

Innehållsförteckning

| | | |
|-------|--|----|
| 2. | Lastförutsättningar..... | 3 |
| 20. | Allmänt..... | 3 |
| 20.1 | Giltighetsområde och medgällande dokument..... | 3 |
| 20.2 | Förkortningar | 3 |
| 20.3 | Definitioner..... | 3 |
| 20.4 | Förutsättningar | 3 |
| 21. | Laster..... | 4 |
| 21.1 | Permanent laster..... | 4 |
| 21.11 | Egentyngd | 4 |
| 21.12 | Beläggning och överfyllnad | 4 |
| 21.13 | Jordtryck..... | 5 |
| 21.14 | Vattentryck..... | 7 |
| 21.15 | Stödförskjutning..... | 7 |
| 21.16 | Betongens krympning | 8 |
| 21.17 | Spännkraft | 8 |
| 21.18 | Påhängslast på påle | 9 |
| 21.2 | Variabla laster | 9 |
| 21.21 | Allmänt..... | 9 |
| 21.22 | Trafiklast | 10 |
| 21.23 | Ökat jordtryck orsakat av konstruktionsdels rörelse mot jord | 19 |
| 21.24 | Lagerfriktion | 20 |
| 21.25 | Snölast..... | 20 |
| 21.26 | Temperaturändring..... | 21 |
| 21.27 | Vindlast | 26 |
| 21.28 | Is- och strömtryck | 27 |
| 21.29 | Speciella laster | 28 |
| 21.3 | Olyckslaster..... | 29 |
| 21.31 | Påkörningskraft av fordon..... | 29 |
| 21.32 | Påseglingskraft av fartyg..... | 30 |
| 21.33 | Brott i kabel till snedkabelbro | 30 |
| 21.34 | Avslagen hängare/avslaget hängstag..... | 31 |
| 21.35 | Avslagen påle | 31 |
| 21.36 | Ofrivillig uppkörning på gångbana och annan broyta..... | 31 |
| 21.37 | Brott i kabel i spännbetongbro | 31 |
| 22. | Lastkombinationer..... | 32 |
| 22.1 | Allmänt | 32 |

| | | |
|--|----------------------------|----|
| 22.2 | Lastkombinationer | 32 |
| 22.21 | Lastkombination I..... | 32 |
| 22.22 | Lastkombination II | 32 |
| 22.23 | Lastkombination III | 32 |
| 22.24 | Lastkombination IV | 32 |
| 22.25 | Lastkombination V | 33 |
| 22.26 | Lastkombination VI..... | 33 |
| 22.27 | Lastkombination VII | 33 |
| 22.28 | Lastkombination VIII | 33 |
| 22.29 | Lastkombination IX..... | 34 |
| Bilaga 2-1 Transporter på broar under byggnadstiden..... | | 36 |

2. Lastförutsättningar

20. Allmänt

20.1 Giltighetsområde och medgällande dokument

Giltighetsområde och medgällande dokument redovisas i avsnitt 10.1 och 10.2.

20.2 Förkortningar

En förteckning över förkortningar redovisas i kapitel 18.

20.3 Definitioner

Definitioner redovisas i avsnitt 10.5.

20.4 Förutsättningar

Antaganden och förutsättningar som anges i denna del ska gälla vid beräkning av broar och andra byggnadsverk enligt 10.51.

Uppdelningen i permanenta laster, variabla laster och olyckslaster bygger på den dimensioneringsfilosofi som är definierad i VKR, avsnitt 2. De nominella laster som anges i kapitel 21 är generellt att betrakta som så kallade karakteristiska laster.

Valda beteckningar överensstämmer i princip med de som definierats i VKR.

Vid beräkning av konstruktionsdelar som inte tillverkas i sitt slutliga läge ska lasteffekter som kan uppkomma vid lagring, transport, lyftning och montering beaktas.

I bilaga 2-1 redovisas de lastförutsättningar som ska användas vid beräkningar avseende framförande av fordon på broar under byggnadstiden.

21. Laster

21.1 Permanenta laster

21.11 Egentyngd

Med egentyngd avses den bärande konstruktionens tyngd inklusive räcken osv. Beläggning och överfyllnad ska inte räknas till egentyngd.

Laster av ställningar och dylikt som påverkar konstruktionen under byggnadsskedet ska beaktas speciellt. Vid beräkning enligt 22.21 och 22.22 ska denna last betraktas som egentyngd.

Vid beräkning av egentyngder ska följande tungheter förutsättas.

| | |
|-------------------------|----------------------|
| Aluminium | 27 kN/m ³ |
| Jord (motfyllning) | enligt tabell 21-1 |
| Normal betong, armerad | 25 kN/m ³ |
| Normal betong, oarmerad | 23 kN/m ³ |
| Stål | 77 kN/m ³ |
| Trä (furu, gran) | 6 kN/m ³ |

Beträffande definition av normal betong, se SS-EN 206-1.

För övriga material anges tunghet i den tekniska beskrivningen.

För jord som inte används till motfyllning kan tungheten bestämmas enligt "Jords hållfasthets- och deformationsegenskaper" (Vägverket).

Vid starkt armerade konstruktioner ska en beräknad tunghet som utgår från inlagd armeringsmängd användas.

21.12 Beläggning och överfyllnad

21.121 För beläggningar godtas att följande tungheter används.

| | |
|-------------------|----------------------|
| Asfaltbetong | 23 kN/m ³ |
| Asfaltmastix | 22 kN/m ³ |
| Betong | 25 kN/m ³ |
| Bärlagergrus | 20 kN/m ³ |
| Epoxi och akrylat | 22 kN/m ³ |
| Gjutasfalt | 24 kN/m ³ |
| Isoleringsmatta | 22 kN/m ³ |

- 21.122 Med överfyllnad avses fyllning på brobanepattan eller pådäcket utöver beläggningen. Då beläggningstyper med en tjocklek som överstiger 0,15 m används, ska den överstigande tjockleken anses vara överfyllnad. För överfyllnaden ska tungheten antas vara 20 kN/m³ om inte annat anges i den tekniska beskrivningen.

21.13 Jordtryck

- 21.131 I redovisningen nedan avses jordtryck mot styva konstruktioner som inte deformeras under inverkan av jordtrycket.

Det jordtryck en konstruktion utsätts för är orsakat av jordens egentyngd.

En ökning av jordtrycket på grund av en konstruktions rörelse mot fyllningen hänförs alltid till det eller de lastfall som verkar på konstruktionen och som ger upphov till denna rörelse. Lastantaganden för detta lastfall och för last på vägbankar anges i 21.23 respektive 21.224.

Jordtrycket ska beräknas med hänsyn till bl.a. jordens egenskaper, grundvattennivåer, den stödjande konstruktionens utformning och styvhet samt rörelsemöjligheter.

De jordkonstanter som fordras för en sådan beräkning bestäms genom en geoteknisk undersökning eller med ledning av tillförlitliga uppgifter om jordmaterialet som erhållits på annat sätt.

- 21.132 För motfyllning av stenmaterial samt lättklinker och cellplast ska tungheter och jordtryckskoefficienter enligt tabell 21-1 användas.

Andra värden kan användas om en utredning visar detta.

Tabell 21-1 Tunghet och jordtryckskoefficienter

| Material | Tunghet kN/m ³ | | Koefficienter för jordtryck | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| | över grundvattenytan | under grundvattenytan | vilojordtryck K _o | aktivt jordtryck K _a | passivt jordtryck K _p |
| Krossad sprängsten | 18 | 11 | 0,34 | 0,17 | 5,83 |
| Förstärkningslagermaterial | 20 | 13 | 0,36 | 0,22 | 4,60 |
| Lättklinker | 5 | 0 | 0,43 | 0,27 | 3,70 |
| Cellplast | 1 | 0 | 0,40 | 0 | - |

Koefficienterna för jordtryck är bestämda med utgångspunkt från inre friktionsvinkeln 45° för krossad sprängsten och 40° för förstärkningslagermaterial.

Jordtryckskoefficienterna för lättklinker avser nordisk lättklinker.

Vilojordtryckskoefficienten för cellplast har bestämts med ett antaget tvärkontraktionstal på 0,30.

- 21.133 Jordtryckets horisontella komponent av jordtryckets intensitet vid horisontal markyta ska beräknas med koefficienter enligt tabell 21-1. Hänsyn ska tas till påverkan av icke horisontal överyta eller icke vertikal yta.
- 21.134 Vid bestämning av jordtrycket mot en uppdelad konstruktion i slänt ska släntens stabilitetsförhållanden beaktas. Vilojordtryck ska anses råda i slänten om den packade fyllningens släntlutning inte är brantare än gränsvärdet enligt tabell 21-2.

Exempelvis kan pelare till plattbroar anses vara en uppdelad konstruktion.

Stödet ska beräknas för skillnaden mellan vilojordtrycken. Detta jordtryck ska anses verka på den uppdelade konstruktionens bredd.

Tabell 21-2 Gränsvärden för släntlutning

| Fyllning | Släntlutning |
|------------|--------------|
| Sprängsten | 1:1,3 |
| Grus | 1:1,7 |

Vid brantare släntlutning än det i tabell 21-2 angivna gränsvärdet ska den uppdelade konstruktionen, om detta ger ogynnsammare inverkan, antas vara påverkad av ett jordtryck motsvarande vilojordtryck mot ovansidan och aktivt jordtryck mot nedsidan. Dessa jordtryck ska anses verka på bredden b , som är det största av följande värden.

$b = 3$ gånger den sammanlagda bredden av den uppdelade konstruktionen

$b =$ summan av pelarbredderna, ökad med halva summan av de fria avstånden mellan de uppdelade konstruktionerna.

Bredden b ska högst ges värde lika med stödets (brobanep Plattans) totala bredd.

I förekommande fall ska eventuell valvbildning i höjddled beaktas på principiellt likartat sätt som ovan.

Det resulterande jordtrycket ska användas för beräkning av stödet och även hela bron.

- 21.135 Oberoende av grundläggningssättet ska fristående landfästen och ramben, inklusive vingmurar och anslutande stödmurar, anses som oeftergivliga konstruktioner. Detsamma ska gälla ändskärmar samt fristående stödmurar grundlagda på berg.

Med oeftergivlig konstruktion avses en konstruktion med så liten rörelsemöjlighet att jordtrycket i stort sett blir lika med vilojordtrycket.

Med anslutande stödmur avses en stödmur belägen mellan en stödmurs anslutning till bronns vingmur och eventuell dilatationsfog. Den anslutande stödmuren har dock högst en utsträckning av 10 m.

21.14 Vattentryck

Vattentrycket ska beräknas vid medelvattenståndet MW i vattendrag och sjöar eller vid grundvattnets medelnivå.

Vattentrycket är uppdelat i två delar, varav en räknas som permanent last och en som variabel last, se 21.296.

21.15 Stödförskjutning

Broar med stöd, som inte är grundlagda på berg, ska beräknas för den största förväntade stödförskjutningen i såväl vertikal som horisontal led. Stödförskjutning ska antas ske under ett eller flera stöd och ska kombineras så att ogynnsammaste inverkan uppstår. Horisontal och vertikal förskjutning behöver inte kombineras.

I den tekniska beskrivningen anges om stöd grundlagda på berg ska beräknas för stödförskjutning.

För konstruktioner med varierande grundläggningsförhållanden längs bottenplattorna och för konstruktioner med stor utbredning i bronns tvärlid, t.ex. gångtunnlar, ska hänsyn tas till sättning under respektive del av bottenplattan.

Vid uppdelat stöd på separata bottenplattor ska inverkan av ojämn sättning hos pelarna beaktas genom en förutsatt inbördes stödförskjutning.

Horisontal stödförskjutning ska antas vara 10 mm om inte annat anges.

I den tekniska beskrivningen anges förskjutningen om denna överstiger 10 mm.

Det godtas att horisontal stödförskjutning mot bank inte beaktas då stödet består av frontmur etc.

Den vertikala stödförskjutningen i längdled ska bestämmas som sättningskillnaden enligt 32.31.

I den tekniska beskrivningen anges den vertikala stödförskjutningen i tvärled.

21.16 Betongens krympning

Krympningens inverkan på betongen ska beaktas. Vid beräkningen ska utomhusmiljö och 75 % RH förutsättas.

Slutkrympvärdet hämtas ur BBK, avsnitt 2.4.6.

Hänsyn ska tas till olikheter i krympning mellan en konstruktions olika delar, exempelvis då dessa är gjutna vid olika tidpunkter.

Vid längre uppehåll än ett dygn mellan gjutningen av liv och fläns till en betongbalk kan en ojämn krympning motsvarande temperaturskillnaden 10 °C anses uppkomma.

21.17 Spännkraft

21.171 För förespända konstruktioner ska de tidsberoende effekterna redovisas i alla relevanta tidsskeden. Dessutom ska beräkningen av dessa effekter göras med speciella förutsättningar, se bilaga 4-2.

Lastförutsättningarna nedan ska tillämpas för konstruktioner som spänns upp efter att betongen hårdnat.

Förspänningens effekt ska beräknas

- omedelbart efter det att uppspänningsarbetet är avslutat ($t=0$),
- efter kort tid ($t= t_1$) då en del av de tidsberoende effekterna uppnått och då bron antas vara utsatt för trafiklast samt
- efter lång tid ($t= t_2$) då de tidsberoende effekterna uppnått sina slutvärden.

Tiden t_1 kan anses vara ca 30 dagar efter det att uppspänningsarbetet avslutats. Tiden t_2 kan anses vara 100 år efter det att bron tagits i trafik.

Hänsyn ska tas till den elastiska initialdeformationen.

Beräkningsförutsättningar avseende kraftförlust på grund av rörelse vid förankring (kilglidning etc.) i samband med uppspanning redovisas i bilaga 1-3.

21.172 Inverkan av friktion ska bestämmas enligt BBK, avsnitt 2.7.2, med nedanstående ändringar och kompletteringar.

Faktorn 0,01 i exponenten i formel 2.7.2 ska ersättas med k/μ , där k är friktionsförlust per meter på grund av oavsiktlig krokighet hos foderrör.

Friktionsvärdena $\mu = 0,18$ och $k = 0,0022$ ska användas såvida inte speciella utredningar visar annat.

- 21.173 Tidsberoende effekter ska bestämmas enligt BBK, avsnitt 2.7.3, med nedanstående ändringar och kompletteringar.
- Relaxationen ska antas uppgå till värdet x % vid en stål påkänning större än eller lika med $0,70 f_{stu}$ och till 0 % vid påkänningen $0,45 f_{stu}$. För övriga värden på stål påkänningen godtas att relaxationen bestäms genom rätlinjig interpolering.
- Vid tiden $t = t_1$ godtas att 45 % av relaxationen antas ha uppnåtts. Vid tiden $t = t_2$ ska hela relaxationen antas ha uppnåtts.
- För spännarmering av tråd eller lina ska x sättas till 5,5 % och för spännarmering av stänger till 9,0 %.
- Värdet x kan anses motsvara relaxationen efter 100 år.*
- För krympningens slutvärde ska 21.16 tillämpas och för krympningen ska 42.14 tillämpas.
- Vid tiden $t = t_1$ godtas att ingen krympning och 20 % av krympningen förutsätts ha skett.

21.18 Påhängslast på påle

Inverkan av påhängslaster på pålar ska beaktas. Storleken på lasten anges i den tekniska beskrivningen.

Vägledning kan hämtas från "Negativ mantelfriktion längs pålar" (Pålkommissionen).

21.2 Variabla laster

21.21 Allmänt

Med variabla laster avses nedan uppräknade laster, varvid var och en av dessa ska betraktas som en last.

- någon av ekvivalentlasterna enligt 21.2221-21.2225, se dock 22.241
- utmattningslast enligt 21.2226
- ytlast enligt 21.222 B, C eller D
- renhållningsfordon enligt 21.2227
- uttryckningsfordon enligt 21.2228
- typfordon enligt 21.2229
- bromskraft enligt 21.2231
- sidokraft enligt 21.2232

- överlast enligt 21.224
- snölast enligt 21.25
- temperaturändring enligt 21.26
- vindlast enligt 21.27
- is- och strömtryck enligt 21.28
- last på inspektionsbrygga enligt 21.291
- arbetsfordon etc. enligt 21.292
- last från övergångskonstruktion enligt 21.293
- olikformig last enligt 21.294
- last på räcke enligt 21.295
- vattentryck enligt 21.296
- last på lådbotten enligt 21.297
- inverkan av träets fuktrörelser enligt 21.298

Beträffande centrifugalkraft, se 21.2233.

Beträffande ökat jordtryck orsakat av en konstruktionsdels rörelse mot jord, se 21.23.

Beträffande lagerfriktion, se 21.24.

Ovannämnda laster kan vanligen anses beaktade om beräkningen utförs med lastkombinationer enligt kapitel 22.

21.22 Trafiklast

21.221 Med trafiklast avses trafikens inverkan i vertikal och horisontal riktning på körbana, vägren, gångbana, cykelbana och annan broyta.

21.222 Vertikal trafiklast

A. Körbana och vägren

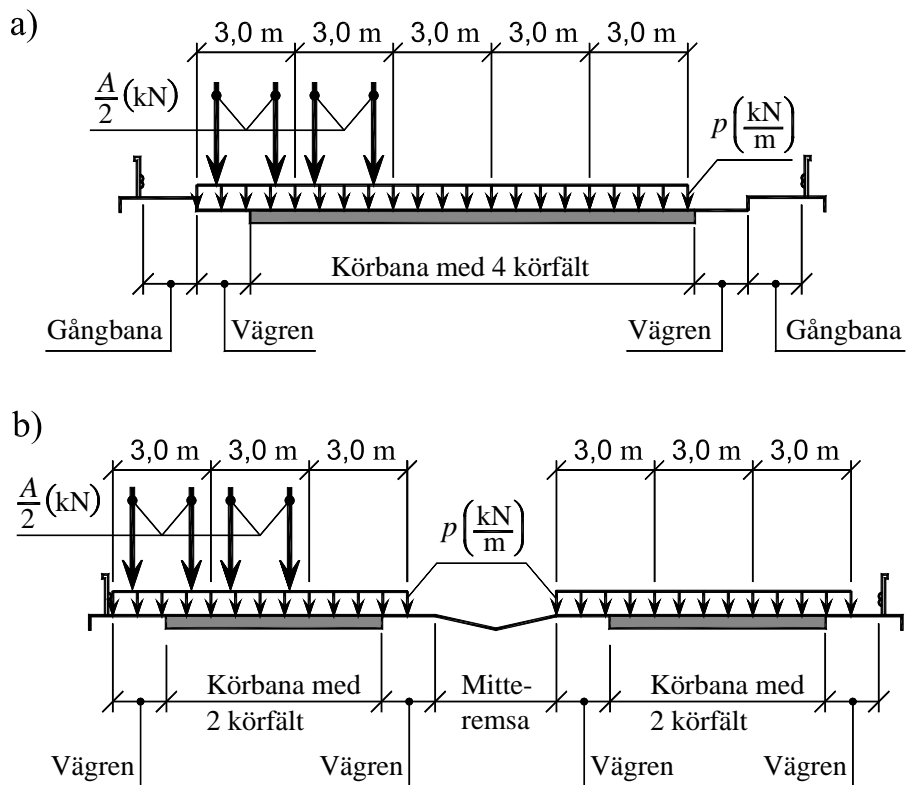
Inverkan av fordon inklusive dynamiska effekter ska beräknas på grundval av nedan angivna fem typer av ekvivalentlast, se 21.2221-21.2225 samt för typfordon enligt 21.2229. Dessutom ska beräkning avseende utmattning göras för lasten enligt 21.2226. Varje konstruktionsdel ska beräknas för den last som ger ogynnsammaste inverkan. Vid beräkning av broar där samtliga spann har en spannvidd som är mindre än 200 m godtas att ekvivalentlast typ 5 inte beaktas.

Ekvivalentlast typ 1, 2 och 5 ska förutsättas belasta ytor som är parallella med körbanans längdriktning, kallade lastfält, vardera med bredden 3,0 m. Beträffande typfordon, se 21.2229.

Lastfältens antal och placering ska väljas så att ogynnsammaste inverkan erhålls. Antalet lastfält är högst lika med det antal lastfält, som ryms

inom det område som är tillgängligt för körtrafik (körbana och vägren), se figur 21-1.

Lastfälten ska placeras på ogynnsammaste sätt i brons tvärriktning inom hela det område som är tillgängligt för trafik, inklusive vägrenar och andra ytor i körbanans plan. De delar av detta område, som faller utanför lastfälten, ges ingen trafiklast. Se dock 21.2223



Figur 21-1 Exempel på placering av lastfält

Lasterna ska placeras i brons längdriktning så att ogynnsammaste inverkan erhålls.

Då beläggningen och överfyllnaden tillsammans har en tjocklek som överstiger 0,30 m godtas att axellasterna sprids både i längs- och tvärled. Lutningen på spridningen ska antas vara 2:1. Beträffande typfordon, se 21.2229.

B. Gång- och cykelbana på vägbro

Gång- och cykelbanor ska beräknas för en ytlast $p = 4$ kN/m². En gång- och cykelbana, som är förlagd i samma plan som anslutande gång- och cykelväg eller som via körbar ramp är ansluten till väg, ska även beräknas för last av renhållningsfordon enligt 21.2227. Vid beräkningen godtas att ytlasten och last av renhållningsfordon inte kombineras.

En gång- och cykelbana, som är eller i framtiden kan komma att bli förlagd i samma plan som körbanan och som inte är avskild med räcke, ska i belastningshänseende betraktas som körbana.

Höjdskillnad mindre än 100 mm kan i detta avseende betraktas som samma plan. I den tekniska beskrivningen anges om gång- och cykelbanan i belastningshänseende ska betraktas som körbana.

C. Annan broyta

En broyta, som inte kan hänföras till körbana, vägren, gångbana eller cykelbana ska beräknas för en ytlast $p = 4 \text{ kN/m}^2$. En broyta som är eller i framtiden kan komma att bli belägen i samma plan som körbanan och som inte är avskild med räcke ska i belastningshänseende betraktas som körbana.

Exempel på annan broyta är mittremsa. I den tekniska beskrivningen anges om annan broyta i belastningshänseende ska betraktas som körbana.

D. Gång- och cykelbro

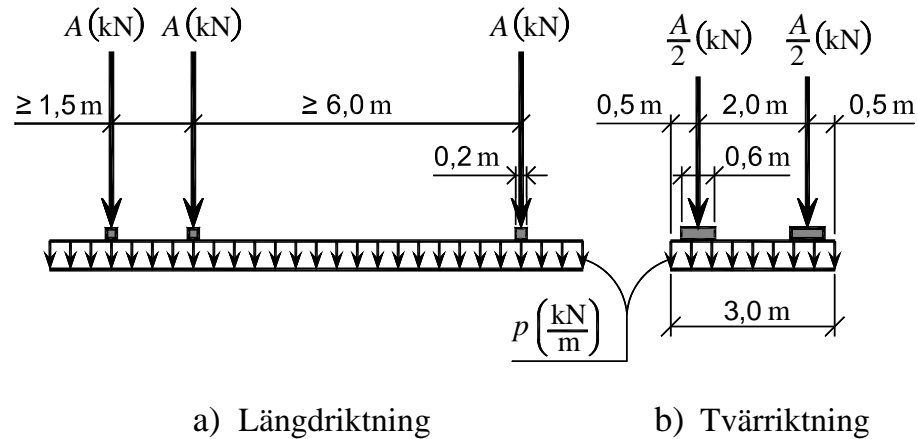
Gång- och cykelbroar ska beräknas för en ytlast $p = 4 \text{ kN/m}^2$. En gång- och cykelbro, som är förlagd i samma plan som en anslutande gång- och cykelväg eller som via en körbar ramp är ansluten till en väg, ska även beräknas för last av renhållningsfordon enligt 21.2227. Vid beräkningen godtas att ytlasten och last av renhållningsfordon inte kombineras.

I den tekniska beskrivningen anges om gång- och cykelbroar ska beräknas för ett utryckningsfordon enligt 21.2228. Vid beräkningen godtas att last av utryckningsfordon inte kombineras med ytlasten eller last av renhållningsfordon.

21.2221 Ekvivalentlast typ 1 består av en jämnt fördelad last, $p \text{ kN/m}$, och en lastgrupp bestående av tre axellaster om $A \text{ kN}$ med axelavstånden $\geq 1,5 \text{ m}$ och $\geq 6,0 \text{ m}$. A är för ett lastfält 250 kN och för det andra 170 kN . Lasten $p \text{ kN/m}$ är jämnt fördelad över lastfältets bredd. p är för ett lastfält 12 kN/m , 9 kN/m i ett lastfält och 6 kN/m i övriga körfält. Ytlasten blir då respektive 4 , 3 och 2 kN/m^2 . För vägar med mittremsa gäller fördelningen i vardera körriktningen.

Axellasten består av två punktlaster om $A/2 \text{ kN}$ med ett centrumavstånd av $2,0 \text{ m}$. Punktlastens lastyta är en rektangel med sidorna $0,2 \text{ m}$ i körbanans längdriktning och $0,6 \text{ m}$ i dess tvärriktning. Punktlasterna är placerade symmetriskt i lastfältet. Se figur 21-2.

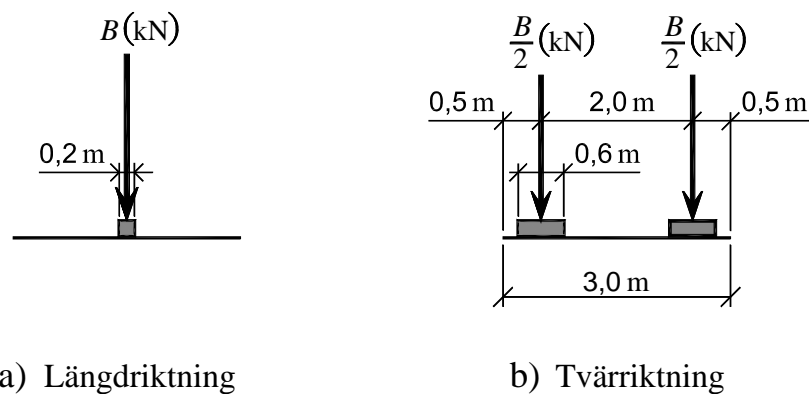
Högst två lastfält belastas med lastgrupper. För broar som trafikeras i mer än ett plan, t.ex. slutna plattrambroar, ska begränsningen gälla för respektive plan.



Figur 21-2 Ekvivalentlast typ 1

21.2222 Ekvivalentlast typ 2 består av en axellast om B kN. Axellasten består av två punktlaster om $B/2$ kN med centrumavståndet 2,0 m. B är för ett lastfält 310 kN och för det andra 210 kN. Punktlastens lastyta är en rektangel med sidorna 0,2 m i körbanans längdriktning och 0,6 m i dess tvärriktning. Punktlasterna är placerade symmetriskt i lastfältet. Se figur 21-3.

Högst två lastfält belastas med lastgrupper. Vid broar som trafikeras i mer än ett plan, t.ex. slutna plattrambroar, ska begränsningen gälla för respektive plan.



Figur 21-3 Ekvivalentlast typ 2

21.2223 Ekvivalentlast typ 3 består av en enstaka punktlast om 155 kN med samma lastyta som för ekvivalentlast typ 2, se 21.2222.

Punktlasten ska placeras godtyckligt i körbanans tvärriktning. Minsta avstånd från lastytans centrum till räcke eller annan begränsning ska sättas till 0,5 m.

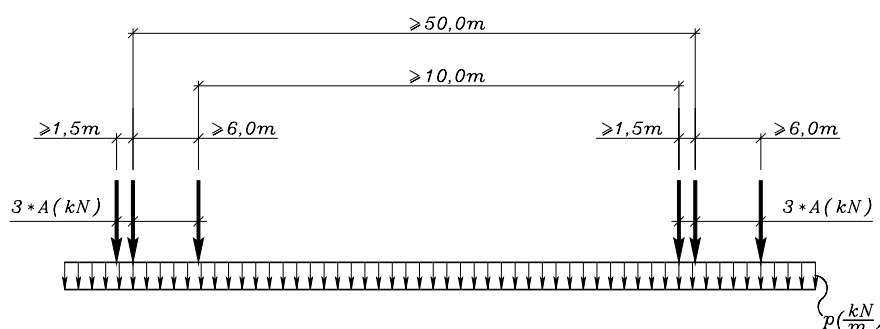
- 21.2224 Ekvivalentlast typ 4 består av en enda lastgrupp enligt 21.2221 med A lika med 325 kN. Lastgruppen ska förutsättas placerad på körbanan med en sidoförskjutning av högst 1,0 m från körbanans centrumlinje.

I detta fall kan fördelningsbredden antas till 4,0 m.

- 21.2225 Ekvivalentlast typ 5 består av en jämnt fördelad last, p kN/m, och två lastgrupper bestående av vardera tre axellaster om A kN med axelavstånden $\geq 1,5$ m och $\geq 6,0$ m. Centrumavståndet mellan lastgrupperna är ≥ 50 m. Avståndet mellan de mittersta axellasterna är ≥ 10 m. Se figur 21-4. A är för ett lastfält 250 kN och för det andra 170 kN. För den jämnt fördelade lasten gäller samma fördelning som för ekvivalentast 1 enligt 21.2221.

Axellasten består av två punktlaster om $A/2$ kN med ett centrumavstånd av 2,0 m. Punktlastens lastyta är en rektangel med sidorna 0,2 m i körbanans längdriktning och 0,6 m i dess tvärriktning. Punktlasterna är placerade symmetriskt i lastfältet. Se figur 21-2.

Högst två lastfält belastas med lastgrupper. För broar som trafikeras i mer än ett plan, t.ex. slutna plattrambroar, ska begränsningen gälla för respektive plan.



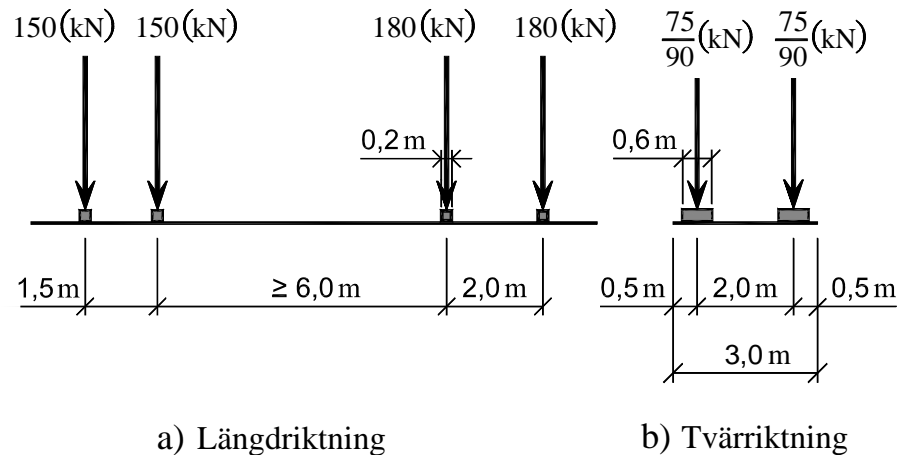
Figur 21-4 Ekvivalentlast typ 5

- 21.2226 Utmattningslasten består av en lastgrupp med två axellaster om 150 kN och två om 180 kN. Axelavstånden är 1,5 m, $\geq 6,0$ m och 2,0 m. Axellasten består av två punktlaster om 75 resp. 90 kN. Centrumavståndet mellan punktlasterna är 2,0 m och lastytan är en rektangel med sidorna 0,2 m i körbanans längdriktning och 0,6 m i dess tvärriktning. Punktlasterna är symmetriskt placerade i lastfältet. Se figur 21-5. Lastgruppen ska placeras så att största spänningsvidd erhålls för betraktad konstruktionsdel. Dynamiska effekter ska anses ingå i axellasterna.

Utmattningslasten ska antas motsvara ett ekvivalent lastkollektiv med kollektivparametern $\kappa = 1$.

Lastcykeltalet anges i den tekniska beskrivningen. För broar på vägar med $\dot{A}DT_i \leq 10\ 000$ ska lastcykeltalet sättas till 10^5 och för övriga broar ska lastcykeltalet sättas till $4 \cdot 10^5$.

Lastcykeltalet kan vanligen sättas lika med spänningscykeltalet.



Figur 21-5 Utmattningslast

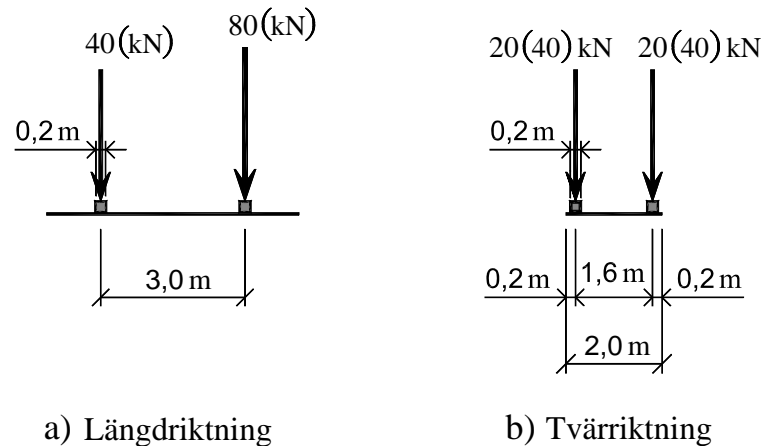
Vid beräkning av öppningsbara broar godtas att lastkollektiv av trafiklast och lastkollektiv av broöppning överlagras enligt Palmgrens delskadehypotes.

För broöppningar ska kollektivparametern $\kappa = 1$ och lastcykeltal lika med 10^5 användas. Ett godtagbart alternativ är att lastkollektiven för broöppning och trafiklast beräknas var för sig, varvid summan av de båda kvoterna mellan aktuell spänningsvidd, σ_{rd} , och dimensionerande spänningsvidd, f_{rd} , får uppgå till högst 1,2.

Övergångskonstruktioner ska beräknas med kollektivparametern $\kappa = 1/3$ och lastcykeltal lika med 10^8 .

21.2227

Renhållningsfordonet består av två axellaster om 40 respektive 80 kN med axelavståndet 3,0 m. Axellasterna består av två punktlaster om 20 resp. 40 kN med ett centrumavstånd av 1,6 m. Punktlastens lastyta är en kvadrat med 0,2 m sida. Bredden på renhållningsfordonet är 2,0 m. Dynamiska effekter ska anses ingå i axellasterna. Se figur 21-6.

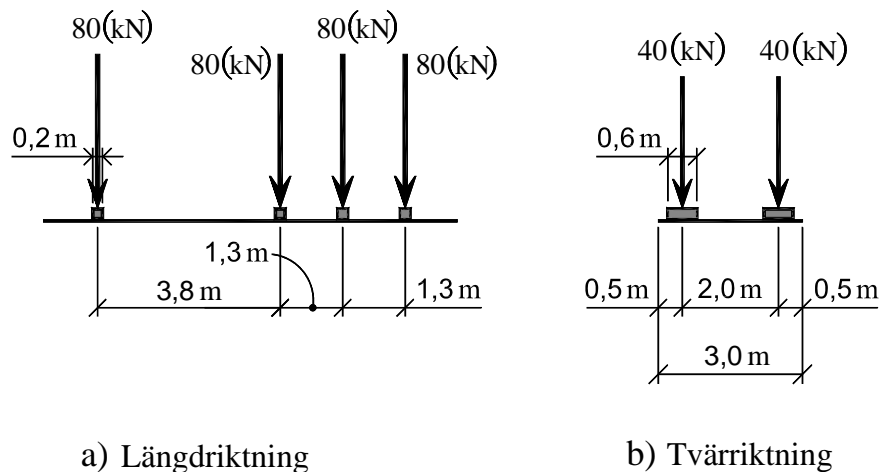


(Värde inom parentes
avser bakaxel)

Figur 21-6 Renhållningsfordon

21.2228

Utryckningsfordonet består av fyra axellaster om 80 kN med axellavståndet 3,8 m, 1,3 m och 1,3 m. Axellasterna består av två punktlaster om 40 kN med ett centrumavstånd av 2,0 m och lastytan är en rektangel med sidorna 0,2 m i körbanans längdriktning och 0,6 m i dess tvärriktning. Dynamiska effekter ska anses ingå i axellasterna. Se figur 21-7.



Figur 21-7 Utryckningsfordon

21.2229

Typfordonen består av typfordon a - 1 enligt 2.3.2.2.1 - 2.3.2.2.3 och 2.3.2.2.6 i "Klassningsberäkning av vägbroar" (Vägverket), varvid A ska sättas till 160 kN och B sättas till 260 kN.

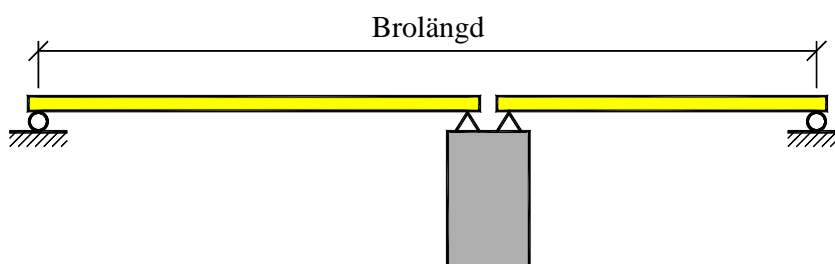
21.223 Bromskraft, sidokraft och centrifugalkraft

21.2231 Inverkan av fordons bromsning och acceleration ska anses motsvara en horisontalkraft (bromskraft) på 200 kN vid brolängd högst 10 m, 500 kN vid brolängden 40 m och 800 kN vid brolängden större än eller lika med 170 m. För mellanliggande värden på brolängden godtas att bromskraften bestäms genom rätlinjig interpolering.

Bromskraften kan anses täcka den samlade inverkan av broms- och accelerationskrafter.

Vid bestämning av bromskraften avses med brolängd avståndet mellan närliggande fogar som inte överför horisontalkraft.

Konstruktionsdel, som kan belastas av bromskraft från två eller flera brodelar, ska beräknas för en total bromskraft på 200 - 800 kN beroende på brolängd. Denna ska bestämmas enligt den princip som visas i figur 21-8. Figuren visar en för två brodelar gemensam pelare med fasta lager. Vid bestämning av bromskraften på pelaren ska brolängden sättas till summan av de enskilda brodelarnas längder.



Figur 21-8 Bestämning av brolängd

Bromskraften ska antas verka i körbanans längdriktning och i nivå med beläggningens överkant.

Bromskraften kan anses jämnt fördelad på hela brobredden.

Vid beräkning av sådan konstruktionsdel som förutsätts belastad av endast en axellast ska bromskraften antas vara 200 kN och uppdelad i två delkrafter om 100 kN med centrumavståndet 2,0 m. Samma fördelning i sidled ska tillämpas som för punktlaster enligt 21.2222.

Gång- och cykelbroar ska beräknas för bromskrafter som uppgår till 0,5 gånger tyngden av belastande renhållnings- eller utryckningsfordon. Gång- och cykelbroar, som inte beräknas för inverkan av sådana fordon, ska beräknas för en horisontalkraft av 10 kN i brons längdriktning som angriper i beläggningens överkant.

Ovan nämnda krafter kan anses jämnt fördelade över gång- och cykelbrons hela bredd.

Då beläggningen och överfyllnaden tillsammans har en tjocklek som överstiger 0,5 m godtas att inverkan av bromskraften minskas. Vid tjockleken 3,0 m godtas att inverkan av bromskraften sätts till noll. För tjocklek mellan 0,5 och 3,0 m godtas att bromskraften bestäms genom rätlinjig interpolering.

- 21.2232 Inverkan av sned eller osymmetrisk bromsning av fordon, sidostöt m.m. ska anses motsvara en godtyckligt placerad horisontalkraft (sidokraft) lika med 25 % av bromskraften enligt 21.2231.

Sidokraften ska antas verka vinkelrät mot körbanans längdriktning och i nivå med beläggningens överkant.

- 21.2233 Inverkan av centrifugalkraft från fordon motsvarar en horisontalkraft F . Denna ska bestämmas som

$$F = \frac{40}{R} V \quad (\text{kN})$$

dock högst $0,2 \cdot V$ (kN)

R horisontalkurvans radie (m)

V vertikallast av trafiklast (kN).

Centrifugalkraften ska hänföras till det lastfall som ger upphov till denna.

Centrifugalkraften kan förutsättas verka i nivå med beläggningens överkant.

Då R är minst 1500 m godtas att hänsyn till centrifugalkraft inte tas.

- 21.224 Last på vägbank (överlast)

Med last på vägbank avses en tillfällig last på vägen intill konstruktionen, vanligen trafiklast. Överlasten ska antas ha en intensitet $p_t = 20 \text{ kN/m}^2$ på en bredd av 6 m och 10 kN/m^2 på den övriga delen av bredden. I denna innefattas gångbanor, mittremsa etc.

Anslutande stödmurar ska beräknas för denna överlast. För övriga stödmurar ska trafiklast enligt ATB VÄG tillämpas.

Beträffande definition av anslutande stödmur, se 21.135.

Vid gång- och cykelbroar ska p_t antas vara minst 5 kN/m^2 på hela bredden. För gång- och cykelbroar som beräknas för utryckningsfordon enligt 21.2228 ska p_t antas vara minst 10 kN/m^2 på hela bredden.

Överlasten ska antas ge upphov till ett tryck i horisontal led som mot en vertikal yta uppgår till

$$p = K p_t$$

där K bestäms enligt 21.13.

Hänsyn ska tas till påverkan av icke horisontal överyta och icke vertikal yta.

Vid uppdelad stödkonstruktion ska hänsyn tas till valvbildning enligt 21.134.

21.23 Ökat jordtryck orsakat av konstruktionsdels rörelse mot jord

21.231 De ökade jordtrycken enligt 21.232 och 21.233 ska hänföras till det lastfall som ger upphov till rörelserna.

Den sammanlagda effekten beaktas om mer än en last, t.ex. bromskraft och temperatur, tillsammans ger upphov till rörelsen och plasticering i jorden uppstår.

Om förskjutningen δ orsakas av temperaturändring ska δ svara mot förskjutningen av temperaturskillnaden $T^+ - T^-$, se tabell 21-3.

21.232 Om ramben, pelare i jordfyllning, pÅlar m.m. utsätts för ökad belastning av jordtryck på grund av konstruktionens rörelse mot jorden ska hänsyn tas till detta.

Den ökning av jordtrycket utöver vilojordtrycket som orsakas av förskjutningen ska antas uppgå till

$$\Delta p = c \gamma z \beta \quad (\text{kN/m}^2)$$

ned till nivån $z = h/2$. Under denna nivå ska jordtrycket antas avta rätlinjigt till 0 vid nivån $z = h$ (triangulär fördelning)

c 600 när jordtrycket verkar ogynnsamt, såsom vid tvångsinverkan av temperaturökning

c 300 när jordtrycket verkar gynnsamt, såsom inverkan på mellanstöd vid överföring av bromskraft till motfyllning

γ jordmaterialets tunghet (medelvärde) från markytan ned till djupet z , se tabell 21-1

z djup under markytan (m)

$$\beta = \frac{\delta}{h}$$

δ konstruktionsdels horisontella förskjutning upptill i riktning mot jorden

h rambenets höjd.

Vilojordtrycket tillsammans med Δp kan högst uppgå till passivt jordtryck.

21.233 Hänsyn ska tas till ökat jordtryck mot ändskärm till följd av konstruktionens rörelse mot jorden.

Vid beräkningen godtas att det totala jordtrycket, (p) , bestäms enligt nedan

$$p = p_0 \quad \text{om } \delta = 0$$

$$p = p_0 + c_1 \delta \frac{200}{H} p_1 \quad \text{om } 0 < \delta < H/200$$

$$p = p_0 + c_1 p_1 \quad \text{om } \delta \geq H/200$$

c_1 1 då jordtrycket verkar ogynnsamt, såsom vid tvångsinverkan av temperaturökning

c_1 0,5 då jordtrycket verkar gynnsamt, såsom inverkan på mellanstöd vid överföring av bromskraft till motfyllning

p_0 vilojordtryck

p_p passivt jordtryck

p_1 $p_p - p_0$

H ändskärmens höjd

δ konstruktionens horisontella förskjutning i riktning mot jorden.

I brottgränstillståndet ska för det passiva jordtrycket användas lastfaktorn $\psi\gamma$ bestämd som ett sammanvägt värde av de lastfaktorer som gäller för respektive ingående last. Den last som givit största deformationen ska ges den högre lastfaktorn enligt tabell 22-1. Den sammanvägda lastfaktorn ska dock alltid minst ha värdet 1,0.

21.24 Lagerfriktion

För rullager av stål samt för glidlager av stål med mellanliggande PTFE-skikt (polytetrafluoretylen) ska hänsyn tas till en lagerfriktion på 5 % av aktuell upplagskraft. Lagerfriktionen ska antas vara 0 % om inverkan därav blir ogynnsammare.

Friktionskoefficienten för andra typer av lager fastställs i varje enskilt fall.

Lagerfriktionen ska hänföras till de lastfall som ger upphov till storleken av friktionskraften.

Vid bestämning av inverkan på fasta upplag till följd av friktion i rörliga lager godtas att motriktade friktionskrafter från temperaturändringar enligt 21.262 antas motverka varandra. Det ska förutsättas en horisontalkraft minst motsvarande friktionskraften i ett upplag med rörliga lager eller 20 % av sammanlagda friktionskraften i de rörliga lagren, dock godtas att rörliga lager från högst 10 stöd medräknas. Uppdelning av friktionskraften på de fasta upplagen får göras.

21.25 Snölast

21.251 Broar med tak ska beräknas för snölast. Denna ska bestämmas som tyngden per horisontal area.

Vid bestämning av snölast ska även inverkan av bronns form och snöanhopningar till följd av vindpåverkan, ras och glidning beaktas.

Snölastens tyngd ska bestämmas enligt

$$s_k = \mu C_t s_o$$

s_k karakteristiskt värde för snölast på bro

μ formfaktor som beror av takytans form och av risk för snöanhopning till följd av vind, ras och glidning

C_t termisk koefficient som beror på energiförluster genom taket. Koefficienten kan vanligen sättas till 1

s_o snölastens grundvärde på mark enligt VKR, 3.7.

Lämpliga formfaktorer kan hämtas från "Snö- och vindlast" (Boverket).

21.252 Spjälgrindar, skyddsnät och stänkskydd ska beräknas för horisontal, snölast (snösprut vid plogning) vinkelrät vägens riktning. Kraftens storlek ska antas vara 4 kN/m^2 .

21.26 Temperaturändring

21.261 Vid beräkning av deformationer orsakade av temperaturändringar godtas att följande längdutvidgningskoefficienter förutsätts.

$1,0 \cdot 10^{-5} \text{ (1/}^\circ\text{C)}$ för stål och betong

$0,5 \cdot 10^{-5} \text{ (1/}^\circ\text{C)}$ för trä längs fibrerna

$5,0 \cdot 10^{-5} \text{ (1/}^\circ\text{C)}$ för trä tvärs fibrerna

$2,4 \cdot 10^{-5} \text{ (1/}^\circ\text{C)}$ för aluminium

Inverkan av temperatur ska beräknas för 21.262 kombinerat med det övriga av antingen 21.263, 21.264 eller 21.265.

Vid systemberäkningen kan betongens temperatur vid gjutningen vanligen antas vara $+10 \text{ }^\circ\text{C}$.

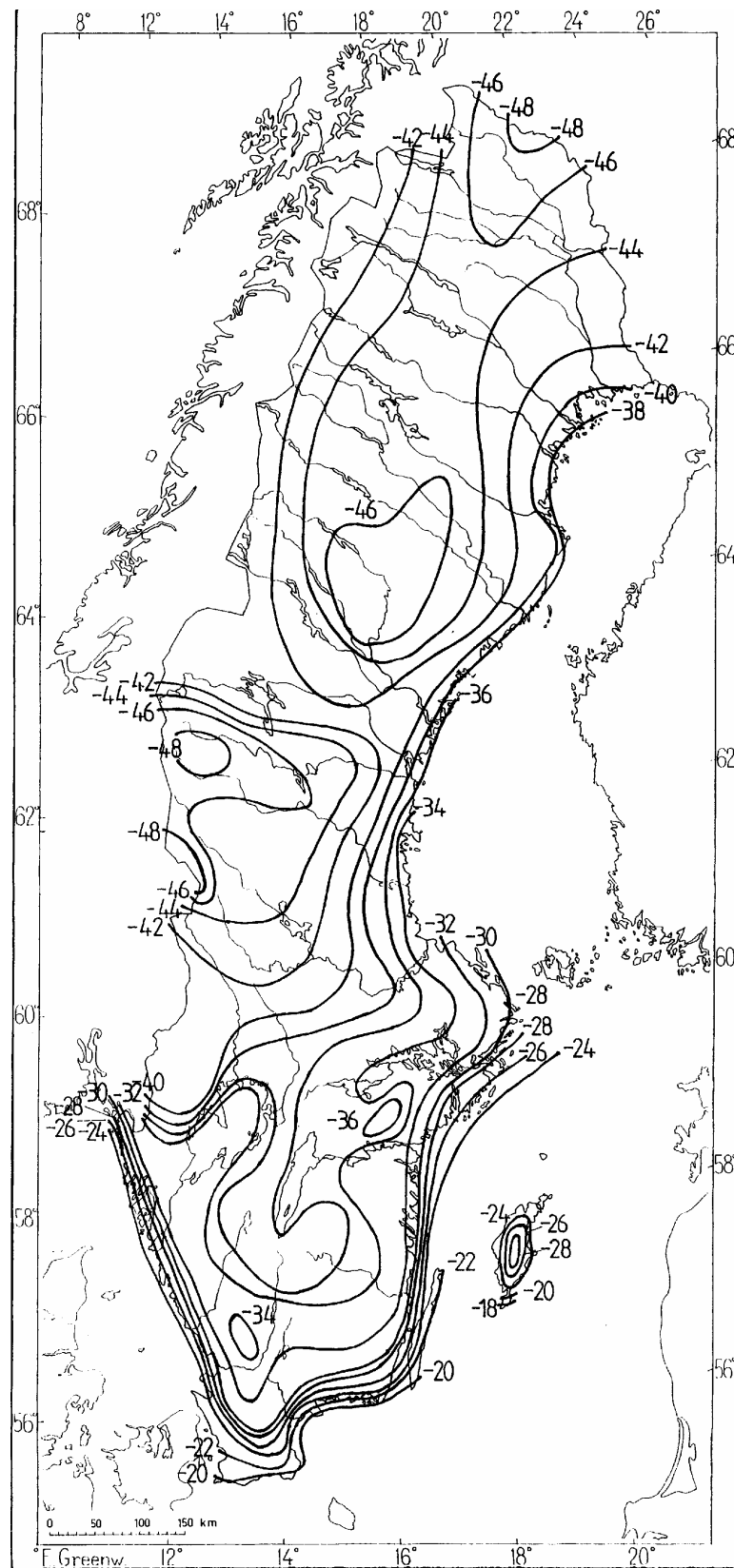
Tabell 21-3 Jämn respektive ojämn temperaturändring
(se figur 21-11 och 21-12)

| Konstruktionstyp | Medeltemperatur °C i konstruktionen | | Temperaturskillnad °C (positivt vid den högre temperaturen överst) | |
|--|--|----------------------|--|-----------------|
| | T ⁺ | T ⁻ | ΔT ⁺ | ΔT ⁻ |
| Stål- eller aluminium- brobana på låd- eller I- balkar av stål | T _{max} + 15 | T _{min} -5 | +20 | -5 |
| Betong- eller träbrobana på låd- eller I-balkar av stål | T _{max} + 5 | T _{min} +5 | +10 | -5 |
| Betongbrobana på låd- balk eller T-balkar av betong (även betong- platta) | T _{max} | T _{min} +10 | +10 | -5 |
| Träbrobana på balkar av trä | T _{max} - 5 | T _{min} +10 | +5 | -5 |

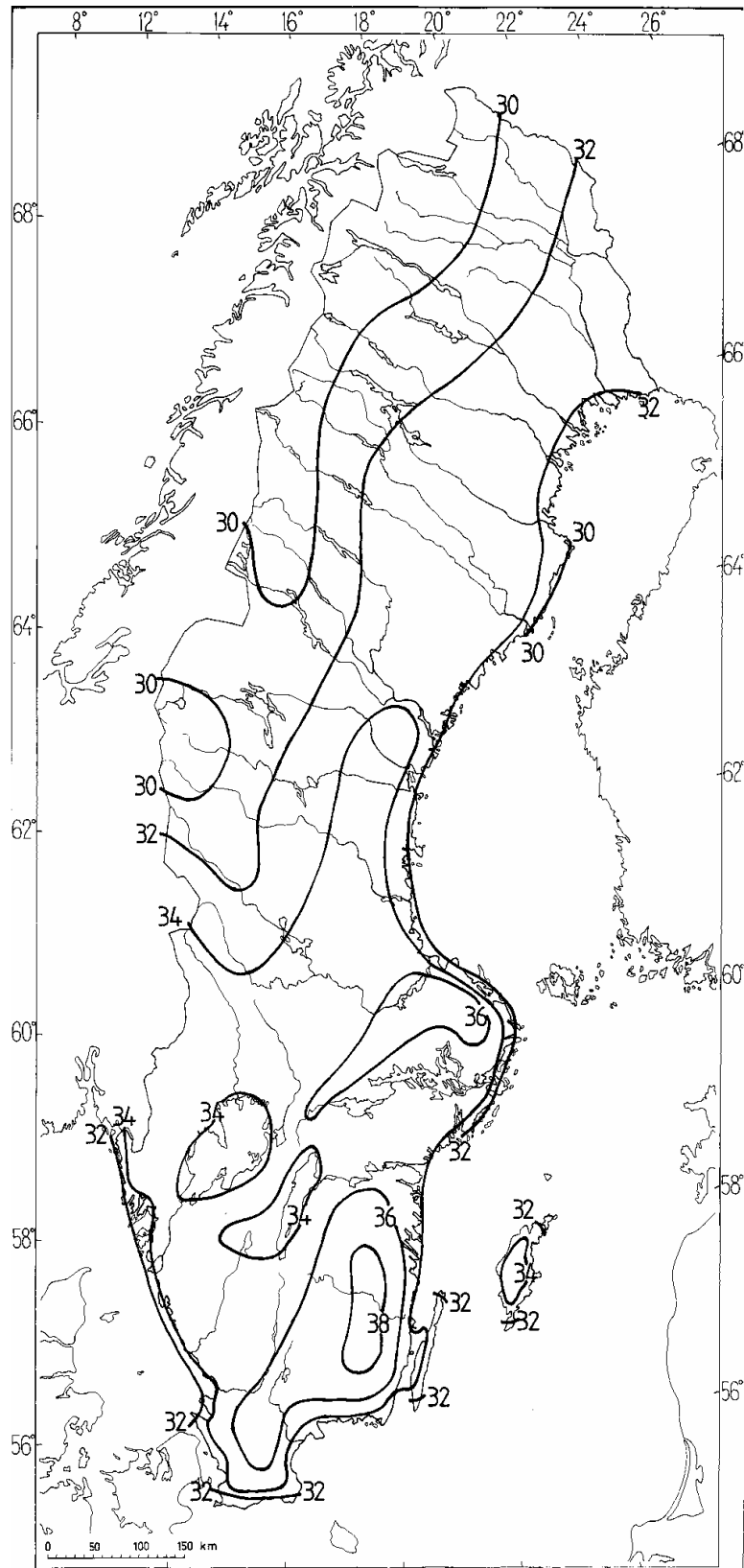
Godtagna värden för T_{min} ges i figur 21-9 och för T_{max} i figur 21-10.

I de fall relevant klimatstatistik anger att andra T_{min}- och T_{max}-värden än de som anges i figur 21-9 och 21-10 är tillämpbara kan dessa värden användas.

T_{max} avser maximala lufttemperaturen, mätt enligt ENV 1991-2-5, 1.4.2, med en årlig sannolikhet av 0,02 att överskridas och baserad på uppmätta maximala timvärden. T_{min} avser minimala lufttemperaturen bestämd på samma sätt.

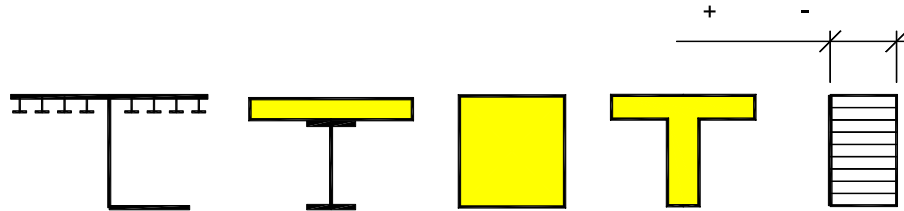


Figur 21-9 T_{min}



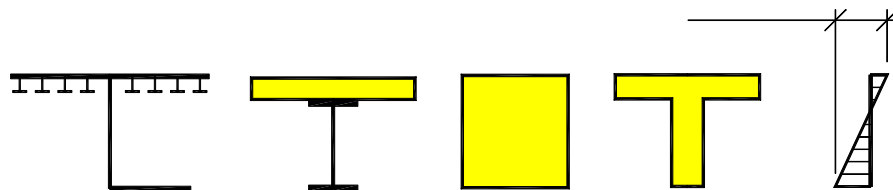
Figur 21-10 T_{max}

- 21.262 Jämn temperaturändring (T^+ resp. T^-), lika stor förändring över hela konstruktionen ska antas ske enligt figur 21-11 och tabell 21-3.



Figur 21-11 Jämn temperaturändring

- 21.263 Ojämn temperaturändring (ΔT), skillnad i temperatur mellan olika konstruktionsdelar eller över ett tvärsnitt, ska antas ske enligt figur 21-12 och tabell 21-3.



Figur 21-12 Ojämn temperaturändring

Den ojämna temperaturändringen kan förutsättas uppdelad så att den är 0 i tvärsnittets tyngdpunkt.

- 21.264 I konstruktioner där skilda konstruktionsdelar kan få olika uppvärmning ska antas att en tillfällig temperaturskillnad mellan delarna kan uppstå. Denna ska vara 10 °C om någon av konstruktionsdelarna är av betong, annars 20 °C. Temperaturskillnaden ska antas kunna uppstå såväl vertikalt som horisontellt.

Den tillfälliga temperaturskillnaden mellan bärkabel och stålöverbyggnad i en hängbro ska sättas till 25 °C och mellan hängare och stålöverbyggnad till 15 °C.

- 21.265 Vid lådsektioner av betong ska antas att en temperaturskillnad av 15 °C mellan konstruktionsdelarnas ytter- och innersidor kan uppstå.

21.27 Vindlast

21.271 Vindlast är till sin natur en dynamisk last. Detta ska beaktas vid bestämning av lastvärde och vid dimensionering. För konstruktioner med stor styvhet och dämpning, här benämnda statiska konstruktioner, behöver ingen hänsyn tas till konstruktionens svängningsegenskaper vid dimensioneringen.

Statiska konstruktioner ska dimensioneras för vindlast enligt 21.272 eller 21.273. För öppningsbar bro i rörelse godtas tillämpning av 21.274.

För broar, som inte kan anses vara statiska konstruktioner, bl.a. hängbroar, snedkabelbroar, bågbroar och höga slanka pelare ska den dynamiska inverkan utredas i varje enskilt fall.

Vindlasten för sådana konstruktioner anges i den tekniska beskrivningen. Där anges även faktorer för utmattningsberäkning.

Vindlasten under byggnadsskedet får bestämmas med 10 års återkomstid.

21.272 För broar med maximal höjd 45 m över omgivande terräng eller vattenyta förutsätts följande.

Vindlastens intensitet uppgår till 1,8 kN/m² upp till en höjd av 10 m. För höjder större än 30 m uppgår vindlastens intensitet till 2,6 kN/m². För höjder mellan 10 och 30 m interpoleras rätlinjigt.

Vid samtidig vindlast och trafiklast motsvarar vindytan på trafiken en längsgående rektangel med höjden 2,0 m ovan beläggningens överkant. För gångbroar gäller höjden 1,5 m. Vindlastintensiteten på bro med trafik får antas uppgå till 60 % av värdet mot bron utan trafik.

För broar med maximal höjd större än 45 m över omgivande terräng eller vattenyta anges förutsatt vindlastintensitet i den tekniska beskrivningen.

21.273 Vindlasten bestäms enligt ”Snö- och vindlast” (Boverket) med ändringen att formfaktorn hämtas från BS 5400.

Vid samtidig vindlast och trafiklast motsvarar vindytan på trafiken en längsgående rektangel med höjden 2,0 m ovan beläggningens överkant. För gångbroar gäller höjden 1,5 m. Vindlastintensiteten på bro med trafik ska antas uppgå till 60 % av värdet mot bron utan trafik.

21.274 Med ändring av vad som anges i 21.272 får, för öppningsbar bro i rörelse, se 80.33, vindlastens intensitet i bron längdriktning (vägriktning) antas vara 0,7 kN/m².

Svängbro i rörelse ska beräknas under förutsättning att den ena armen, vid olika längd den längre, antas vara påverkad av vindtrycket 0,7 kN/m² och den andra av vindtrycket 0,4 kN/m².

Angivna värden på vindlastens intensitet medför att en broöppning kan genomföras om medelvindhastigheten under 10 minuter inte överstiger 15 m/s, på höjden 5,0 m över brobanan. Om bron ska kunna öppnas även vid högre medelvindhastighet (v) anges annat värde på vindhastighetens intensitet i den tekniska beskrivningen.

21.28 Is- och strömtryck

21.281 Broar ska beräknas med hänsyn till belastning av is- eller strömtryck. Vidare ska vågtryck beaktas om detta är aktuellt.

Inverkan av dessa laster är vanligen farligast under byggnadstiden, t.ex. då ett brostöd står utan stabiliserande överbyggnad.

21.282 Vid beräkningen godtas att istryck i tvärlid mot ett stöd inte antas verka samtidigt som istryck i stödets längdriktning.

Stöd i vatten ska beräknas för ett istryck motsvarande en kraft av minst 200 kN verkande i stödets längdriktning och minst 200 kN verkande vinkelrät däremot. I horisontalplanet ska krafterna anses angripa dels på nivå MHW och dels på nivå MLW.

Vid uppdelat stöd anges fördelningen av krafterna på respektive pelare i den tekniska beskrivningen.

Eventuellt större istryck anges i den tekniska beskrivningen.

Istryckets storlek utreds med hänsyn till lokala förhållanden och till konstruktionens utformning. Vägledning vid val av istryck ges i "Istryck mot bropelare" (Vägverket).

21.283 I strömriktningen verkande kraft F av strömtrycket på ett stöd ska beräknas enligt

$$F = k \rho A v^2 \quad (N)$$

A det i vattnet befintliga stödets projektion i m^2 på ett vertikalt plan vinkelrät mot strömriktningen

v vattenhastigheten i m/s

k en konstant, vars värde bestäms från fall till fall. Vid tvära ändytter på stödet sätts k till 0,7 och vid cirkulära till 0,35

ρ vattnets densitet (1000 kg/m^3).

Förutsatt vattenhastighet v anges i den tekniska beskrivningen.

21.29 Speciella laster

- 21.291 En inspektionsbrygga ska beräknas för en ytlast $p = 1,5 \text{ kN/m}^2$ och en samtidigt verkande enstaka punktlast av 2,5 kN. Punktlastens lastyta är cirkulär med 0,1 m diameter.
- Ett skyddsräcke till en inspektionsbrygga ska beräknas för en last vid räcket överkant på 0,8 kN/m vinkelrät mot dess längdriktning och i övrigt i den riktning som är ogynnsammast för räcket.
- 21.292 Last av arbetsfordon etc. under brons byggnadstid ska beaktas. Lasten ska bestämmas av arbetsfordonens, arbetsredskapens etc. utseende och storlek.
- 21.293 Horisontalkraft från övergångskonstruktioner ska beaktas. Horisontalkraften ska förutsättas vara 10 kN/m om inte annat påvisas vara riktigare.
- Uppgift om horisontalkraftens storlek kan vanligen hämtas ur leverantörens produktbeskrivning.*
- 21.294 En maskinkonstruktion till en öppningsbar bro ska beräknas för så kallad olikformig last. Lasten ska antas verka på den körbara ytan av brons öppningsbara delar och ha storleken $0,5 \text{ kN/m}^2$.
- Den olikformiga lasten avser bland annat inverkan av ojämnt fördelad snölast.*
- 21.295 Infästningen av broräcke enligt 74.61 ska beräknas för en kraft som ska bestämmas så att infästningens kapacitet är dubbelt så stor som ståndarens kapacitet. För bestämning av ståndarens kapacitet ska ståndarens plastiska böjmotstånd användas. Med infästning avses här infästningen av ståndaren. Kraften ska anses angripa vinkelrät mot räcket 0,55 m över beläggningens överkant.
- Gång- och cykelbaneräcken, gång- och cykelbaneräckens infästning, fallskydd och fallskyddens infästning ska beräknas för en kraft av 1,0 kN/m. Kraften ska anses angripa vinkelrät mot räcket vid räcket överkant.
- I den tekniska beskrivningen anges om infästningen ska beräknas för en större kraft.*
- Styva skyddsanordningar, såsom betongräcken, ska beräknas för en kraft av 100 kN. Kraften ska anses angripa vinkelrät och horisontellt mot skyddsanordningen 100 mm under dess överkant, dock högst 1,0 m över beläggningens överkant. Kraften är godtyckligt placerad längs skyddsanordningen och ska anses angripa som en linjelast som är 0,5 m lång.
- 21.296 Skillnaden mellan vattentrycket vid förekommande vattenstånd och vattentrycket enligt 21.14 ska beaktas. Baserar sig dessa värden på uppmätta vattenstånd som HHW respektive LLW ska dessa, med beaktande av mätperiodens längd, omräknas till karakteristiska värden enligt VKR, 2.2.1.

- 21.297 Botten i en lådsektion ska beräknas för en last enligt 21.291. Ytlastens bredd ska antas vara 1,0 m. Lasten ska placeras så att ogynnsammaste inverkan erhålls.
- 21.298 Inverkan av träets fuktrörelser ska beaktas vid beräkning av träkonstruktioner. Den totala fuktrörelsen får förutsättas vara 5 mm/m vinkelrät fiberriktningen och får försummas längs fiberriktningen.

21.3 Olyckslaster

Med olyckslast avses nedan uppräknade laster, varvid var och en av dessa ska betraktas som en last.

- påkörningskraft av fordon enligt 21.31
- påseglingskraft av fartyg enligt 21.32
- brott i kabel till snedkabelbro enligt 21.33
- avslagen hängare/avslaget hängstag enligt 21.34
- avslagen påle enligt 21.35
- ofrivillig uppkörning på gångbana och annan broyta enligt 21.36
- brott i kabel i spännbetongbro enligt 21.37

Om permanenta förankringar godtas för upptagande av permanenta och variabla laster anges i den tekniska beskrivningen att dessa stag ska beräknas för en olyckslast i form av stagbortfall. Se även 30.34.

21.31 Påkörningskraft av fordon

- 21.311 Påkörningskraften är en statiskt verkande horisontalkraft F i underliggande vägs eller järnvägs längdriktning och $0,5 F$ vinkelrät denna. Krafterna ska anses angripa på en nivå 1,0 m över körbana eller rälsöverkant och förutsätts inte uppträda samtidigt.

Eventuell annan nivå för påkörningskraften anges i den tekniska beskrivningen.

För en bro över väg är F lika med 1000 kN. För en bro över järnväg är F lika 4000 kN om avståndet från stöd till spårmittpunkt är högst 5 m och lika med 2000 kN om avståndet mellan stöd och spårmittpunkt är större än 5 m.

- 21.312 Påkörningskraften ska beräknas som den farligaste av nedanstående horisontalkrafter.

| | |
|--------|-------------------------|
| Nivå 1 | Horisontalkraft F |
| Nivå 2 | Horisontalkraft $0,2 F$ |
| Nivå 3 | Horisontalkraft $F = 0$ |

Påkörningskraften ska interpoleras rätlinjigt mellan nivåerna.

Nivå 1 är lika med 1,0 m över körbana eller rälsöverkant.

Nivå 2 är lika med 4,70 m över körbana.
Nivå 3 är lika med 5,10 m över körbana.

Eventuell annan nivå för påkörningskraften anges i den tekniska beskrivningen.

Beträffande värdet på F, se 21.311.

- 21.313 För broar med horisontell eller nästan horisontell överbyggnad ska påkörningskraften sättas till 0,2 F. Den ska anses ha en lastyta av 2000 x 100 mm, med måttet 2000 mm i brons längdled. Påkörningskraften ska antas verka på överbyggnaden vinkelrät mot brons längdriktning och vara godtyckligt placerad inom ett område som begränsas av vägbanebredden utökad med 10 m på bägge håll. Kraftens resultant behöver aldrig anses angripa högre än 5,10 m över körbana.

Beträffande värdet på F, se 21.311.

21.32 Påseglingskraft av fartyg

- 21.321 Där så anges i den tekniska beskrivningen ska brostöd beräknas för påsegling.

Vid beräkningen godtas att påseglingskraft i brons längdled inte antas verka samtidigt som påseglingskraft vinkelrät mot brons längdled.

I den tekniska beskrivningen anges påseglingskraftens storlek och angreppsnivå.

Påseglingskraftens storlek ska baseras på en riskanalys. För mindre farleder kan dock ENV 1991-2-7 användas.

Kraften kan vanligen anses angripa i nivå med medelvattenytan.

I den tekniska beskrivningen anges om påseglingskrafterna helt eller delvis ersätts med åtgärder för att förhindra påsegling. Exempel på sådana åtgärder är "öar" runt stöden.

- 21.322 Där så anges i den tekniska beskrivningen ska brons överbyggnad beräknas för en påseglingskraft parallellt farleden av 1 % av påseglingskraften enligt 21.321. Denna påseglingskraft ska placeras på ogynnsamaste plats inom farleden. Kraften ska anses angripa i underkant på brons överbyggnad.

21.33 Brott i kabel till snedkabelbro

En snedkabelbro ska beräknas för brott i godtyckligt placerad enstaka kabel. Om kabeln är dubblerad gäller kravet båda delkablarna.

21.34 Avslagen hängare/avslaget hängstag

Överbyggnad i båg- och hängbroar ska beräknas med förutsättningen av att ett godtyckligt placerat hängstag är avslaget respektive att en godtyckligt placerad hängare är avslagen. Om hängare/hängstag är dubblerad gäller kravet båda delhängarna/delhängarstagen.

21.35 Avslagen påle

En pålgrupp med färre än åtta pålar samt en pålgrupp belastad av ett permanent upptryck ska beräknas med förutsättningen att en av pålarna är avslagen. Den avslagna pålen ska vara godtyckligt placerad.

21.36 Ofrivillig uppkörning på gångbana och annan broyta

Gång- och cykelbana samt annan broyta på vägbro, som inte är avskild med körbaneräcke, ska beräknas för ekvivalentlast typ 2 eller typ 3 enligt 21.2222 respektive 21.2223.

21.37 Brott i kabel i spännbetongbro

En spännbetongbro ska beräknas för brott i en godtyckligt placerad kabel per balk.

22. Lastkombinationer

22.1 Allmänt

De i kapitel 21 angivna lasterna och andra eventuellt förekommande laster ska kombineras så att ogynnsammaste inverkan för olika konstruktionsdelar erhålls.

22.2 Lastkombinationer

Belastningar ska kombineras så att respektive lastfall kan anses motsvara verkliga förhållanden. Beräkningen ska ske med den i tabell 22-1 angivna lastkoefficienten $\psi\gamma$ och de där angivna lastkombinationerna om inte annat påvisas vara riktigare.

För vissa mindre ofta förekommande konstruktioner kan beräkning av andra kombinationer krävas.

Vid beräkning av broar med både järnvägs- och vägtrafik anges tillägg till lastkombinationerna nedan i den tekniska beskrivningen.

Vid beräkningen godtas att bromskraft och lagerfriktion inte kombineras. Hänsyn ska tas till jordens och betongens krypning, se 32.141 och 42.14.

22.21 Lastkombination I

Denna lastkombination avser bruksgränstillståndet i byggnadsskedet.

22.22 Lastkombination II

Denna lastkombination avser brottgränstillståndet i byggnadsskedet.

Ogynnsammaste variabla last ska ges det högre värdet på lastkoefficienten $\psi\gamma$. Övriga variabla laster ska ges det lägre värdet.

22.23 Lastkombination III

Denna lastkombination utgör underlag för beräkning av överhöjning.

22.24 Lastkombination IV

Denna lastkombination är uppdelad i två dellastkombinationer.

22.241 Lastkombination IV:A

Denna lastkombination är huvudbelastningsfall i brottgränstillståndet.

I denna lastkombination godtas att antalet variabla laster som medräknas begränsas till de fyra variabla laster som tillsammans ger den ogynnsammaste inverkan. Vid broar som trafikeras i mer än ett plan, t.ex. slutna plattrambroar, ska antalet variabla laster vara minst fem.

Ogynnsammaste variabla last ska ges det högre värdet på lastkoefficienten $\psi\gamma$. Övriga variabla laster ges det lägre värdet. Trafiklast i ett ytterligare plan, t.ex. i slutna plattrambroar, ska i sådana fall ha det lägre värdet på lastkoefficienten lika med 1,0.

22.242 Lastkombination IV:B

Denna lastkombination utgör grund för beräkning av inverkan av dominerande permanenta laster i brottgränstillståndet.

22.25 Lastkombination V

Denna lastkombination är uppdelad i tre dellastkombinationer.

22.251 Lastkombination V:A

Denna lastkombination är huvudbelastningsfall i bruksgränstillståndet.

22.252 Lastkombination V:B

Denna lastkombination utgör grund för beräkning av sprickbredd i bruksgränstillståndet.

22.253 Lastkombination V:C

Denna lastkombination utgör grund för beräkning av nedböjning samt av brokonstruktionens rörelse vid fri ände.

22.26 Lastkombination VI

Denna lastkombination utgör grund för beräkning för utmattning.

Vid utmattningsberäkning av öppningsbara broar ska hänsyn tas till vindlast samt till egentynghets och beläggningens förändrade påkänningsbild. Lastcykeltal och kollektivparameter framgår av 21.2226.

22.27 Lastkombination VII

Denna lastkombination utgör grund för beräkning för egensvängningar.

22.28 Lastkombination VIII

Denna lastkombination utgör grund för beräkning för olyckslast. En beräkning ska göras för varje olyckslast.

22.29 Lastkombination IX

Denna lastkombination utgör grund för beräkning av maskinkonstruktioner till rörliga broar.

Vid beräkning av maskinkonstruktioner används totalsäkerhetsfilosofin.

Tabell 22-1 Lastkoefficienten $\psi\gamma$ för respektive lastkombination

| Laster | Lastkombination | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------|---------|---------|------|--------------------------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|---|
| | I | II | III | IV:A | IV:B | V:A | V:B | V:C | VI | VII | VIII | IX | |
| <u>Permanenta laster</u> | | | | | | | | | | | | | |
| Egentyngd (21.11) | max | 1,05 | | 1 | 1,15 | 1,05 | | | | | | | |
| | min | 1 | 0,95 | 1 | 0,9 ^{b)} | 0,95 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Beläggning (21.121) | max | | | | 1 | 1,15 | 1,2 | | | | | | |
| | min | | | 1 | 0,8 | | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Överfyllnad (21.122) | max | | | | 1 | 1,15 | 1,1 | | | | | | |
| | min | | | 1 | 0,9 | | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Jordtryck (21.13) | max | a) | a) | | a) | a) | a) | | | | | 1,1 | |
| | min | a) | a) | 1 | a) | | a) | 1 | 1 | | 1 | 0,8 | |
| Vattentryck (21.14) | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | |
| Stödför- skjutning (21.15) | max | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | min | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Krympning (21.16) | max | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | min | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Spännkraft (21.17) | t=0 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | |
| | t=t ₁ | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | t=t ₂ | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Påhängslast på påle (21.18) | | | | | 0 | 1 | 0 | 1 | | | | | |
| <u>Variabla laster</u> | | | | | | | | | | | | | |
| Ekv last 1 (21.2221) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 1 | | 0,8 | | | 0,3 | 1 |
| Ekv last 2 (21.2222) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 1 | | | | | | 1 |
| Ekv last 3 (21.2223) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 1 | | | | | | 1 |
| Ekv last 4 (21.2224) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 1 | | | | | | 1 |
| Ekv last 5 (21.2225) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 1 | | 0,8 | | | 0,3 | 1 |
| Utmattningslast (21.2226) | | | | | | | | | | 1 | | | |
| Ytlast (21.222 B, C och D) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 1 | | 1 | | | 0,3 | 1 |
| Renhållningsfordon (21.2227) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 1 | | 1 | | | | 1 |
| Typfordon (21.2229) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 1 | | 1 | | | | 1 |
| Utryckningsfordon (21.2228) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 1 | | | | | | 1 |
| Bromskraft (21.2231) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 0,7 | | | | | | |
| Sidokraft (21.2232) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 0,7 | | | | | | |
| Last på vägbank (21.224) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 1 | | 1 | 1 | | | 1 |
| Snölast (21.251) | | | 0,6/1,3 | | 0,6/1,5 | 0,6 | 0,6 | 0,2 | | | | | |
| Snösprut vid plogning (21.252) | | | | | 0,7/1,5 | | 0,7 | | | | | | |
| Temperaturändring (21.262+21.263) | | | | | 0,6 ^{c)} /1,5 ^{c)} | 0,6 ^{c)} | 0,6 | 0,6 | | | | | 1 |
| Temperaturändring (21.262+21.264) | | | | | 0,6 ^{c)} /1,5 ^{c)} | 0,6 ^{c)} | 0,6 | 0,6 | | | | | 1 |
| Temperaturändring (21.262+21.265) | | | | | 0,6 ^{c)} /1,5 ^{c)} | 0,6 ^{c)} | 0,6 | 0,6 | | | | | 1 |
| Vindlast (21.27) | 0,6 | 0,6/1,3 | | | 0,6/1,5 | 0,6 | 0,6 | | | 1 | | | 1 |
| Is- och strömtryck (21.28) | | | 0,4/1 | | 0,6/1,5 | 0,6 | 0,6 | | | | | | |
| Last på insp brygga (21.291) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 0,7 | | | | | | |
| Arbetsfordon etc. (21.292) | 1 | 1/1,3 | | | | | | | | | | | |
| Last från övergångskonstr (21.293) | | | | | 0,4/1,5 | | 0,4 | | | | | | |
| Olikformig last (21.294) | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Last på räcke (21.295) | | | | | 0,7/1,5 ^{d)} | | 0,7 | | | | | | |
| Vattentryck (21.296) | | | 0,6/1 | | 0,8/1,5 | 0,8 | 0,8 | | | | | | |
| Last på lådbotten (21.297) | | | | | 0,7/1,5 | 0,7 | 0,7 | | | | | | |
| Fuktrörelser i trä (21.298) | | | | | | | 0,6 | | | | | | 1 |
| Olyckslaster (21.3) | | | | | | | | | | | | | 1 |

a) Aktivt jordtryck $(\psi\gamma)_{\min} = 0,9$ $(\psi\gamma)_{\max} = 1,1$ Vilojordtryck $(\psi\gamma)_{\min} = 0$ $(\psi\gamma)_{\max} = 1$
Vilojordtryck $(\psi\gamma)_{\min} = 0,9$ $(\psi\gamma)_{\max} = 1,1$ (cellplast)
Passivt jordtryck $(\psi\gamma)_{\min} = 0,9$ $(\psi\gamma)_{\max} = 1$

b) Vid beräkning för hydrauliskt upplyft ska detta värde sättas till 0,85.

c) Används vid beräkning av lager samt för konstruktioner där andra ordningens moment har stor betydelse.

d) Vid beräkning av fordonräckens infästning ska detta värde sättas till 1.

Bilaga 2-1 Transporter på broar under byggnadstiden

.1 Allmänt

Byggtransporter på bron godtas tidigast en månad efter det att brobanep Plattan gjutits. Uppspänningen och injekteringen av spännkablar ska vara utförd. Övergångskonstruktioner, yt- och grundavlopp samt andra detaljer som är ingjutna i brobanep Plattans överyta ska skyddas.

Där transportererna är omfattande kan det vara nödvändigt att skydda brobanep Plattans överyta.

.2 Utan beräkning

Framförande av fordon med en axellast av högst 25 ton och en bruttovikt av högst 40 ton godtas utan beräkning.

Om axellasten överstiger 16 ton eller om bruttovikten överstiger 25 ton ska fordon framföras

- med ett minsta inbördes fritt avstånd på 50 m och
- i körbanemitt med excentriciteten max $\pm 1,0$ m.

.3 Med beräkning

Framförande av fordon med en axellast överstigande 25 ton eller en bruttovikt överstigande 40 ton godtas endast om belastningen beaktas vid beräkningen av bron.

Inverkan i brottgränstillståndet ska beaktas genom att realfordonen ersätter trafiklasten i lastkombination enligt 22.241 och ges lastkoefficienten 1,3. För spännbetongkonstruktioner ska inverkan i bruksgränstillståndet beaktas genom att realfordonen ersätter trafiklasten i lastkombination enligt 22.251 och ges lastkoefficienten 1. Inverkan i bruksgränstillståndet för övriga konstruktioner beaktas genom att realfordonen tas med i lastkombination enligt 22.252 och ges lastkoefficienten 0,3. Vid bestämning av last från realfordonen ska den dynamiska inverkan beaktas.

Det dynamiska tillskottet kan beräknas enligt följande formel.

$$\varepsilon \geq \frac{180 + 8(v - 10)}{20 + l}$$

dynamiskt tillskott i %

v hastigheten i km per timme

l belastningslängd i meter