \cdot h \cdot l^2}{m \cdot \sigma_y} (1 - h_s/l_s) 10^6 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Skjuvarean ska vara:

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot f_6 \cdot p \cdot h \cdot l}{2\sigma_y} (1 - h_s/l_s) 10^4 \text{ [cm}^2\text{]}$$

- p = istrycket som givet i 7 § [MPa]
h = höjden av belastningsområdet som given i 6 § [m]

Produkten p·h ska inte tas mindre än 0,30

- l = vägarens spännvidd [m]
m = randvillkorsfaktor enligt 13 §
l_s = avstånd till närliggande isvägare [m]
h_s = avståndet till isbältet [m]
f₆ = faktor som beaktar belastningsfördelningen till tvärskeppsspanten;
f₆ = 0,95
σ_y = materialets sträckgräns som i 10 §

Smala sidodäck

18 § Smala sidodäck vid lucköppningar, vilka fungerar som isvägare, ska uppfylla kraven på motståndsmoment och skjuvarean enligt 16 § respektive 17 §. I fråga om osedvanligt långa lucköppningar kan klassificeringssällskap tillåta att produkten p·h tas mindre än 0,30 men i ingen händelse mindre än 0,20.

Allmänna råd

Uppmärksamhet bör fästas vid fartygssidans inböjning under ispressning vid osedvanligt långa lucköppningar med tanke på konstruktionen av väderdäcksluckor och deras beslag.

Ramspant

Belastning

19 § Den belastning som överförs till ett ramspant från en isvägare eller från långskeppsspantning ska beräknas med formeln:

$$F = f_6 \cdot p \cdot h \cdot S \text{ [MN]}$$

p = istrycket som givet i 7 § [MPa];
vid beräkningen av c_a ska dock l_a tas som $2 \cdot S$.

h = belastningsområdets höjd som given i 6 § [m]

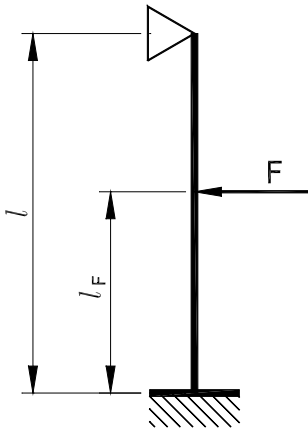
Produkten $p \cdot h$ ska inte tas mindre än 0,30

S = avståndet mellan ramspanten [m]

I de fall den stödjande isvägaren ligger utanför isbältet ska kraften F multipliceras med $(1 - h_s / l_s)$, där h_s och l_s är definierade i 17 §.

Motståndsmoment och skjuvarea

20 § När ett ramspant följer konstruktionsmodellen i figur 4, ska motståndsmomentet och skjuvarean beräknas med nedanstående formler:



Figur 4

Skjuvarea:

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot \alpha \cdot Q}{\sigma_y} 10^4 \text{ [cm}^2\text{]}$$

- α = som givet i nedanstående tabell
 σ_y = sträckgränsen som i 10 §
 Q = beräknad maximal skärkraft för lasten F enligt 19 §, eller $k_1 \cdot F$ där:

$$k_1 = 1 + 1/2 (l_F/l)^3 - 3/2 (l_F/l)^2 \quad \text{eller}$$

$$= 3/2 (l_F/l)^2 - 1/2 (l_F/l)^3 \quad \text{beroende på vilket värde som är störst.}$$

För ramspantens nedre del ska det minsta l_F -värdet inom isbältet användas, och för övre delen ska det största l_F -värdet inom isbältet användas.

Motståndsmoment:

$$Z = \frac{M}{\sigma_y} \cdot \sqrt{\frac{1}{1 - (\gamma \cdot A/A_a)^2}} \quad 10^6 \quad [\text{cm}^3]$$

- M = beräknat maximalt böjande moment för lasten F enligt 19 §, eller $k_2 \cdot F \cdot l$ där:

$$k_2 = 1/2 (l_F/l)^3 - 3/2 (l_F/l)^2 + (l_F/l)$$

- γ = som givet i tabellen nedan

- A = erforderlig skjuvarea då

$$k_1 = 1 + 1/2 (l_F/l)^3 - 3/2 (l_F/l)^2$$

- A_a = ramspantens faktiska tvärsnittsarea

Faktorena α och γ

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A_f/A_w | 0 | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 | 1,60 | 1,80 | 2,00 |
| α | 1,50 | 1,23 | 1,16 | 1,11 | 1,09 | 1,07 | 1,06 | 1,05 | 1,05 | 1,04 | 1,04 |
| γ | 0 | 0,44 | 0,62 | 0,71 | 0,76 | 0,80 | 0,83 | 0,85 | 0,87 | 0,88 | 0,89 |

- A_f = tvärsnittsytan för fri fläns

- A_w = tvärsnittsytan för livplåten

21 § För andra arrangemang och randvillkor för ett ramspant än de som givits i 20 § ska en direkt spänningsberäkning utföras.

Punktbelastningen på ett ramspant är given i 19 §.

Angreppspunkten ska i varje enskilt fall, med hänsyn till arrangemanget av vägare och långskeppsspant, väljas så att största skjuvkrafter och böjmoment erhålls.

Följande spänningar ska tillämpas:

Skjuvspänning: $\tau = \sigma_y / \sqrt{3}$

Böjspänning: $\sigma_b = \sigma_y$

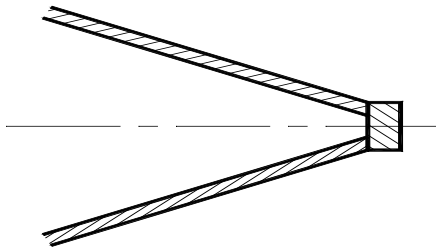
Jämförelsespänning: $\sigma_c = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} = \sigma_y$

Förstäv

22 § Stäven ska tillverkas av valsat, gjutet eller smitt stål eller av bockad stålplåt.

Allmänna råd

I syfte att förbättra fartygets manöverförmåga i is rekommenderas en skarpkantad stäv enligt figur 5, speciellt för mindre fartyg med en längd under 150 m.



Figur 5
Exempel på lämplig stäv

23 § För en stäv av bockad plåt ska plåttjockleken beräknas enligt formlerna i 10 § under antagande att:

- s = avståndet mellan de element som stödjer plåten [m]
- p_{PL} = p enligt 4 kap. 7 § [MPa]
- l_a = avståndet mellan vertikala understödjande element [m]

Detsamma gäller för alla delar av bordläggningen som bildar en vinkel om 30° eller mer med centerlinjen i horisontalplanet i anslutning till en trubbig stäv.

Stäven och den del av en trubbig stäv som beskrivs i första stycket ska stödjas av bottenstockar eller knäbrickor, vilkas inbördes avstånd inte överstiger 0,6 m och vilkas tjocklek är minst hälften av bordläggningsplåtens tjocklek. Förstärkningen av stäven ska sträcka sig från kölen till en punkt 0,75 m över UIWL eller, då ett övre främre isbälte krävs enligt 8 §, till isbältets övre gräns.

Arrangemang för bogsering

24 § Ett klys med en öppning på minst 250 x 300 mm, en längd av minst 150 mm och en radie för inre ytan på minst 100 mm ska anbringas i brädgången i bogen på centerlinjen.

En pollare eller annan anordning där en bogserlina kan läggas fast ska finnas, dimensionerad att hålla brottsbelastningen på bogserlinan.

25 § På fartyg vars displacement inte överstiger 30 000 ton ska den del av bogen, som sträcker sig till en höjd av minst 5 meter över UIWL och minst 3 meter akterut från stäven, förstärkas för att hålla de belastningar som förorsakas vid bogsering i klyka. För detta ändamål ska mellanspant sättas in och spanten ska stödjas av vägare eller däck.

Akterskepp

26 § På fartyg med två eller tre propellrar ska isförstärkningen av bordläggning och spantning sträckas till dubbelbotten på en sträcka av 1,5 meter för och akter om sidopropellrarna.

Allmänna råd

*Ett förhållandevis litet mellanrum mellan propellerbladspetsen och akterstäv*en bör undvikas, då detta kan förorsaka höga belastningar på bladspetsen.

27 § Axlar och axelhylsor till sidopropellrar ska normalt inneslutas i slutna utrymmen. Om fristående bockar används, ska styrka och infästning av dessa dimensioneras så att tillräcklig styrka uppnås.

28 § En akterspegel ska om möjligt inte utsträckas under UIWL. Kan detta inte undvikas ska den del av akterspegeln som befinner sig under UIWL hållas så smal som möjligt. Den del av en akterspegel som befinner sig inom isbältet ska förstärkas på samma sätt som midskeppsområdet.

Allmänna råd

Vid dimensionering av skrov på fartyg med propulsionsarrangemang med vridbara trustrar eller av typen 'azipod', vilka ger en ökad manöverförmåga, bör beaktas att dessa typer av propulsionsarrangemang har visat sig ge högre isbelastningar på akterskepp och akterstäv.

Slingerkölar

29 § Infästningen av en slingerköl till skrovet ska utformas så att risken för skada på skrovet är så liten som möjligt om slingerkölen skulle slitas loss.

Allmänna råd

I syfte att begränsa skadan då en slingerköl delvis slits loss i is bör slingerkölar delas upp i korta, separata längder.

5 kap. Roder och styrarrangemang

1 § Måttställningen av roderstäv, hjärtstock, fingerlingar, styrmaskin samt övriga delar av styrarrangemanget såväl som styrmaskinens kapacitet ska bestämmas enligt klassreglerna. Den högsta servicefart för fartyget som används i dessa beräkningar ska dock inte vara mindre än följande värden:

| | |
|----------|---------|
| IA Super | 20 knop |
| IA | 18 knop |
| IB | 16 knop |
| IC | 14 knop |

Om fartygets verkliga högsta servicefart är högre ska den hastigheten användas.

2 § För isklasserna IA Super och IA ska hjärtstocken och rodrets övre kant skyddas mot ispress med en iskniv eller på liknande sätt.

3 § Tryckbegränsningsventiler för hydraulik ska vara effektiva för att kunna klara snabba, momentana tryckvariationer. Styrmaskinens komponenter ska dimensioneras för hjärtstockens sträck-vridmoment. Där det är möjligt ska roderstoppare sättas för att verka på roderbladet eller roderflänsen.

6 kap. Propeller, axlar och växlar

Tillämplighet

1 § För fartyg för vilka nybyggnadskontrakt tecknats före den 1 januari 2010 ska bestämmelserna i 3–14 §§ tillämpas.

2 § För fartyg för vilka nybyggnadskontrakt tecknats den 1 januari 2010 eller senare ska bestämmelserna i 15–49 §§ tillämpas.

Ismoment

3 § Ismomentet beräknas enligt följande formel:

$$M = m \cdot D^2 \quad [\text{Mpm}], \text{ där:}$$

D = propellerdiameter i meter

m = 2,15 för isklass IA Super

= 1,60 för isklass IA

= 1,33 för isklass IB

= 1,22 för isklass IC

Om propellern inte är helt under vatten då fartyget är i barlastläge, ska ismomentet för isklass IA användas för isklasserna IB och IC.

Propellrar

4 § Propellermaterialets brottöjning ska vara minst 19 procent för en provstav med en mätlängd = 5 ggr provstavens diameter. Slagsegheten vid Charpy V-prov ska vara minst 2,1 kpm vid -10°C.

Allmänna råd

Propellermaterialets brottöjning rekommenderas vara minst 22 procent för en provstav av utförande som ovan.

5 § Bredden c och tjockleken t av propellerbladets tvärsnitt ska bestämmas så att:

a) vid radien $0,25 D/2$ för propellrar med fasta blad

$$ct^2 = \frac{2,70}{\sigma_b \cdot (0,65 + 0,7 \cdot H/D)} \left(20000 \frac{P_s}{Z \cdot n} + 22000 \cdot M \right)$$

b) vid radien $0,35 D/2$ för propellrar med vridbara blad

$$ct^2 = \frac{2,15}{\sigma_b \cdot (0,65 + 0,7 \cdot H/D)} \left(20000 \frac{P_s}{Z \cdot n} + 23000 \cdot M \right)$$

c) vid radien $0,6 D/2$

$$ct^2 = \frac{0,95}{\sigma_b \cdot (0,65 + 0,7 \cdot H/D)} \left(20000 \frac{P_s}{Z \cdot n} + 28000 \cdot M \right)$$

där: c = längd i cm av bladets utbredda cylindriska tvärsnitt vid ifrågavarande radie

t = motsvarande största tjocklek i cm vid ifrågavarande radie

H = propellerns stigning i m vid ifrågavarande radie. (För propellrar med vridbara blad bör $0,7 H_{\text{nominell}}$ användas)

P_s = axelhästkrafttalet enligt 3 kap. 1 §

N = propellervarvtalet r/min

M = ismomentet, enligt 3 §

Z = bladantalet

σ_b = propellermaterialets brottgräns i kp/mm^2

6 § Bladspetsens tjocklek, t , vid radien $1,0 D/2$ ska bestämmas enligt följande formler:

isklass IA Super

$$t = (20 + 2D) \sqrt{\frac{50}{\sigma_b}} \text{ mm}$$

isklass IA, IB och IC

$$t = (15 + 2D) \sqrt{\frac{50}{\sigma_b}} \text{ mm}$$

där: D och σ_b är vad som angivits ovan.

7 § Tjockleken av övriga sektioner ska bestämmas av en jämn kurva som förenar ovannämnda sektioners tjocklekar.

8 § I de fall där den erhållna bladtjockleken är mindre än klassregeltjockleken ska den sistnämnda användas.

9 § Bladkanternas tjocklek får inte vara mindre än 50 procent av den beräknade spetstjockleken t , mätt vid $1,25 t$ från kanten. För propellrar med vridbara blad i kombination med maskiner, vilka inte kan reverseras, gäller detta endast bladens ledande kant.

10 § Navmekanismens hållfasthet ska i en propeller med vridbara blad vara 1,5 gånger större än bladets hållfasthet då bladet antas vara belastat vid radien $0,9 \cdot D/2$ i dess svagaste riktning.

Propelleraxel

11 § Propelleraxelns diameter vid akre hylslagret får inte vara mindre än

$$d_s = 10,8 \sqrt[3]{\frac{\sigma_b \cdot ct^2}{\sigma_y}}$$

där: σ_b = propellerbladets brottgräns i kp/mm^2 ,
 ct^2 = värdet som erhållits enligt formel (13),
 σ_y = sträckgränsen i kp/mm^2 för propelleraxelns material.

Om propellernavets diameter är större än $0,25 \cdot D$ ska följande formel användas:

$$d_s = 11,5 \sqrt[3]{\frac{\sigma_b \cdot ct^2}{\sigma_y}}$$

där: σ_b och σ_y som ovan angivits
 ct^2 = värdet som erhållits enligt formel (14).

12 § Om den erhållna diametern för propelleraxeln är mindre än klassregeldiametern, ska den sistnämnda användas. Axelns änddiametrar kan minskas enligt klassreglerna.

Mellanaxlar

13 § Diametern, d_i , av mellanaxlar och tryckaxlar i fristående lager får inte vara mindre än:

$$d_i = 1,1 \cdot d_{\text{klassregel}} \text{ för isklass IA Super}$$

För isklasserna IA, IB och IC ska klassregeldiametern användas.

Reduktionsväxlar

14 § För beräkning av den största tillåtna kuggbelastningen vid maximalt axelhästkrafttal P_s enligt 3 kap. 1 §, ska följande belastningsfaktor, K_i , användas:

$$K_i = K \frac{N}{N + \frac{M \cdot I_h \cdot R^2}{I_l + I_h \cdot R^2}}$$

där: K = klassregel-belastningsfaktorn

M = ismomentet enligt 3 §

N = $0,716 P_s/n$

där: P_s = axelhästkrafttalet enligt 3 kap. 1 §
 n = motsvarande motorvarvtal r/min.

R = reduktionsfaktor; förhållandet mellan inkommande axels varvtal och utgående axels varvtal

I_h = masströghetsmomentet av de maskinkomponenter som roterar med det högre varvtalet

I_l = masströghetsmomentet av de maskinkomponenter som roterar med det lägre varvtalet, propellern inkluderad med 30 % tillägg för vatten (I_h och I_l bör uttryckas i samma dimension).

Definitioner

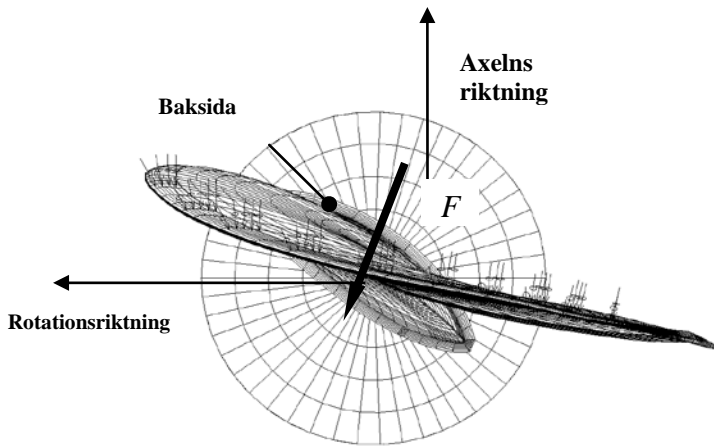
15 § Följande definitioner används i 16–49 §§:

| | | |
|-------------------|------------------|---|
| c | m | Längd på bladsektionens korda. |
| $c_{0,7}$ | M | Längd på bladsektionens korda vid propellerradie 0,7R. |
| CP | | Propeller med ställbar stigning. |
| D | M | Propellerdiameter´. |
| d | M | Propellernavets ytterdiameter (vid propellerplanet). |
| D_{limit} | M | Gränsvärde för propellerdiameter. |
| EAR | | Expanderad bladarea. |
| F_b | kN | Den under livslängden maximala bakåtriktade kraften på ett propellerblad till följd av växelverkan mellan propeller och is, inklusive hydrodynamiska laster på detta blad. Kraftens riktning är vinkelrät mot kordan 0,7R. Se figur 6. |
| F_{ex} | kN | Den kraft som krävs för bladets totala kollaps i dess rotområde genom plastisk deformation. Kraften verkar på 0,8R. Spindelarmen ska tas som det största värdet av 2/3 av avståndet mellan bladets rotationsaxel och bladets framkant eller bladets bakkant vid radie 0,8R. |
| F_f | kN | Den under livslängden maximala framåtriktade kraften på ett propellerblad till följd av växelverkan mellan propeller och is, inklusive hydrodynamiska laster på detta blad. Kraftens riktning är vinkelrät mot kordan 0,7R. |
| F_{ice} | kN | Isbelastning. |
| $(F_{ice})_{max}$ | kN | Maximal isbelastning under fartygets livstid. |
| FP | | Propeller med fast stigning. |
| h_0 | M | Propellerns centrumlinjes djup under den undre isvattenlinjen |
| $.H_{ice}$ | M | Tjocklek hos det största beräknade isblock som går in i propellern. |
| I | kgm ² | Ekvivalent masströghetsmoment för alla delar på maskinsidan av den komponent som avses. |
| I_t | kgm ² | Ekvivalent masströghetsmoment för hela framdrivnings-systemet. |
| K | | Formparameter för weibullfördelningen. |
| LIWL | m | Undre isvattenlinjen. |

| | | |
|-------------|--------|--|
| M | | Lutning för SN-kurva i logg/loggskala. |
| M_{BL} | kNm | Bladets böjmoment. |
| MCR | | Maximal kontinuerlig effekt. |
| n | varv/s | Propellerns rotationshastighet. |
| n_n | varv/s | Propellerns nominella rotationshastighet vid MCR i öppet vatten. |
| N_{class} | | Referenstal för impulser per propellerrotationshastighet och isklass. |
| N_{ice} | | Totalt antal isbelastningar på propellerbladet under fartygets livstid. |
| N_R | | Referensantal belastningar för ekvivalent utmattningsspänning (10^8 cykler). |
| N_Q | | Antal propellervarv under en ismalningssekvens. |
| $P_{0.7}$ | m | Propellerstigning vid radie 0,7R. |
| $P_{0.7n}$ | m | Propellerstigning vid radie 0,7R och MCR i öppet vatten. |
| $P_{0.7b}$ | m | Propellerstigning vid radie 0,7R och MCR i bollard pull. |
| Q | kNm | Vridmoment. |
| Q_{emax} | kNm | Maximalt motorvridmoment. |
| Q_{max} | kNm | Maximalt isinducerade vridmomentet till följd av växelverkan mellan propeller och is på ett propellerblad, inklusive hydrodynamiska laster på detta blad. |
| Q_{motor} | kNm | Toppvridmoment för elektrisk motor. |
| Q_n | kNm | Nominellt vridmoment vid MCR i öppet vatten. |
| Q_r | kNm | Maximalt reaktionsvridmoment längs propelleraxelns linje med hänsyn tagen till axellinjens dynamiska agerande vid ispåverkan (torsionsvibrationer) och genomsnittligt hydrodynamiskt vridmoment på propellern. |
| Q_{smax} | kNm | Det under livslängden maximala spindelvridmomentet på ett propellerblad till följd av växelverkan mellan propeller och is, inklusive hydrodynamiska laster på detta blad. |
| R | m | Propellerradie. |
| r | m | Bladsektionens radie. |
| T | kN | Propellertryck. |

| | | |
|----------------------|----------|---|
| T_b | kN | Den under livslängden maximala tryckkraften på propellern (samtliga blad) till följd av växelverkan mellan propeller och is. Tryckriktningen är lika med propelleraxelns riktning och kraften är motriktad det hydrodynamiska trycket. |
| T_f | kN | Den under livslängden maximala tryckkraften på propellern (samtliga blad) till följd av växelverkan mellan propeller och is. Tryckriktningen är lika med propelleraxelns riktning och verkar i samma riktning som det hydrodynamiska trycket. |
| T_n | kN | Propellertryck vid MCR i öppet vatten. |
| T_r | kN | Maximal reaktionstryckkraft längs axeln med hänsyn tagen till dynamiskt agerande vid ispåverkan (axiella vibrationer) och genomsnittligt hydrodynamiskt tryck på propellern. |
| t | M | Maximal tjocklek på bladsektion. |
| Weibull-fördelning | | Sannolikheten att F_{ice} överskrider F_{icemax} . |
| Z | | Antal propellerblad |
| α_i | [grader] | Varaktighet av växelverkan mellan propellerblad och is angiven som rotationsvinkel. |
| γ_ε | | Reduktionsfaktor för utmattning; inverkan av spridning och provföremålets storlek. |
| γ_v | | Reduktionsfaktor för utmattning; inverkan av variation i belastningsamplitud. |
| γ_m | | Reduktionsfaktor för utmattning; inverkan av genomsnittlig spänning. |
| ρ | | Reduktionsfaktor för utmattning som korrelerar den maximala spänningsamplituden med den ekvivalenta utmattningsspänningen under 10^8 påkänningscykler. |
| $\sigma_{0.2}$ | MPa | Sträckgräns hos bladmaterialet. |
| σ_{exp} | MPa | Genomsnittlig utmattningshållfasthet hos bladmaterialet vid 10^8 utmattningscykler i havsvatten. |
| σ_{fat} | MPa | Ekvivalent spänningsamplitud från isbelastning för utmattning vid 10^8 påkänningscykler. |
| σ_{fl} | MPa | Karaktäristisk utmattningshållfasthet hos bladmaterialet. |
| σ_{ref} | MPa | Referensspänning $\sigma_{ref} = 0,6 \cdot \sigma_{0.2} + 0,4 \cdot \sigma_u$ |
| $\sigma_{ref 2}$ | MPa | Referensspänning, det minsta värdet av $\sigma_{ref 2} = 0.7 \cdot \sigma_u$ eller $\sigma_{ref 2} = 0.6 \cdot \sigma_{0.2} + 0.4 \cdot \sigma_u$ |
| σ_{st} | MPa | Maximal spänning resulterande från F_b eller F_f |

| | | |
|------------------------|-----|---|
| σ_u | MPa | Dragbrottrörelse hos bladmaterialet. |
| $(\sigma_{ice})_{bma}$ | MPa | Huvudspänning orsakad av den maximala bakåtriktade isbelastningen på propellern. |
| $(\sigma_{ice})_{fma}$ | MPa | Huvudspänning orsakad av den maximala framåtriktade isbelastningen på propellern. |
| $(\sigma_{ice})_{max}$ | MPa | Maximal spänningsamplitud för isbelastningen. |



Figur 6

Den bakåtriktade propellerbladkraftens resultant vinkelrätt mot kordan vid radien $0,7R$. Isens kontaktryck vid den ledande kanten visas med små pilar.

Dimensionerande isförhållanden

16 § För bestämning av de dimensionerande isbelastningarna fastställs den maximala storleken på isblock enligt följande formel:

$$H_{ice} \cdot 2H_{ice} \cdot 3H_{ice}$$

H_{ice} i isklass IA Super till IC framgår av tabell 10:

| Isklass* | IA Super | IA | IB | IC |
|--|----------|-------|-------|-------|
| Tjockleken på det största isblock som kommer in i propellern (H_{ice}) | 1,75 m | 1,5 m | 1,2 m | 1,0 m |

Tabell 10

* För definition av respektive isklass se 3 kap. 7 §.

Material utsatt för havsvatten och havsvattentemperaturer

17 § Material i komponenter som exponeras för havsvatten ska ha en förlängning som inte understiger 15 % hos ett provobjekt där provets mätlängd är fem gånger dess diameter.

18 § Material i komponenter som utsätts för havsvattentemperaturer ska uppfylla kravet på 20 J slagenergi. 20 J slagenergi motsvarar medelvärdet av tre prover vid minus 10°C.

Ythärdade komponenter är undantagna från kravet på 20 J slagenergi.

Propellrar

19 § Beräkningslasterna utgör de totala belastningarna inklusive is-inducerade laster och hydrodynamiska laster vid växelverkan mellan propeller och is.

För propellrar som inte är helt under vatten i barlastläge ska framdrivningssystemet konstrueras enligt isklass IA för isklasserna IB och IC.

F_b och F_f ska tillämpas separat per blad.

Beräkningslaster för öppna propellrar

20 § F_b för öppna propellrar beräknas enligt följande formel:

$$F_b = 27 \cdot [n \cdot D]^{0.7} \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right]^{0.3} \cdot D^2 \text{ [kN]}, \text{ när } D \leq D_{\text{limit}}$$

$$F_b = 23 \cdot [n \cdot D]^{0.7} \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right]^{0.3} \cdot D \cdot H_{ice}^{1.4} \text{ [kN]}, \text{ när } D > D_{limit},$$

där

$$D_{limit} = 0.85 \cdot H_{ice}^{1.4} \text{ [m]}$$

n är den nominella rotationshastigheten (vid MCR i öppet vatten) för en CP-propeller och 85 % av den nominella rotationshastigheten (vid MCR i öppet vatten) för en FP-propeller.

21 § F_f för öppna propellrar beräknas enligt följande formel:

$$F_f = 250 \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right] \cdot D^2 \text{ [kN]}, \text{ när } D \leq D_{limit}$$

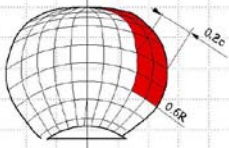
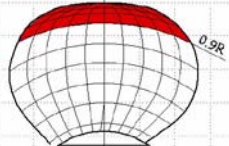
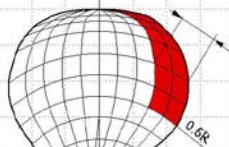
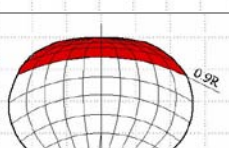
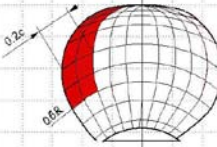
$$F_f = 500 \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right] \cdot D \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{d}{D}\right)} \cdot H_{ice} \text{ [kN]}, \text{ när}$$

$$D > D_{limit},$$

där

$$D_{limit} = \frac{2}{\left(1 - \frac{d}{D}\right)} \cdot H_{ice} \text{ [m]}$$

22 § Belastningsfall 1–4 ska tillämpas för CP- och FP-propellrar enligt tabell 11. Utöver detta ska för FP-propellrar belastningsfall 5 tillämpas som tar hänsyn till isbelastningar när propellern reverseras.

| | Kraft | Belastningsområde | Högervridet propellerblad sett från bladets baksida |
|-------------------|--|---|---|
| Belastningsfall 1 | F_b | Konstant tryck som verkar på bladets baksida (sugsida) till ett område från 0,6R till spetsen och från den ledande kanten till 0,2 gånger kordans längd. |  |
| Belastningsfall 2 | 50 % av F_b | Konstant tryck som verkar på bladets baksida (sugsida) till propellerns spetsområde utanför radien 0,9 R. |  |
| Belastningsfall 3 | F_f | Konstant tryck som verkar på bladets framsida (trycksida) till ett område från 0,6R till spetsen och från den ledande kanten till 0,2 gånger kordans längd. |  |
| Belastningsfall 4 | 50 % av F_f | Konstant tryck som verkar på bladets framsida (trycksida) till propellerns spetsområde utanför radien 0,9 R. |  |
| Belastningsfall 5 | 60 % av det största av värdena F_f eller F_b | Konstant tryck som verkar på bladets framsida (trycksida) till ett område från 0,6R till spetsen och från bladets bakkant till 0,2 gånger kordans längd. |  |

Tabell 11

Beräkningslaster för dyspropellrar

23 § F_b för dyspropellrar beräknas enligt följande formel:

$$F_b = 9.5 \cdot [n \cdot D]^{0.7} \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right]^{0.3} \cdot D^2 \text{ [kN]}, \text{ när } D \leq D_{limit},$$

$$F_b = 66 \cdot [n \cdot D]^{0.7} \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right]^{0.3} \cdot D^{0.6} \cdot H_{ice}^{1.4} \text{ [kN]}, \text{ när } D > D_{limit},$$

där

$$D_{limit} = 4 \cdot H_{ice} \text{ [m]}$$

n är den nominella rotationshastigheten (vid MCR i öppet vatten) för en CP-propeller och 85 % av den nominella rotationshastigheten (vid MCR i öppet vatten) för en FP-propeller.

24 § F_f för dyspropellrar beräknas enligt följande formel:

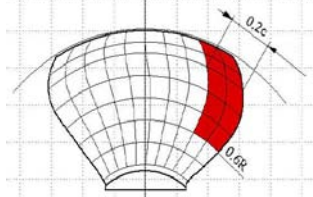
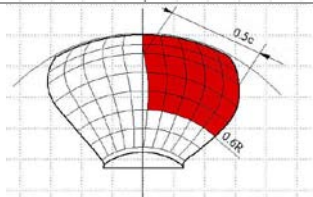
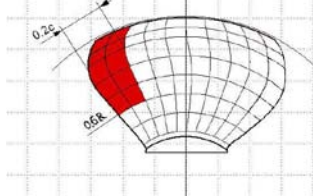
$$F_f = 250 \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right] \cdot D^2 \text{ [kN]}, \text{ när } D \leq D_{limit},$$

$$F_f = 500 \cdot \left[\frac{EAR}{Z} \right] \cdot D \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{d}{D}\right)} \cdot H_{ice} \text{ [kN]}, \text{ när } D > D_{limit},$$

där

$$D_{limit} = \frac{2}{\left(1 - \frac{d}{D}\right)} \cdot H_{ice} \text{ [m]}.$$

25 § Belastningsfall 1 och 3 ska tillämpas för alla propellrar enligt tabell 12. Utöver detta ska för FP-propellrar belastningsfall 5 tillämpas som tar hänsyn till isbelastningar när propellern reverseras.

| | Kraft | Belastningsområde | Högervridet propellerblad sett bakifrån |
|-------------------|--|---|---|
| Belastningsfall 1 | F_b | Konstant tryck som verkar på bladets baksida (sugsida) till ett område från 0,6R till spetsen och från den ledande kanten till 0,2 gånger kordans längd. |  |
| Belastningsfall 3 | F_f | Konstant tryck som verkar på bladets framsida (trycksida) till ett område från 0,6R till spetsen och från den ledande kanten till 0,5 gånger kordans längd. |  |
| Belastningsfall 5 | 60 % av det största av värdena F_f eller F_b | Konstant tryck som verkar på bladets framsida (trycksida) till ett område från 0,6R till spetsen och från bladets bakkant till 0,2 gånger kordans längd. |  |

Tabell 12

Maximalt vridmoment på bladspindeln för öppna propellrar och dyspropellrar

26 § Spindelvridmomentet Q_{smax} runt axeln för bladets infästning ska bestämmas för såväl F_b som F_f enligt tabell 11 och 12 ovan. Om ovanstående metod ger ett värde som är mindre än standardvärdet enligt nedanstående formel, ska standardvärdet användas.

$$\text{Standardvärde } Q_{smax} = 0.25 \cdot F \cdot c_{0,7},$$

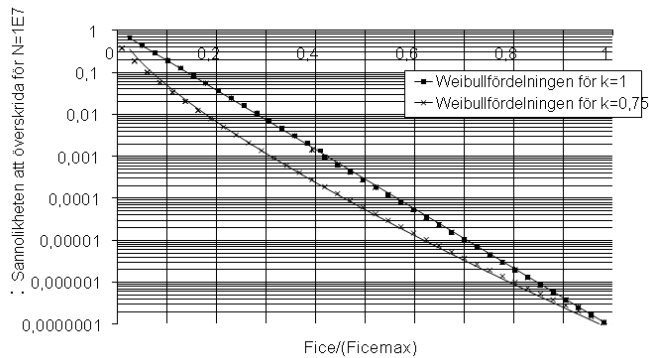
där $c_{0,7}$ är längden på bladsektionen vid radien 0,7R och F är det absoluta värdet av F_b eller F_f , av vilka det största värdet väljs.

Belastningsfördelningar för bladlaster

27 § Weibullfördelningen (sannolikheten för att F_{ice} överskrider F_{icemax}) enligt figur 7 ska användas för dimensionering av bladet mot utmattning.

$$P\left(\frac{F_{ice}}{(F_{ice})_{max}} \geq \frac{F}{(F_{ice})_{max}}\right) = e^{-\left(\frac{F}{(F_{ice})_{max}}\right)^k \cdot \ln(N_{ice})}$$

Formparametern $k = 0,75$ ska användas för iskraftens fördelning på en öppen propeller och formparametern $k = 1,0$ för motsvarande på ett propellerblad i dysa.



Figur 7

Weibullfördelningen som används för utmattningsdimensionering

28 § Antalet belastningscykler per propellerblad i belastningsspektrumet ska bestämmas enligt följande formel:

$$N_{ice} = k_1 k_2 k_3 k_4 N_{class} n$$

där antal belastningar (referens) för isklasser N_{class} framgår av tabell 13:

| Klass | IA Super | IA | IB | IC |
|----------------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| impulser under livstiden/n | $9 \cdot 10^6$ | $6 \cdot 10^6$ | $3.4 \cdot 10^6$ | $2.1 \cdot 10^6$ |

Tabell 13

Propellerns lokaliseringsfaktor k_l

| Mittpropeller | | Dubbel propeller |
|---------------|---|------------------|
| k_l | 1 | 1,35 |

Tabell 14

Propellerns typfaktor k_2

| Typ | öppen | i dysa |
|-------|-------|--------|
| k_2 | 1 | 1,1 |

Tabell 15

Framdrivningssystemets typfaktor k_3

| typ | fast | vridbar truster |
|-------|------|-----------------|
| k_3 | 1 | 1,2 |

Tabell 16

Nedsänkingsfaktorn k_4 bestäms ur ekvationen

$$\begin{aligned}
 k_4 &= 0.8 - f && \text{för } f < 0 \\
 &= 0.8 - 0.4 \cdot f && \text{för } 0 \leq f \leq 1 \\
 &= 0.6 - 0.2 \cdot f && \text{för } 1 < f \leq 2.5 \\
 &= 0.1 && \text{för } f > 2.5
 \end{aligned}$$

där nedsänkingsfunktionen f är:

$$f = \frac{h_o - H_{ice}}{D/2} - 1$$

För komponenter som är utsatta för belastning till följd av växelverkan mellan propeller och is med samtliga propellerblad ska antalet belastningscykler (N_{ice}) multipliceras med antalet propellerblad (Z).

Axiella beräkningslaster för öppna propellrar och dyspropellrar

29 § De maximala istrycken framåt och bakåt på propellern beräknas enligt följande formel:

$$T_f = 1.1 \cdot F_f \text{ [kN]}$$

$$T_b = 1.1 \cdot F_b \text{ [kN]}$$

30 § Det dimensionerande trycket längs propellerns axellinje beräknas enligt nedanstående formel. Det största värdet av belastningen i framåt- och bakåtriktning ska användas som beräkningslast för båda riktningarna. Faktorerna 2,2 och 1,5 tar hänsyn till den dynamiska ökning som beror på axiell vibration.

I riktning framåt

$$T_r = T + 2.2 \cdot T_f \text{ [kN]}$$

I riktning bakåt

$$T_r = 1.5 \cdot T_b \text{ [kN]}$$

Om den hydrodynamiska bollard pull-kraften T inte är känd, används T från tabell 17:

| <i>Propellertyp</i> | <i>T</i> |
|--|------------|
| CP-propellrar (öppna) | 1,25 T_n |
| CP-propellrar (dysa) | 1,1 T_n |
| FP-propellrar drivna av turbin eller elektrisk motor | T_n |
| FP-propellrar drivna av dieselmotor (öppna) | 0,85 T_n |
| FP-propellrar drivna av dieselmotor (dysa) | 0,75 T_n |

Tabell 17

T_n är det nominella propellertrycket vid MCR i öppet vatten.

Beräkningslaster för torsion

31 § Q_{max} för öppna propellrar beräknas enligt följande formel:

$$Q_{max} = 10.9 \cdot \left[1 - \frac{d}{D} \right] \cdot \left[\frac{P_{0.7}}{D} \right]^{0.16} \cdot (nD)^{0.17} \cdot D^3 \text{ [kNm]}$$

när $D \leq D_{limit}$,

$$Q_{max} = 20.7 \cdot \left[1 - \frac{d}{D} \right] \cdot \left[\frac{P_{0.7}}{D} \right]^{0.16} \cdot (nD)^{0.17} \cdot D^{1.9} \cdot H_{ice}^{1.1} \text{ [kNm]}$$

när $D > D_{limit}$,

där

$$D_{limit} = 1.8 \cdot H_{ice} \text{ [m]}$$

n är propellerns rotationshastighet i bollard pull-kondition. Om n inte är känt ska det bestämmas enligt tabell 18:

| Propellertyp | rotationshastighet n |
|--|------------------------|
| CP-propellrar | n_n |
| FP-propellrar drivna av turbin eller elektrisk motor | n_n |
| FP-propellrar drivna av dieselmotor | $0,85 n_n$ |

Tabell 18

n_n är den nominella rotationshastigheten vid MCR i öppet vatten.

För CP-propellrar ska propellerstigningen $P_{0,7}$ motsvara MCR i bollard pull-kondition. Om den inte är känd, ska $P_{0,7}$ beräknas som $0,7 \cdot P_{0,7n}$, där $P_{0,7n}$ är propellerstigningen vid MCR i öppet vatten.

32 § Q_{max} för dyspropellrar beräknas enligt följande formel:

$$Q_{max} = 7.7 \cdot \left[1 - \frac{d}{D} \right] \cdot \left[\frac{P_{0.7}}{D} \right]^{0.16} \cdot (nD)^{0.17} \cdot D^3 \text{ [kNm] när}$$

$$D \leq D_{limit} ,$$

$$Q_{max} = 14.6 \cdot \left[1 - \frac{d}{D} \right] \cdot \left[\frac{P_{0.7}}{D} \right]^{0.16} \cdot (nD)^{0.17} \cdot D^{1.9} \cdot H_{ice}^{1.1} \text{ [kNm] när}$$

$$D > D_{limit} ,$$

där

$$D_{limit} = 1.8 \cdot H_{ice} \text{ [m]}$$

n är propellerns rotationshastighet i bollard pull-kondition. Om n inte är känt ska det bestämmas enligt tabell 19:

| Propellertyp | Rotationshastighet n |
|--|------------------------|
| CP-propellrar | n_n |
| FP-propellrar drivna av turbin eller elektrisk motor | n_n |
| FP-propellrar drivna av dieselmotor | $0,85 n_n$ |

Tabell 19

n_n är den nominella rotationshastigheten vid MCR i öppet vatten.

För CP-propellrar ska propellerstigningen $P_{0,7}$ motsvara MCR i bollard pull-kondition. Om den inte är känd, ska $P_{0,7}$ beräknas som $0,7 \cdot P_{0,7n}$, där $P_{0,7n}$ är propellerstigningen vid MCR i öppet vatten.

33 § Beräkningen av isvridmoment på propellern för analys av transienta torsionvibrationer i axellinjen framgår av tabell 20.

Det resulterande vridmomentet från ett enstaka blads impuls som funktion av propellerns rotationsvinkel beräknas enligt följande formel:

$$Q(\varphi) = C_q \cdot Q_{\max} \cdot \sin(\varphi(180/\alpha_i)), \text{ när } \varphi = 0 \dots \alpha_i$$

$$Q(\varphi) = 0, \text{ när } \varphi = \alpha_i \dots 360$$

där parametrarna C_q och α_i ges av tabell 20. α_i är varaktigheten av växelverkan mellan propellerblad och is uttryckt som propellerns rotationsvinkel enligt figur 8.

| Vridmoments alstring | Växelverkan mellan propellerblad och is | C_q | α_i |
|----------------------|---|-------|------------|
| Fall 1 | Ett isblock | 0,75 | 90 |
| Fall 2 | Ett isblock | 1,0 | 135 |
| Fall 3 | Två isblock (fasskift 360/2/Z) | 0,5 | 45 |

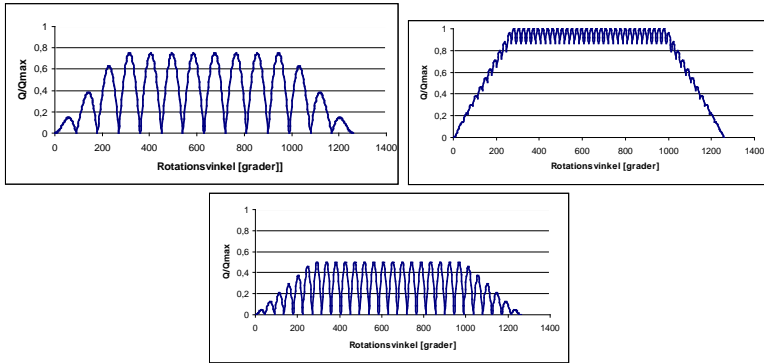
Tabell 20

Det totala isvridmomentet beräknas genom summering av vridmomenten för enskilda blad med hänsyn tagen till fasskiftet 360 Z. Dessutom ska en linjär rampfunktion för 270° rotationsvinkel användas i början och slutet av ismalningssekvensen.

Antalet propellervarv under en ismalningssekvens beräknas enligt formeln:

$$N_Q = 2 \cdot H_{ice}$$

Antalet impulser är $Z \cdot N_Q$ för bladens excitationsordning.



Figur 8

Formen på uppbyggnaden av propellerns isvridmoment för 90° och 135° enkelblads impulssekvenser och 45° dubbelblads impulssekvenser. (Figurerna visar propellrar med fyra blad.)

34 § Om det saknas relevant första ordningens torsionsresonans för bladen inom det rotationshastighetsområde som konstruktionen avser, utökat med rotationshastighet 20 % över den maximala och 20 % under den minimala driftshastigheten, kan följande uppskattning av det maximala vridmomentet användas.

$$Q_r = Q_{e\max} + Q_{\max} \cdot \frac{I}{I_t} \quad [\text{kNm}]$$

Samtliga vridmoment och tröghetsmoment ska reduceras till rotationshastigheten hos den komponent som studeras.

Om det maximala vridmomentet $Q_{e\max}$ inte är känt, ska det hämtas ur tabell 21:

| Propellertyp | $Q_{e\max}$ |
|--|-------------|
| Propellrar drivna av elektrisk motor | Q_{motor} |
| CP-propellrar ej drivna av elektrisk motor | Q_n |
| FP-propellrar drivna av turbin | Q_n |
| FP-propellrar drivna av dieselmotor | $0,75 Q_n$ |

Tabell 21

Om det finns en relevant första ordningens torsionsresonans för bladen inom det rotationshastighetsområde som konstruktionen avser, utökat med 20 % över den maximala och 20 % under den minimala rotationshastigheten, ska det dimensionerande vridmomentet (Q_r) för axelkomponenter bestämmas med hjälp av torsionsanalys längs drivlinan.

Belastning vid bladhaveri

35 § Brottsbelastningen vid ett bladhaveri som beror på plastisk böjning kring bladets rot ska beräknas enligt följande formel. Brottlasten verkar på bladet vid radien $0,8R$ i bladets svagaste riktning. För beräkning av spindelns högsta vridmoment ska spindelarmen tas som $2/3$ av det största av avstånden mellan bladets vridningsaxel och bladets framkant eller bakkant vid radien $0,8R$.

$$F_{ex} = \frac{300 \cdot c \cdot t^2 \cdot \sigma_{ref}}{0,8 \cdot D - 2 \cdot r} \text{ [kN]}$$

där

$$\sigma_{ref} = 0,6 \cdot \sigma_{0,2} + 0,4 \cdot \sigma_u$$

Propellerkonstruktion

36 § För att undvika att förlust av ett propellerblad medför betydande skada på andra komponenter i propellerns axellina ska hållfastheten på drivlinan dimensioneras enligt pyramidprincipen.

37 § För de dimensionerade beräkningslasterna ska påkänningar på propellerbladen beräknas. Beräkningen ska ske genom en finit elementanalys av spänningarna i bladen.

För att fastställa bladspänningarna för alla propellrar i rotområdet ($r/R < 0,5$) kan följande förenklade formel användas. Rotområdets dimensioner baserade på formeln kan, efter särskilt beslut av Transportstyrelsen, godkännas även om FEM-analysen skulle visa större spänningar i rotområdet.

$$\sigma_{st} = C_I \frac{M_{BL}}{100 \cdot ct^2} \text{ [MPa]},$$

där

konstanten C_I är $\frac{\text{faktisk spänning}}{\text{spänning genom balkekvationen}}$. Om det faktiska värdet inte finns tillgängligt ska C_I sättas till 1,6.

$$M_{BL} = (0,75 - r/R) \cdot R \cdot F \text{ för relativa radien } r/R < 0,5,$$

där F är maximum av den största av F_b och F_f .

38 § För de beräknade bladspänningarna ska följande kriterium vara uppfyllt:

$$\frac{\sigma_{ref\ 2}}{\sigma_{st}} \geq 1,5,$$

där σ_{st} är den kalkylerade spänningen för beräkningslasterna. Om finita elementanalysen används för bestämning av spänningarna ska von Mises spänningar användas.

39 § Dimensioneringen för utmattning av propellerbladet ska baseras på en antagen belastningsfördelning under fartygets livstid och SN-kurvan för bladmaterialet. En ekvivalent spänning som orsakar samma utmattningsskador som den förväntade belastningsfördelningen ska beräknas och acceptanskriteriet för utmattning ska vara uppfyllt. Den ekvivalenta spänningen är normaliserad för 100 miljoner cykler.

Om följande kriterium är uppfyllt, krävs inte utmattningsberäkningar enligt detta kapitel.

$$\sigma_{exp} \geq B_1 \cdot \sigma_{ref\ 2}^{B_2} \cdot \log(N_{ice})^{B_3},$$

där koefficienterna B_1 , B_2 och B_3 för öppna propellrar och dyspropellrar är angivna i tabell 22:

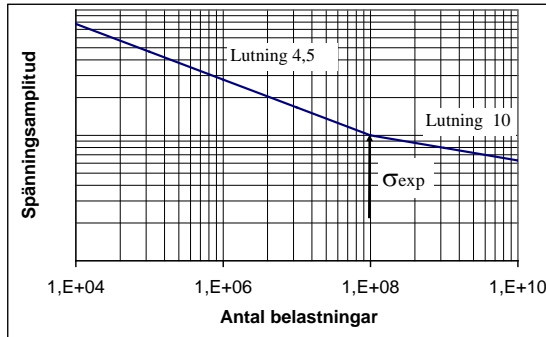
| | Öppen propeller | Dyspropeller |
|-------|-----------------|--------------|
| B_1 | 0,00270 | 0,00184 |
| B_2 | 1,007 | 1,007 |
| B_3 | 2,101 | 2,470 |

Tabell 22

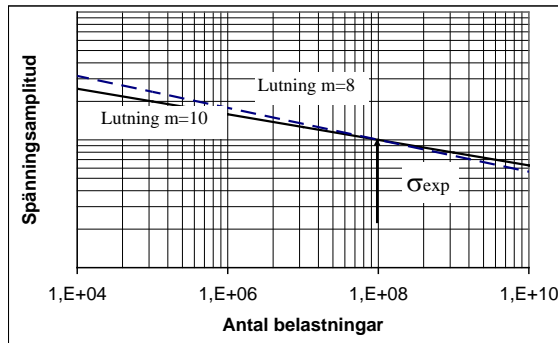
40 § För beräkning av ekvivalent spänning finns det två typer av SN-kurvor.

1. SN-kurva med dubbla lutningar (lutning 4,5 och 10), se figur 9.
2. SN-kurva med konstant lutning (lutning kan väljas), se figur 10.

Typen av SN-kurva ska väljas så att den motsvarar bladets material-egenskaper. Om SN-kurvan inte är känd ska SN-kurvan med dubbla lutningar användas.



Figur 9
SN-kurva med dubbla lutningar



Figur 10
SN-kurva med konstant lutning

41 § Den ekvivalenta utmattningsspänning för 100 miljoner spänningscykler som ger upphov till samma utmattningsskada som belastningsfördelningen beräknas enligt följande formel:

$$\sigma_{fat} = \rho \cdot (\sigma_{ice})_{max},$$

där

$$(\sigma_{ice})_{max} = 0,5 \cdot ((\sigma_{ice})_{fmax} - (\sigma_{ice})_{bmax})$$

Vid beräkning av $(\sigma_{ice})_{max}$ betraktas fall 1 och fall 3 som ett par (alternativt fall 2 och fall 4) för beräkningarna av $(\sigma_{ice})_{fmax}$ och $(\sigma_{ice})_{bmax}$. Fall 5 ingår inte i utmattningsanalysen.

Beräkning av ρ -parametern för SN-kurva med dubbla lutningar

Parametern ρ relaterar den maximala isbelastningen till fördelningen av islaster enligt regressionsformeln.

$$\rho = C_1 \cdot (\sigma_{ice})_{\max}^{C_2} \cdot \sigma_{fl}^{C_3} \cdot \log(N_{ice})^{C_4},$$

där

$$\sigma_{fl} = \gamma_\varepsilon \cdot \gamma_v \cdot \gamma_m \cdot \sigma_{\text{exp}}$$

där följande värden ska användas för reduktionsfaktorerna om faktiska värden inte finns tillgängliga: $\gamma_\varepsilon = 0,67$, $\gamma_v = 0,75$ och $\gamma_m = 0,75$.

Koefficienterna C_1 , C_2 , C_3 och C_4 finns i tabell 23.

| | Öppen propeller | Dyspropeller |
|-------|-----------------|--------------|
| C_1 | 0,000711 | 0,000509 |
| C_2 | 0,0645 | 0,0533 |
| C_3 | -0,0565 | -0,0459 |
| C_4 | 2,22 | 2,584 |

Tabell 23

42 § För material som har en SN-kurva med konstant lutning ska ρ -parametern beräknas enligt följande formel:

$$\rho = \left(G \frac{N_{ice}}{N_R} \right)^{1/m} (\ln(N_{ice}))^{-1/k},$$

där $k = 1,0$ för dyspropellar och $k = 0,75$ för öppna propellar.

Värden för G -parametern finns i tabell 24. Linjär interpolation kan användas för beräkning av G -värden för andra förhållanden $\frac{m}{k}$ än de som finns i tabell 24.

Värden för parametern G för olika förhållanden m/k

| $\frac{m}{k}$ | G | $\frac{m}{k}$ | G | $\frac{m}{k}$ | G |
|---------------|------|---------------|-------|---------------|---------|
| 3 | 6 | 5,5 | 287,9 | 8 | 40320 |
| 3,5 | 11,6 | 6 | 720 | 8,5 | 119292 |
| 4 | 24 | 6,5 | 1871 | 9 | 362880 |
| 4,5 | 52,3 | 7 | 5040 | 9,5 | 1,133E6 |
| 5 | 120 | 7,5 | 14034 | 10 | 3,623E6 |

Tabell 24

43 § Den ekvivalenta utmattningsspänningen på samtliga punkter på bladet ska uppfylla följande acceptanskriterium:

$$\frac{\sigma_{fl}}{\sigma_{fat}} \geq 1,5,$$

där

$$\sigma_{fl} = \gamma_{\varepsilon} \cdot \gamma_v \cdot \gamma_m \cdot \sigma_{exp},$$

där följande värden ska användas för reduktionsfaktorerna om faktiska värden inte finns tillgängliga: $\gamma_{\varepsilon} = 0,67$, $\gamma_v = 0,75$ och $\gamma_m = 0,75$.

44 § Bladbultarna, CP-mekanismen, propellernavet och infästningen av propellern vid propelleraxeln ska konstrueras för att motstå de maximala beräkningslasterna och utmattningsspänningarna. Säkerhetsfaktorn för töjning ska vara större än 1,3 och mot utmattning större än 1,5. Dessutom ska säkerhetsfaktorn mot elastisk deformation vid belastning till följd av förlust av propellerblad genom plastisk böjning vara större än 1,0.

45 § Axlar och axelkomponenter ska konstrueras för att motstå växelverkanskrafterna mellan propeller och is. Säkerhetsfaktorn ska vara minst 1,3.

46 § Axlar och axelkomponenter ska konstrueras så att brottlasten vid ett totalt bladhaveri inte orsakar bestående töjning. Belastningen ska utgöras av summan av de axiella lasterna, böj- och torsionslasterna. Säkerhetsfaktorn för böj- och torsionsspänningar mot töjning ska vara minst 1,0.

Vridbara huvudtrustrar

47 § Vid beräkning av belastningsfall för vridbara huvudtrustrar ska funktionen hos fartyget och trustrarna beaktas. Belastningar som orsakas av stötar från isblock mot navet på en dragande propeller och påkänningar från trustrar som arbetar i sned vinkel mot flödet ska beräknas..

Styrmekanismen, infästningen av enheten och trusterhuset ska konstrueras så att förlust av ett propellerblad inte leder till att dessa skadas. Den orientering på propellerbladet som orsakar den högsta belastningen på komponenten i fråga ska definieras. Vertikal bladorientering ger de maximala böjlasterna på trusterhuset.

Trusterhus

48 § Trusterhus ska vara konstruerade för att tåla

1. de belastningar som uppstår när det maximala isblocket träffar trusterhuset då fartyget håller en hastighet av minst 8 knop vid gång i is och
2. de belastningar som uppstår då ett isflak glider längs fartygsskrovet och pressas mot trusterhuset.

Den maximala storleken på isblocket/isflak beräknas enligt 16 §.

Konstruktion av framdrivningssystemet

49 § Framdrivningssystemet ska vara konstruerat så att hela det dynamiska systemet är fritt från skadliga torsions- och böjresonanser samt axiella resonanser vid en första ordningens bladfrekvens inom det avsedda rotationshastighetsområdet, utökat med 20 % över och under högsta respektive lägsta rotationshastighet under drift. Om detta villkor inte kan uppfyllas, ska en detaljerad torsions- och vibrationsanalys genomföras som påvisar att acceptabel hållfasthet hos komponenterna kan uppnås.

7 kap. Diverse maskinerikrav

Startarrangemang

1 § Luftbehållarnas kapacitet ska vara tillräcklig för att utan påfyllning leverera luft till minst 12 på varandra följande starter av framdrivningsmaskineriet om detta måste reverseras för back, eller 6 på varandra följande starter om framdrivningsmaskineriet inte behöver reverseras för back.

2 § Om luftbehållarna tjänar andra ändamål än start av framdrivningsmaskineriet, ska de ha tillräcklig tilläggskapacitet för dessa ändamål.

3 § Luftkompressorernas kapacitet ska vara tillräcklig för att ladda luftbehållarna från atmosfäriskt till fullt tryck inom en timme. Om framdriv-

ningsmaskineri för ett fartyg med isklass IA Super måste reverseras för back, ska kompressorerna kunna ladda behållarna inom 30 minuter.

Sjövattenintag och kylvattensystem

4 § Kylvattensystemet ska vara konstruerat så att tillgången på kylvatten är säkrad då fartyget går i is.

För detta ändamål ska åtminstone en bottenbrunn för intag av kylvatten vara arrangerad på följande sätt:

1. Kylvattenintag ska vara placerat nära fartygets centerlinje och, om möjligt, långt akterut.
2. Som riktvärde för konstruktionen ska bottenbrunnens volym vara omkring en kubikmeter för varje 750 kW maskineffekt för fartyget, inberäknat effekten av de hjälpmaskiner som är nödvändiga för fartygets drift.
3. Brunnen ska vara tillräckligt hög för att tillåta att isen samlas ovanför inloppsröret.
4. Ett avloppsrör för kylvatten, vilket tillåter avlopp av hela kylvattenkapaciteten, ska anslutas till brunnen.
5. Bottensilens hålarea ska inte vara mindre än 4 gånger tvärsnittsarean av inloppsröret.

5 § Om det är svårt att möta kraven i 4 § 2–3, kan två mindre brunnar arrangeras för alternerande intag och utsläpp av kylvatten. Arrangemanget i övrigt ska vara enligt 4 §.

Allmänna råd

Om värmeslingor installeras bör dessa placeras i brunnens nedre eller övre del. Anordning där barlastvatten används till kylning får i reservsyfte nyttjas i barlastkondition.

Ikraftträdande- och övergångsbestämmelser

1. Denna författning träder i kraft den 1 januari 2010.
2. För fartyg byggda före den 1 september 2003 och som innehar isklass 1A Super och 1A gäller bestämmelserna i Sjöfartsverkets kungörelse (1986:14) med föreskrifter om finsk-svensk isklass avseende maskineffekt längst till den 1 januari det år det löpt 20 år sedan fartyget levererades.
3. Sjöfartsverkets beslut som gäller då denna författning träder i kraft gäller även efter ikraftträdandet av denna författning. Sådana beslut ska anses ha meddelats av Transportstyrelsen och gäller till dess Transportstyrelsen meddelar ett nytt beslut eller giltighetstiden för beslutet går ut.

4. Om det i en föreskrift som har beslutats av Sjöfartsverket hänvisas till Sjöfartsverkets föreskrifter och allmänna råd (SJÖFS 2003:4) om finsk-svensk isklass ska denna hänvisning istället avse dessa föreskrifter.

På Transportstyrelsens vägnar

STAFFAN WIDLERT

Stefan Eriksson
(Sjöfartsavdelningen)

Bilaga 1 – Underlag för kontrollberäkning av effektkrav

För att möjliggöra kontrollberäkning av effektkraven visar tabell 1 nedan ingångsdata för ett antal typfartyg.

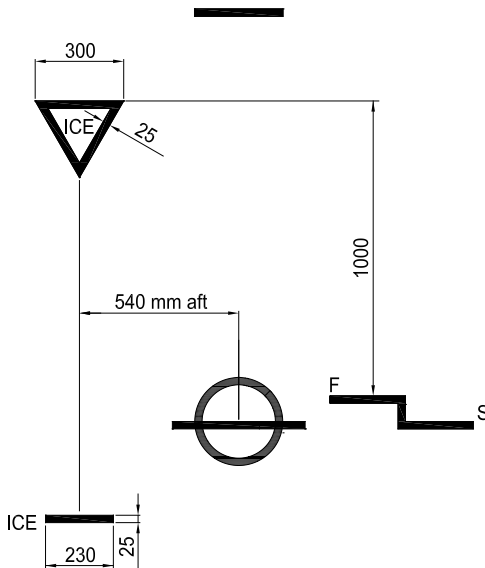
| | | Exempel nr. | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 | #6 | #7 | #8 | #9 |
| Isklass | | IAS | IA | IB | IC | IAS | IAS | IA | IA | IB |
| α | [°] | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 36 | 20 | 24 |
| φ_1 | [°] | 90 | 90 | 90 | 90 | 30 | 90 | 30 | 30 | 90 |
| φ_2 | [°] | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| L | [m] | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| B | [m] | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 22 | 25 | 25 | 25 |
| T | [m] | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| L _{BOW} | [m] | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| L _{PAR} | [m] | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| A _{wf} | [m ²] | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| D _P | [m] | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Antal propellrar/ typ | | 1/CP | 1/CP | 1/CP | 1/CP | 1/CP | 1/CP | 1/CP | 1/CP | 1/FP |
| Nytt fartyg | [kW] | 7838 | 4939 | 3477 | 2252 | 6797 | 6404 | 5342 | 5017 | 3870 |
| Fartyg byggda före 1 september 2003 | [kW] | 9198 | 6614 | | | 8469 | 7645 | 6614 | 6614 | |
| (beräknade enligt 3 kap. 6 §) | | | | | | | | | | |

Tabell 1

Bilaga 2 – Fribordsmärke för isklass

Om det enligt 2 kap. 4 § krävs att det på varje fartygssida ska finnas ett fribordsmärke med tillhörande varningstriangel för isklass, ska det utformas enligt figur 1 nedan.

Varningstriangeln är till för att visa att fartyget har en djupgående-begränsning vid gång i is. Denna information är viktig för befäl på isbrytare och inspektörer i hamn.



Figur 1

Kommentarer till figur 1

1. Övre kanten av varningstriangeln är placerad vertikalt ovanför 'ICE'-märket, 1000 mm över sommarfribordet i färskvatten. Varningstriangeln behöver dock inte placeras över däckslinjen. Triangelns sidor är 300 mm.
2. Fribordsmärket för isklass ska placeras 540 mm akter om centrum av fribordsmärket. Om fartyget är försett med fribordsmärke för trälast ska 'ICE'-märket placeras 540 mm akter om trälastmärkets vertikala markering.

Markeringarna ska utföras i 5–8 mm plåt och svetsas på fartygssidan.

Markeringarna ska målas röda eller gula i reflekterande färg för att märkena ska vara väl synliga även under isförhållanden.