

SILTOJEN KUORMAT JA KUORMITUSYHDISTELMÄT

2.12.2009 Siltaeurokoodien koulutus

Heikki Lilja

Tiehallinto

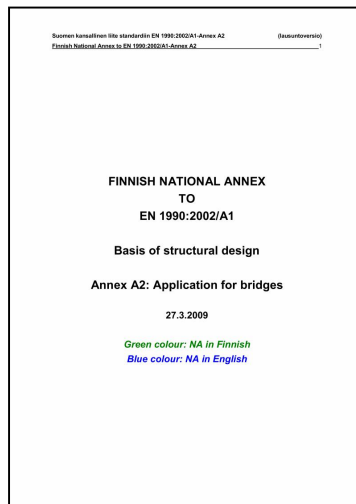
MITEN INFRARAKENTEITA (esim. SILTOJA ja TIE- JA RATAPENKEREITÄ) SUUNNITELLAAN EUROKOODIAIKANA?



EUROKOODIT

**Valmiina
(OSA KÄÄNNÖKSISTÄ
JULKAISEMATTÄ)**

+



+

**KANSALLISET
LIITTEET (LVM)**

**Osa vielä
lausunnolla
(NOTIFIINTIIN
TAMMIKUUSSA 2010)**

+



**+ LIIKENNEVIRASTON
SOVELLUSOHJEET**

**Julkaistaan
vuoden 2010 aikana**

Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – sovellusohjeen sisältö

ESIPUHE
(2 SIVUA)

OMAPAINO
EN 1991-1-1
(1 SIVU)

LIIKENNE-
KUORMAT
EN 1991-2
(13 SIVUA)

TUULI-
KUORMAT
EN 1991-1-4
(2 SIVUA)

LÄMPÖTILA-
KUORMAT
EN 1991-1-5
(4 SIVUA)

TYÖNAIK.
KUORMAT
EN 1991-1-6
(1 SIVUA)

ONNETTOMUUS
KUORMAT
EN 1991-1-7
(7 SIVUA)

KUORMIEN
YHDISTELY
ANNEX A2
(7 SIVUA)

MUUT
KUORMAT JA
LISÄOHJEET
(3 SIVUA)

LIITE 1
LIITE 2

Vain tärkeimmät (yleisimmät) asiat käsitelty →

yleisteksti kaikkien kappaleiden alussa →

Kaikki standardissa EN 1991-1-7 sekä sen kansallisessa liitteessä esitetyt siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei oteta-
kaan kantaa.

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

sisältö

EUROKOODIN SOVELLUSOHJEET
Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet
Kuormitusyhdistelyt

LIITE 1
1/5

Tässä liitteessä on esitetty sillo suunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa.

- Kuormitusyhdistelyjä muodostettaessa on otettu huomioon kaikki standardin EN 1990 muutoksen A1 (EN 1990/A1 Liite A2) ja sen kansallisen liitteen vaatimukset ja erityisohjet.
- Kuormien yhdistelykertoinkerto A2.1(F1) ja A2.2(F1)
 - Murtorajinnan kuormitusyhdistelytaulukot A2.4(A)(F1), A2.4(B)(F1)
 - Käyttörajinnan kuormitusyhdistelytaulukko A2.6
 - Onnettomuuskuormitusyhdistelytaulukko A2.5
 - Standardissa esitetyt vaatimukset ja rajaukset (mm. kappaleet A2.2.2...A2.2.4)
- Kuormitusyhdistelyt on muodostettu vuorottelemalla kutakin muuttuvaa kuormaa määrälläni muuttuvana kuormana, ainoastaan määrällivimmät kuormitusyhdistelyt tule tarkastaa.

| TAULUKKOJEN MERKINNÄT | |
|-----------------------|---|
| gr | Kuormaryhmä |
| F _{ak} | Tuuli-kuorma |
| F _{ak} | Tuuli-kuorma (samaaikaaisesti liikennekuorman kanssa) |
| T _{ak} | Lämpötilakuorma |
| BF | Laakeri-akka |
| IL | Jääkuorma |
| S | Tukijäänkuorma |
| W | Vedepinnan asema |
| dW | Vedepinnan muuttuva osa |
| TLEP | Liikennekuorman maanpaine |
| SL1 | Lumikuorma (toteuttamisesä aikana) |
| SL2 | Lumikuorma (samaaikaaisesti liikennekuorman kanssa) |
| Q _c | Rakentamisesta johuvat kuormat |
| 1...n | Kuormitusyhdistelytyn juokseva numero (murtorajalla) |
| 1a...n | Kuormitusyhdistelytyn juokseva numero ('a' = käyttörajalla ominaisyhdistelmä) |
| 1b...n | Kuormitusyhdistelytyn juokseva numero ('b' = käyttörajalla tavallinen yhdistelmä) |
| 1c | Kuormitusyhdistelytyn numero ('c' = käyttörajalla pitkäaikaisyhdistelmä) |

EUROKOODIN SOVELLUSOHJEET
Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet
Kuormitusyhdistelyt

LIITE 1
3/5

Taulukko 2: Tiesillat – käyttörajalla ja onnettomuusyhdistely:

TIESILLAT - KÄYTTÖRAJATILA - Onnettomuusyhdistelmä (E.14), Tavallinen yhdistelmä (E.15), Pitkäaikaisyhdistelmä (E.16)

| | | KULONNUSYHDISTELYN MAARAJAVA MUUTTUVAA KUORMAA | | | | | | | | | | | | | | Tiesillat | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--|----|----|----|----|----|----|------|-----|-----|-----|-----|------|----|-----------|----|-----------------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | E.14 | | | | | | | E.15 | | | | | | | E.16 | | Onnettomuusyhdistelmä | | | | | | | | | | |
| | | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 7a | 8a | 10a | 11a | 12a | 13a | 14a | 1b | 2b | 3b | 7b | 8b | 10b | 12b | 14b | 1c | Ad | 1 | | | | |
| gr1a | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.75 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |

ES
(2)

Kaikki siltoja tässä kaan kantaa

VALMIIT YHDISTELYTAULUKOT

KU
EN
(1)

Taulukko 1: Tiesillat – murtorajalla:

| | | KULONNUSYHDISTELYN MAARAJAVA MUUTTUVAA KUORMAA | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|--|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | |
| gr1a | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |

EN 1991 Tarkastuslista

Sillan tiedot

| Luontokoumuat | Maantila ja tukijäänkuorma | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-----|-----------------|-----|---|-----|--|-------|----------|----------|----------|
| <table border="1"> <tr><td>min</td><td>max</td></tr> <tr><td>F_{ak}</td><td>max</td></tr> <tr><td>T</td><td>max</td></tr> </table> | min | max | F _{ak} | max | T | max | <table border="1"> <tr><td>inuma</td><td>rym/Tuki</td></tr> <tr><td>rym/Tuki</td><td>rym/Tuki</td></tr> </table> | inuma | rym/Tuki | rym/Tuki | rym/Tuki |
| min | max | | | | | | | | | | |
| F _{ak} | max | | | | | | | | | | |
| T | max | | | | | | | | | | |
| inuma | rym/Tuki | | | | | | | | | | |
| rym/Tuki | rym/Tuki | | | | | | | | | | |

”Check List”
työn alla

| Kuorm | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| MRT | 0.10a | gr1a | gr1b | gr2 | gr3 | gr4 |

IPÖTILA-
ORMAT
991-1-5
IVVA)

LIITE 1

LIITE 2

siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei oteta-kaan kantaa.

esitettyt

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

2

EUROKOODIN SOVELLUSOHJEET
Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet

2

ESIPUHE:

Tätä sovellusohjetta käytetään kaikkien yleisten teiden siltöjen suunnittelussa ja niiden yksityisiesiltojen suunnittelussa, jotka saavat valtion avustusta siltojen rakentamiseen. Siltojen kantavuuden määrityksestä annetaan ohjeet erikseen.

Valtion avustusta saavissa yksityisteiden silloissa voidaan liikenteestä aiheutuvien kuormien intensiteettiä pienentää kertomalla 0,7 tässä sovellusohjeessa esitetyllä tavalla. Valtionapua saavien yksityisteiden siltöjen kohdalla kuormakaavion LM3 käytöstä voidaan määrätä hankekohtaisesti.

Tämä sovellusohje on tarkoitettu pienten ja keskisuurten siltöjen eurokoodin mukaiseen suunnitteluun. Sovellusohjeesta on tehty tarkoituksellisesti mahdollisimman pelkistetty, eikä kaikkia eurokoodin esittämiä kuormia ole käsitelty, joten tätä ohjetta täytyy lukea yhdessä eurokoodin standardien SFS-EN 1991-2 sekä SFS-EN 1991-1-1...7 ja niiden siltöja koskevien kansallisten liitteiden kanssa.

Sovellusohjeen käyttö edellyttää eurokoodeihin tutustumista, lisäksi tätä sovellusohjetta kirjoitettaessa on oletettu, että käyttäjä hallitsee kuormien sijoittelun peruseräatteen.

Liitteessä 1 on esitelty siltöjen suunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa sekä tarkastuslista suunnittelua helpottamaan.

Eurokoodin kuormausien siltöja koskevista kansallisista liitteistä viitataan tähän sovellusohjeeseen seuraavissa kohdissa: (Tässä sovellusohjeeseen on mainittu kansalliset korotukset kaikki kohdat joihin viitataan kansallisista liitteistä.)

| NA | NCCI | Sisältö |
|-------------|-----------|--|
| NA 1991-2 | 1.1 (3) | B.4.9 |
| | | Täydentävät käyttöehdot maanalaisten rakenteiden, tukiseimien ja tunnelien mitoitusta varten |
| NA 1991-2 | 4.6.1 (2) | B.4.6.1 |
| | | Väsyfyskuormakaavioiden käyttö |
| NA 1991-2 | 4.6.1 (3) | B.4.6.1 |
| | | Väsyfyskuormakaavioiden käyttö |
| NA 1991-2 | 4.9.1 (1) | B.4.9 |
| | | Paikalliset vaikutukset pyöräkuorman läheisyydessä (maanpaine) |
| NA 1991-2 | 5.7 (3) | B.5.7 |
| | | Kevyen liikenteen dynaamiset mallit |
| NA 1991-1-7 | 3.2 (1) | F.3 |
| | | Hyvaksyttävät riskitasot |
| NA 1991-1-7 | 3.3 (2) | F.3 |
| | | Vaunoiden rajoittaminen |
| NA 1991-1-7 | 3.4 (1) | F.3 |
| | | Seuraamusluokan valinta |
| NA 1991-1-7 | 3.4 (2) | F.3 |
| | | Onnettomuuskuormien tarkastelu seuraamusluokassa CC3 |
| NA 1991-1-7 | 4.3.1 (1) | F.3 |
| | | Opastusta dynaamisessa ja tilastollisessa analyysissä |

3

EUROKOODIN SOVELLUSOHJEET
Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet

3

| | | | |
|-------------|--------------|-------------|---|
| NA 1991-1-7 | 4.5 (1) | F.3 | Junien tyypit joihin sääntöjä voidaan soveltaa |
| Liite A2 | A2.1.1 (1) | G.A.2.1 | Rakenneseinän väiteellinen käyttöä |
| Liite A2 | A2.2.1 (2) | H | Soveltamisään ulkopuolelle jäävät kuormat |
| Liite A2 | A2.2.6 (1) | G.A.2.2.6 | Ohjeistusta +/- kertomien äälytöstä |
| Liite A2 | A2.2.6 (1) | G.A.2.2.6 | Ohjeistusta lämpökuormien käsittelystä murtorajatilassa |
| Liite A2 | A2.3.1 (5) | G.A.2.3.1 | Ohjeistusta pohjarakenteiden mitoitamisesta |
| Liite A2 | A2.3.1 (7) | H | Ohjeistusta jääkuorman määrittämisestä |
| Liite A2 | A2.4.1 (2) | G.A.2.4 | Ohjeistusta taipumajajoista |
| Liite A2 | A2.4.3.2 (1) | G.A.2.4.3.2 | Kevyen liikenteen siltojen mukavuuskriteerit |

NA = kansallisen liitteen kohta josta on viitattu tähän sovellusohjeeseen
NCCI = tämän sovellusohjeen vastaava kohta

Eräät keskeisimmät kansalliset valinnat on merkitty tämän sovellusohjeen tekstissä seuraavin värikoodein:

Vihreällä korotettuna: kohdat joihin on viitattu standardin suositukseen

Syanilla korotettuna: kohdat joihin ei ole viitattu suositukseen mutta joihin on tehty kansallinen väite

Punaisella korotettuna: kohdat joihin ei ole viitattu suositukseen eikä kansalliseen väiteeseen

Liitteessä 2 on esitelty kaikki siltöjen kuormia koskevat kansalliset valinnat taulukkomuodossa yllä olevin värikoodein merkittynä.

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

2

EUROKOODIN SOVELLUSOHJEET
Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet

2

3

EUROKOODIN SOVELLUSOHJEET
Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet

3

ESIPUHE:

Tätä sovellusohjetta käytetään kaikkien yleisten teiden siltojen suunnittelussa ja niiden yksityistiesiltojen suunnittelussa, jotka saavat valtion avustusta sillan rakentamiseen. Siltojen kantavuuden määräyksestä annetaan ohjeet erikseen.

Valtion avustusta saavissa yksityisteiden silloissa voidaan liikenteestä aiheutuvien kuormien intensiteettiä pienentää kertoimella 0,7 tässä sovellusohjeessa esitetyllä tavalla. Valtionapua saavien yksityisteiden siltojen kohdalla kuormakaavion LM3 käytöstä voidaan määrätä hankekohtaisesti.

Tämä sovellusohje on tarkoitettu pienten ja keskisuurten siltojen eurokoodin mukaiseen suunnitteluun. Sovellusohjeesta on tenty tarkoituksellisesti mahdollisimman pelkistetty, eikä kaikkia eurokoodin esittämiä kuormia ole käsitelty, joten tätä ohjetta täytyy lukea yhdessä eurokoodin standardien SFS-EN 1991-2 sekä SFS-EN 1991-1-1...7 ja niiden siltoja koskevien kansallisten liitteiden kanssa.

Sovellusohjeen käyttö edellyttää eurokoodeihin tutustumista, lisäksi tätä sovellusohjetta kirjoitettaessa on oletettu, että käyttäjä hallitsee kuormien sijoittelun peruseräatteen.

Liitteessä 1 on esitetty siltojen suunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa sekä tarkastuslista suunnittelua helpottamaan.

| | | | |
|-------------|-----------|-------|---|
| NA 1991-2 | 5.7 (3) | B.5.7 | kuorman intensiteetissä (maanpaine) |
| NA 1991-1-7 | 3.2 (1) | F.3 | Kevyen liikenteen dynaamiset mallit |
| NA 1991-1-7 | | | Hyväksyttävät riskiteot |
| NA 1991-1-7 | | | la |
| NA 1991-1-7 | | | tarkas-CC3 |
| NA 1991-1-7 | 4.3.1 (1) | F.3 | Opastusta dynaamisessa ja tilastollisessa analyysissä |

~vastaa Lk II:sta

Eurokoodin kuormaosien siltoja koskevista kansallisista liitteistä viitataan tähän sovellusohjeeseen seuraavissa kohdissa: (Tässä sovellusohjeessa on mainittu harmaalla korostuksella kaikki kohdat joihin viitataan kansallisista liitteistä.)

| NA | NCCI | Sisältö | |
|-----------|-----------|---------|---|
| NA 1991-2 | 1.1 (3) | B.4.9 | Täydentäviä käyttöehtoja maanalaisten rakenteiden, tukiseinien ja tunnelien mitoitus varten |
| NA 1991-2 | 4.6.1 (2) | B.4.6.1 | Väsytkuormakaavioiden käyttö |
| NA 1991-2 | 4.6.1 (3) | B.4.6.1 | Väsytkuormakaavioiden käyttö |
| NA 1991-2 | 4.6.1 (4) | B.4.6.1 | Enkeltäminen ja muutokset |

tekstissä seuraavin värikoodein:

Vihreällä korostettuna: kohdat joissa on valittu standardin suositusarvo

Cyanilla korostettuna: kohdat joissa ei ole varsinaista suositusarvoa, mutta joissa on tehty kansallinen valinta

Eräät keskeisimmät kansalliset valinnat on merkitty tämän sovellusohjeen tekstissä seuraavin värikoodein:

Vihreällä korostettuna: kohdat joissa on valittu standardin suositusarvo

Cyanilla korostettuna: kohdat joissa ei ole varsinaista suositusarvoa, mutta joissa on tehty kansallinen valinta

Punaisella korostettuna: kohdat joissa on poikettu standardin suositusarvosta

Liitteessä 2 on esitetty kaikki siltojen kuormia koskevat kansalliset valinnat taulukkomuodossa yllä olevin värikoodein merkittynä.

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

4

EUROKOODIN SOVELLUSOHJEET
Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet

4

SISÄLTÖ

| | |
|---|----|
| A OMAPAINO (EN-1991-1-1) | 7 |
| A 4. Rakennusmateriaalien ja varastoitavien tuotteiden tilavuuspainot | 7 |
| A 5.2.3 Siltoja koskevat lisäsäännöt | 7 |
| B SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2) | 8 |
| B 1 Yleistä | 8 |
| B 4 Tieliikennekuormat ja tiesiltoja koskevat kuormat | 8 |
| B 4.2 Yleistä | 8 |
| B 4.2.4 Kaistajako | 8 |
| B 4.3 Pystykuormat | 8 |
| B 4.3.2 Kuormakaavio LM1 | 8 |
| B 4.3.3 Kuormakaavio LM2 | 9 |
| B 4.3.4 Kuormakaavio LM3 | 10 |
| B 4.3.5 Kuormakaavio LM4 | 10 |
| B 4.4 Vaakakuormat | 11 |
| B 4.4.1 Jarrutus- ja kiihdytyskuormat | 11 |
| B 4.4.2 Keskipakokuorma ja muut vaakasuuntaisesti vaikuttavat kuormat | 12 |
| B 4.5. Kuormaryhmät | 12 |
| B 4.6 Väsytytkuormat | 14 |
| B 4.6.1 Yleistä | 14 |
| B 4.6.2 Väsytytkuormakaavio FLM1 | 14 |
| B 4.6.3 Väsytytkuormakaavio FLM2 | 15 |
| B 4.6.4 Väsytytkuormakaavio FLM3 | 15 |
| B 4.6.5 Väsytytkuormakaavio FLM4 | 16 |
| B 4.6.6 Väsytytkuormakaavio FLM5 | 17 |
| B 4.7 Onnettomuuskuormat | 17 |
| B 4.9 Siltojen maatkien ja niihin liittyvien muurien kuormat | 17 |
| B 5 Kevyen liikenteen siltojen kuormat | 18 |
| B 5.3 Pystysuorien kuormien staattiset arvot | 18 |
| B 5.4 Vaakasuorien kuormien staattiset arvot | 18 |
| B 5.5 Kuormitusryhmät | 19 |
| B 5.6 Onnettomuuskuormat | 19 |
| B 5.7 Kevyen liikenteen dynaamiset mallit | 19 |
| B 5.9 Siltojen maatkien ja niihin liittyvien muurien kuormat | 20 |
| C TUULIKUORMAT (EN-1991-1-4) | 21 |
| D LÄMPÖTILAKUORMAT (EN-1991-1-5) | 23 |
| D 6.1 Siltojen päällysrakenteet | 23 |
| E TYÖNAIKAISET KUORMAT (EN-1991-1-6) | 27 |
| F ONNETTOMUUSKUORMAT (EN-1991-1-7) | 28 |
| F 3 Mitoitustilanteet | 28 |
| F 4 Törmäyskuormat | 29 |
| F 4.3.1 Törmäys tukena toimiviin alusrakenteisiin | 30 |
| F 4.3.2 Päällysrakenteisiin kohdistuva törmäys | 32 |
| F 4.5 Suistuneen junan aiheuttamat onnettomuuskuormat | 33 |
| F 4.6 Laivaliikenteen aiheuttamat onnettomuuskuormat | 33 |

5

EUROKOODIN SOVELLUSOHJEET
Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet

5

| | |
|--|----|
| G KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2) | 35 |
| G .A2.1 Käyttötarkoitus | 35 |
| G .A2.2 Kuormien yhdistely | 35 |
| G .A2.2.1 Yleistä | 35 |
| G .A2.2.6 Yhdistelykertoimien ψ arvot | 36 |
| G .A2.3 Murtorajatila | 37 |
| G .A2.3.1 Normaalisti vallitsevat mitoitustilanteet | 37 |
| G .A2.3.2 Onnettomuus- ja maanjäristysmitoitustilanteet | 39 |
| G .A2.4 Käyttörajatila | 39 |
| G .A2.4.3.2 Kevyen liikenteen mukavuuskriteerit | 40 |
| H EUROKOODIN SOVELTAMISALAN ULKOPUOLLELLE JÄÄVÄT KUORMAT JA MUUT LISÄOHJEET | 42 |
| H .1 Jääkuormat | 42 |
| H .2 Tukipainuman huomioonotto | 43 |
| H .3 Laakerikitka | 43 |
| H .4 Maanpaineen käsittely | 44 |
| H .5 Vedenpinnan aseman huomioonottaminen | 44 |
| H .6 Betonin kutistuminen ja viruminen | 44 |
| H .7 Jännevoima | 44 |

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

Siltojen kuormat
OMAPAINO (EN-1991-1-1)

7

A OMAPAINO (EN-1991-1-1)

A 4. Rakennusmateriaalien ja varastoitavien tuotteiden tilavuuspainot

Pysyviksi kuormiksi katsotaan rakenneseosien paino ja muu rakenteeseen vaikuttava muuttumaton kuorma kuten täytteen ja päällysteet, maanpaine sekä kuorma, joka aiheutuu alivedenkorkeudella olevasta vedestä.

Materiaalien tilavuuspainoja esitetään standardissa SFS-EN 1991-1-1 (liitteen A taulukot). Standardin kappaleessa 5.2.3 on esitetty siltoja koskevia lisäsääntöjä. Ellei hankekohtaisesti muuten määrätä voidaan rakenneseosien painoa laskettaessa käyttää seuraavia standardin SFS-EN 1991-1-1 liitteen A taulukoihin perustuvia tilavuuspainoja (yleensä käytetään yläraja-arvoja):

Taulukko A.1

| Materiaali | Tilavuuspaino [kN/m ³] |
|---------------------------------|------------------------------------|
| Betoni (normaaliraudoitettu) | 24 (25) |
| Teräs | 77..78,5 |
| Valuufalitti ja asfalttibetoni | 24..25 |
| Asfalttimastiksi | 18..22 |
| Jyrsäsfalitti | 23 |
| Hiekka, kuiva | 15..16 |
| Sepeli ja sora, irtonainen | 15..16 |
| Maabetoni | 18,5..19,5 |
| Murskattu masuunikuona | 13,5..14,5 |
| Sullottu kivimurske | 20,5..21,5 |
| Tiivistyssavi | 18,5..19,5 |
| Rautatiesiltojen päällyskerros: | |
| Betoninen suojakerros | 25 |
| Normaali sepelikerros | 20 |
| Basalttisepelikerros | 26 |
| ...tullaan täydentämään... | |

Päällysteen painoa laskettaessa varaudutaan lisäpäällystekerrokseen, jonka paino on 1 kN/m².

A 5.2.3 Siltoja koskevat lisäsääntöt

Standardin SFS-EN 1991-1-1 kappaleessa 5.2.3 esitettyjä eri materiaalien ylä- ja alaraja-arvoja ei tarvitse ottaa huomioon ellei hankekohtaisesti toisin määrätä.

8

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

B SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

Kuormitusyhdistelyt EN-1991-2:n mukaisesti esitetyt vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei otetakaan kantaa.

Liitteen 2 taulukossa on esitetty kaikki standardin EN 1991-2 kohdat joissa kansallinen valinta on sallittua.

B1 Yleistä

B 4 Tieliikennekuormat ja tiesiltoja koskevat kuormat

B 4.2 Yleistä

B.4.2.4 Kaistajako

Ajoneuvokuorma (dynaaminen suurennusvaikutus mukaan luettuna) määritetään käyttäen kuormakaavioita LM1...LM4. Rakenteen jokainen osa mitoitetaan sille kaavioille, joka antaa määrävän vaikutuksen. Kuormakaavio LM4 edustaa tungoskuormaa jonka käyttö voidaan määritellä hankekohtaisesti.

Kuormakaavioiden LM1...LM4 oletetaan kuormittavan sillan pituussuuntaista pintaa, kuormakaistaa, jonka leveys on 3,0 m. Kuormakaistojen lukumäärä ja sijoitus sillan poikkisuunnassa valitaan siten, että saavutetaan määrävän vaikutus.

Kuormakaistojen lukumäärä on enintään se määrä, mikä mahtuu alueelle, minne ajoneuvoilla on pääsy (ajorata ja pientareet). Erityistapauksissa (esim. ajorampit tienristeyksien läheisyydessä, leveät yksiajokaistaisten teiden sillat jne.) määritetään kuormakaistojen lukumäärä hankekohtaisesti.

Sillan kansi (yleensä hyödyllinen leveys) jaetaan 3 metrin kuormakaistoihin. Mikäli hyödyllinen leveys on 5,4...6 metriä asetetaan kannelle kaksi yhtä leveää kuormakaistaa. Kun hyödyllinen leveys on vähemmän kuin 5,4 metriä kannelle asetetaan yksi 3 metrin kuormakaista.

Lisätietoja ks. EN 1991-2 kohdat 4.2.3, 4.2.4 ja 4.2.5.

B.4.3 Pystykuormat

B.4.3.2 Kuormakaavio LM1

Kuormakaavio LM1 koostuu kuormakaistoille sijoitettavista tasaisesti jakautuneista kuormista $\alpha_q \times q_k$ sekä kahden akselikuorman $\alpha_q \times Q_k$ muodostamista telikuormista. Telikuormien akseliväli on 1,2 m ja ne sijoitetaan sillalle siten, että saadaan mahdollisimman epäedullinen vaikutus. Akseli koostuu kah-

3m kaistat

desta 2 m:n etäisyydellä toisistaan sijaitsevasta pyöräkuormasta, jonka kosketuspintana on 0,4x0,4 m neliö (ks. EN 1991-2 kuvat 4.2a ja 4.2b).

Telit sijoitetaan päällysrakenteita tarkasteltaessa kuormakaistan keskelle. Kannen yksityiskohtia tarkasteltaessa telien pyöräkuormien keskinäinen etäisyys sillan poikkisuunnassa voi kuitenkin olla 0,5 m (ks. EN 1991-2 kuva 4.2b).

Standardin SFS-EN 1991-2 kohdassa 4.3.2(3) Huom. 1 voidaan kansallisessa liitteessä esittää sovituskertoimen α_{01} ja α_{02} arvot odotettavissa olevan liikenteen ja väylien mahdollisten luokitusarvojen perusteella.

Suomessa käytetään yleisillä teillä kertoimen arvoina $\alpha_{01} = \alpha_{02} = 1$. Valtionapua saavien yksityisteiden siltojen mitoituksessa voidaan käyttää kertoimia $\alpha_{01} = \alpha_{02} = 0,7$ (vrt. standardin EN 1991-2 kohta 4.1(2)).

Edellisillä sovituskertoimilla kerrotut telikuorman ja tasan jakautuneen kuorman ominaisarvot on esitetty taulukossa B1. (vrt. EN 1991-2 taulukko 4.2):

Taulukko B1

| Sijainti | Yleiset tied | | Valtionapua saavat yksityistiet | |
|--|--|--|--|--|
| | Telikuorma $2 \times \alpha_{01} \times Q_{ik}$ (kN) | UDL q_a/q_{rk} (kN/m ²) | Telikuorma $2 \times \alpha_{02} \times Q_{ik}$ (kN) | UDL q_a/q_{rk} (kN/m ²) |
| Kaista nro 1 | 2x300 | 9 | 2x210 | 6,3 |
| Kaista nro 2 | 2x200 | 2,5 | 2x140 | 1,75 |
| Kaista nro 3 | 2x100 | 2,5 | 2x70 | 1,75 |
| Muut kaistat | - | 2,5 | - | 1,75 |
| Kaistojen ulkopuolinen alue (q_{rk}) | - | 2,5* | - | 1,75 |

* kaistojen ulkopuolisen alueen tasainen kuorma voidaan jättää huomioidatta

B.4.3.3 Kuormakaavio LM2

Kuormakaavio LM2 koostuu kuormakaistoille sijoitettavasta akselikuormasta $\beta_{02} \times Q_{ak}$, jossa Q_{ak} on 400 kN. Rakennetta voidaan kuormittaa vain akselin toisella pyöräkuormalla ($\beta_{02} \times 200$ kN), jos koko akseli ei mahdu ko. rakenteen kohtaan.

Akseli koostuu kahdesta 2 m:n etäisyydellä toisistaan sijaitsevasta pyöräkuormasta, jonka kosketuspintana on 0,35x0,6 m suorakulmio. Pyöräkuorma voi sijaita reunakiven vieressä. (ks. EN 1991-2 kuva 4.3). Globaaleja vaikutuksia tutkittaessa voidaan kosketuspinta-alaksi olettaa sama 0,4x0,4 m neliö kuin kuormakaaviolla LM1. Liikuntasaumalaitteiden vieressä käytetään dynaamista lisäsuurennuskertointa standardin EN 1991-2 kohdan 4.6.1 (6) mukaisesti.

Standardin SFS-EN 1991-2 kohdassa 4.3.3(2) Huom. 1 voidaan kansallisessa liitteessä esittää sovituskertoimen β_0 arvo odotettavissa olevan liikenteen ja väylien mahdollisten luokitusarvojen perusteella.

Suomessa käytetään yleisillä teillä kertoimen arvona $\beta_0 = 1$. Valtionapua saavien yksityisteiden siltojen mitoituksessa voidaan käyttää kertointa $\beta_0 = 0,7$ (vrt. B.4.1 ja standardin EN 1991-2 kohta 4.1(2)).

Kansallisessa liitteessä valitulla sovituskertoimella β_0 kerrotut akselikuorman ominaisarvot ovat:

- 400 kN : yleisillä teillä
- 280 kN : valtionapua saavilla yksityisteillä

B.4.3.4 Kuormakaavio LM3

Standardin SFS-EN 1991-2 kohdassa 4.3.4(1) Huom. voidaan kansallisessa liitteessä esittää ylläskaan erikoiskuorman kuormakaavio LM3.

Kuvassa B1 esitettyä kuormakaaviota LM3 käytetään, jos silta sijaitsee suurten kuljetusten reitillä tai asianomainen viranomainen on määrännyt sen käytöstä hankekohtaisesti. Kuormakaaviolla mitoitetaan rakenteet murtorajatilassa sekä alusrakenteiden kantavuus. Muiden kuin suurten kuljetusten reitillä sijaitsevien siltojen (mukaan lukien valtionapua saavien yksityisteiden siltat) kohdalla kuormakaavion LM3 käytöstä voidaan määrätä hankekohtaisesti.



Kuva B1

Asianomainen viranomainen voi määrittää täydentäviä käyttöehtoja myös hankekohtaisesti (esim. voidaan sopia standardin EN 1991-2 liitteessä A esitettyjen vakiokaavioiden käytöstä)

B.4.3.5 Kuormakaavio LM4

Kuormakaavio LM4 edustaa tungoskuormaa ja sen käytöstä määrätään hankekohtaisesti. Kuormakaaviossa kuormana on tasaisesti jakautunut kuorma 5 kN/m², joka jaetaan sillalle niin, että siitä syntyy määräävä vaikutus. Kuorma voidaan sijoittaa tarvittaessa myös keskialueelle.

LM1:

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

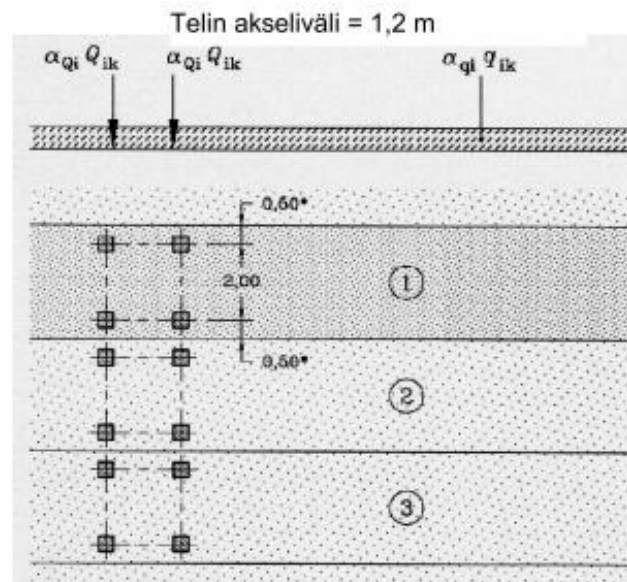
9

10

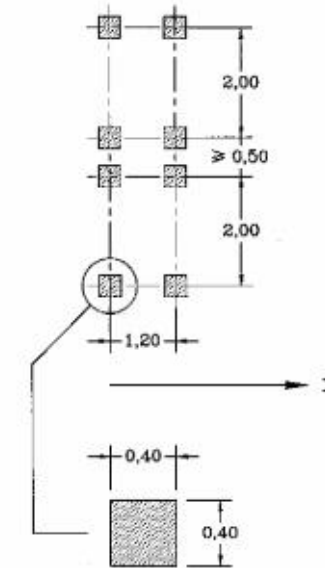
Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

| Sijainti | Yleiset tiet | | Valtionapua saavat yksityistiet | |
|--|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| | Telikuorma | UDL | Telikuorma | UDL |
| | $2 \times \alpha_{Qi} \times Q_{ik}$ (kN) | q_{ik}/q_{rk} (kN/m ²) | $2 \times \alpha_{Qi} \times Q_{ik}$ (kN) | q_{ik}/q_{rk} (kN/m ²) |
| Kaista nro 1 | 2×300 | 9 | 2×210 | 6,3 |
| Kaista nro 2 | 2×200 | 2,5 | 2×140 | 1,75 |
| Kaista nro 3 | 2×100 | 2,5 | 2×70 | 1,75 |
| Muut kaistat | - | 2,5 | - | 1,75 |
| Kaistojen ulkopuolinen alue (q_{rk}) | - | 2,5* | - | 1,75 |

LM 1: YLEENSÄ KESKELLÄ
KUORMAKAISTAA



LM 1: PAIKALLISIA VAIKUTUKSIA
TUTKITTAESSA



Kuva 4.2b Telien sijoitus sekundaarisia rakenneosia tarkasteltaessa

B.4.3.5 Kuormakaavio LM4

Kuormakaavio LM4 edustaa tungoskuormaa ja sen käytöstä määrätään hankekohtaisesti. Kuormakaaviossa kuormana on tasaisesti jakautunut kuorma 5 kN/m², joka jaetaan sillalle niin, että siitä syntyy määräävä vaikutus. Kuorma voidaan sijoittaa tarvittaessa myös keskialueelle.

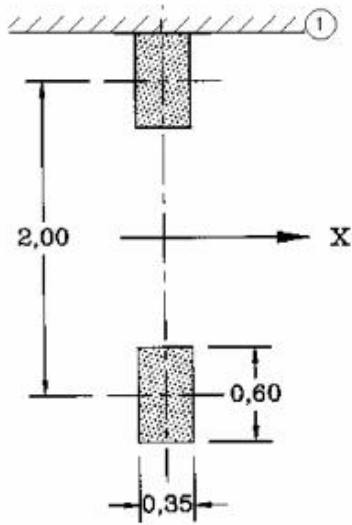
LM2:

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

9

Kansallisessa liitteessä valitulla sovituskertoimella β_Q kerrotut akselikuorman ominaisarvot ovat:

- 400 kN : yleisillä teillä
- 280 kN : valtionapua saavilla yksityisteillä



Selite
X sillan pituussuuntainen akseli
1 reunakiveys

Kuva 4.3 Kuormakaavio 2

4.3.2(3) Huom. 1 voidaan kansallisessa liitteessä esittää odotettavissa olevan liikenteen ja väylien mahdollisten

illä kertoimien arvoina $\alpha_{Q1} = \alpha_{Q2} = 1$. Valtionapua saavien yksityisteiden siltojen mitoituksessa voidaan käyttää kertoimia EN 1991-2 kohta 4.1(2)).

kerrotut telikuorman ja tasan jakautuneen kuormituksen B1. (vrt. EN 1991-2 taulukko 4.2):

| tied | Valtionapua saavilla yksityisteillä | |
|------|--|---|
| | UDL q_k/q_{rk} (kN/m ²) | Telikuorma $2 \times \alpha_{Q1} \times Q_{ik}$ (kN) |
| | | UDL q_k/q_{rk} (kN) |
| 9 | 2×210 | 6,3 |
| 2,5 | 2×140 | 1,75 |
| 2,5 | 2×70 | 1,75 |
| 2,5 | - | 1,75 |
| 2,5* | - | 1,75 |

ainainen kuorma voidaan jättää huomioimatta

ormakaistoille sijoitettavasta akselikuormasta. Rakennetta voidaan kuormittaa vain akselikuormalla (kN), jos koko akseli ei mahdu ko. rakenteeseen.

h etäisyydellä toisistaan sijaitsevasta pyöräkuormasta on 0,35x0,6 m suorakulmio. Pyöräkuormien välinen etäisyys (ks. EN 1991-2 kuva 4.3). Globaaleja vaikutuksia ei oteta huomioon. Ketuspinta-alaksi oletetaan sama 0,4x0,4 m neljää kuormakaavioita LM1-3.

Liikuntasaumalaitteiden vieressä käytetään dynaamista lisäsuurennuskertointa standardin EN 1991-2 kohdan 4.6.1 (6) mukaisesti.

Standardin SFS-EN 1991-2 kohdassa 4.3.3(2) Huom. 1 voidaan kansallisessa liitteessä esittää sovituskertoimen β_Q arvo odotettavissa olevan liikenteen ja väylien mahdollisten kuormitusolosuhteiden mukaan.

10

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

Suomessa käytetään yleisillä teillä kertoimen arvona $\beta_Q = 1$. Valtionapua saavien yksityisteiden siltojen mitoituksessa voidaan käyttää kertointa $\beta_Q = 0,7$ (vrt. B.4.1 ja standardin EN 1991-2 kohta 4.1(2)).

Kansallisessa liitteessä valitulla sovituskertoimella β_Q kerrotut akselikuorman ominaisarvot ovat:

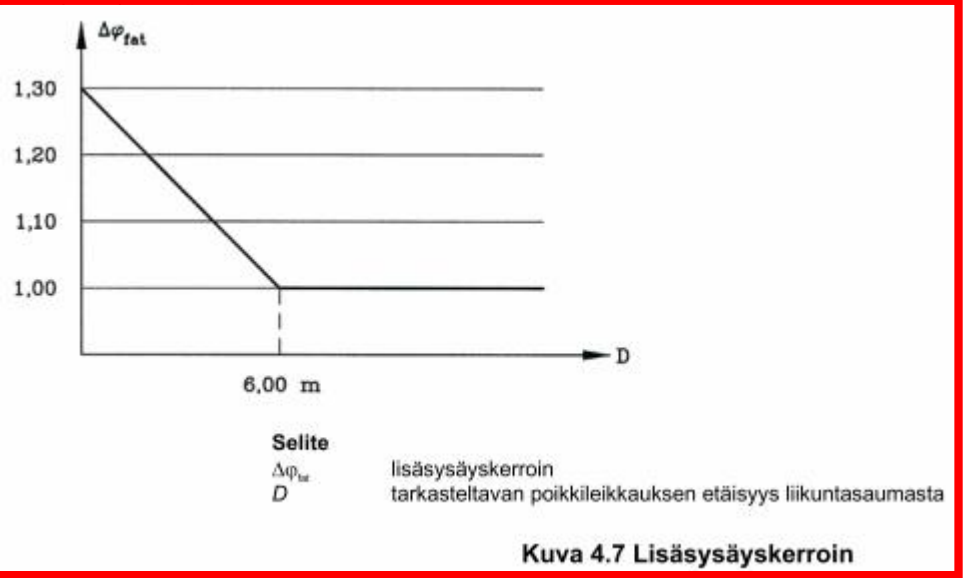
- 400 kN : yleisillä teillä
- 280 kN : valtionapua saavilla yksityisteillä

B.4.3.4 Kuormakaavio LM3

Standardin SFS-EN 1991-2 kohdassa 4.3.4(1) Huom. voidaan kansallisessa liitteessä esittää ylläskään erikoiskuorman kuormakaavio LM3.

Kuvassa B1 esitettyä kuormakaaviota LM3 käytetään, jos silta sijaitsee suur-

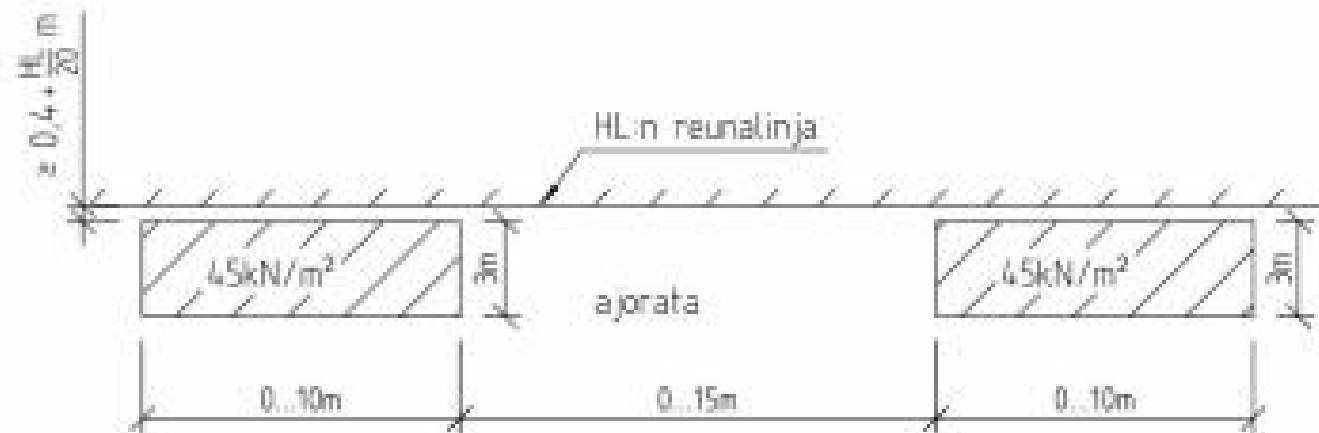
Liikuntasauvojen vieressä lisäsuurennuskertoim:



Selite
 $\Delta\varphi_{fat}$ lisäsuurennuskertoim
D tarkasteltavan poikkileikkauksen etäisyys liikuntasauvasta

Kuva 4.7 Lisäsuurennuskertoim

Kuvassa B1 esitettyä kuormakaaviota LM3 käytetään, jos silta sijaitsee suurten kuljetusten reitillä tai asianomainen viranomainen on määrännyt sen käytöstä hankekohtaisesti. Kuormakaaviolla mitoitetaan rakenteet murtorajatilassa sekä alusrakenteiden kantavuus. Muiden kuin suurten kuljetusten reitillä sijaitsevien siltojen (mukaan lukien valtionapua saavien yksityisteiden sillat) kohdalla kuormakaavion LM3 käytöstä voidaan määrätä hankekohtaisesti.



Kuva B1

Asianomainen viranomainen voi määrittää täydentäviä käyttöehtoja myös hankekohtaisesti (esim. voidaan sopia standardin EN 1991-2 liitteessä A esitettyjen vakiokaavioiden käytöstä)

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

9

10

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

HUOM. 1 Tässä luvussa määriteltävät kuormakaaviot eivät kuvaa todellisia kuormia. Ne on valittu ja määritetty siten, että niiden vaikutukset (dynaaminen suurennusvaikutus mukaan luettuna, jos näin on ilmoitettu) edustavat Euroopan maissa vuonna 2000 vallitsevaa liikennettä.

| Liikennekuormakaaviot | Ominaisarvot | Tavalliset arvot | Pitkäaikaisarvot |
|-----------------------|--|--|--|
| Tiesillat | | | |
| LM1 (4.3.2) | 1 000 vuoden toistumisjakso (tai 5 % ylittymistodennäköisyys 50 vuodessa) Euroopan pääteiden liikenteessä (kertoimien α arvo 1, ks. 4.3.2). | 1 viikon toistumisjakso Euroopan pääteiden liikenteessä (kertoimien α arvo 1, ks. 4.3.2). | Määrittely standardissa EN 1990 esitetyn määritelmän mukaisesti. |
| LM2 (4.3.3) | 1 000 vuoden toistumisjakso (tai 5 % ylittymistodennäköisyys 50 vuodessa) Euroopan pääteiden liikenteessä (kertoimien β arvo 1, ks. 4.3.3). | 1 viikon toistumisjakso Euroopan pääteiden liikenteessä (kertoimien β arvo 1, ks. 4.3.3). | Ei merkityksellinen |
| LM3 (4.3.4) | Käytetään nimellisarvoja. Liitteessä A määritellyt perusarvot on johdettu kansallisia säännöksiä yhdistämällä. | Ei merkityksellinen | Ei merkityksellinen |
| LM4 (4.3.5) | Nimellisarvo, jonka tarkoitus on esittää ruuhkan vaikutuksia. Määrittely olemassa olevien kansallisten standardien perusteella. | Ei merkityksellinen | Ei merkityksellinen |

ssa voidaan käyttää kerrointa $\beta_0 =$ (ks. kohta 4.1(2)).

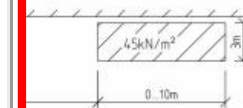
toimella β_0 kerrotut akselikuorman

illa yksityisteillä

on, voidaan kansallisessa liitteessä esittää

33 käytetään, jos silta sijaitsee suur-
ranomainen on määrännyt sen käy-
mitoitetaan rakenteet murtorajati-
uiden kuin suurten kuljetusten reitit-
tionapua saavien yksityisteiden sil-
ä voidaan määrätä hankekohtaisesti-

inja



ää täydentäviä käyttöehtoja myös
standardin EN 1991-2 liitteessä A

ormaa ja sen käytöstä määrätään

HUOM. 3 Kaavioihin sisältyvä dynaaminen suurennusvaikutus (väsymistä lukuun ottamatta), vaikka se onkin määritelty päällysteen laadun ollessa keskitasoista (ks. liitettä B) ja ajoneuvoille, joissa on paineilmorenkkaat, riippuu monista parametreista ja tarkasteltavasta voimasuureesta. Siksi sitä ei voi esittää yksikäsitteisen kertoimen avulla. Joissakin epäedullisissa tapauksissa arvo voi olla jopa 1,7 (paikalliset vaikutukset), mutta vielä epäedullisempia arvoja voidaan saavuttaa, jos päällysteen laatu on huonompi tai jos on olemassa resonanssin riski. Nämä tapaukset voidaan välttää päällysteen riittävän laadun ja riittävien suunnittelutoimenpiteiden avulla. Siksi dynaamisen lisäsuurennuskertoimen huomioon ottaminen saattaa olla tarpeen tietyissä laskelmissa (ks. kohtaa 4.6.1(6)) tai hankekohtaisesti).

11

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

B.4.4 Vaakakuormat

B.4.4.1 Jarrutus- ja kiihdytyskuormat

Ajoneuvon jarrutuksen ja kiihdytyksen aiheuttaman vaakasuora jarrukuorma Q_{jk} vaikuttaa pituussuuntaisesti ajoradan pinnan tasolla. Kuorman voi olettaa jakaantuvan tasaisesti koko ajoradan leveydelle. Kuorman ominaisarvo Q_{jk} lasketaan kaavalla

$$Q_{jk} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) + 0,10\alpha_{Q1}q_{1k}w_T L$$

Edellisissä kappaleissa esitetyin sovituskertoimin Suomessa käytettävät jarrukuorman arvot ovat:

- 360 + 2,7×L [kN] : yleisillä teillä
- 252 + 1,89×L [kN] : valtionapua saavilla yksityisteillä

Määriteltäessä jarrukuormaa tarkoitetaan siltakannen pituudella todellista yhtenäisen sillan osan pituutta, ts. pituutta, joka vastaa etäisyyttä kahden sellaisen ylimenolaitteen välillä, jotka eivät siirrä vaakakuormia.

Rakenteet, jotka voidaan kuormittaa kahdesta tai useammasta sillan osasta aiheutuvalla jarrukuormalla, mitoitetaan yhdelle (määräavalle) jarrukuormalle Q_{jk} .

Määräysten SFS-EN 1991-2 kohdassa 4.4.1(2) luokan 2 voimien kuormitusta aiheuttavaksi jarrukuorman ylärajana suositussarvona on 200kN joka on tarkoitettu kallistamaan soittosäpi-
reivonien suuri STANAG-sopimusten (Mutual STANdardization Agreements - STANAG 2021) mukainen jarrukuorma.

Suomessa käytetään jarrukuorman ylärajana 500kN.

Liikuntasuomoihin ja yhden akselin kuormittamiin rakenneosiin vaikuttava vaakasuuntainen kuorma saadaan kaavalla

$$Q_{ik} = 0,6\alpha_{Q1} Q_{jk}$$

Edellisissä kappaleissa esitetyin sovituskertoimin liikuntasuomoihin ja yhden akselin kuormittamiin rakenneosiin vaikuttavat vaakasuuntaisen kuormat ovat:

- 180 kN : yleisillä teillä
- 126 kN : valtionapua saavilla yksityisteillä

12

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

B.4.4.2 Keskipakokuorma ja muut vaakasuuntaisesti vaikuttavat kuormat

Keskipakokuorma Q_{ik} vaikuttaa valmiin ajoradan pinnan korkeudella ajoradan säteen suunnassa pistekuormana missä tahansa kannen poikkileikkauksessa, joka sijaitsee säteen r alueella. Voiman Q_{ik} ominaisarvo, jossa dynaamiset vaikutukset ovat mukana, saadaan taulukosta B2.

Taulukko B2

| Q_{ik} [kN] | r [m] |
|---------------|-----------|
| 0,2 Q_{ik} | 200 |
| 40 Q_{ik}/r | 200..1500 |
| 0 | 1500 |

r = ajoradan keskiviivan vaakasäde

Q_{ik} = kuormakaavion LM1 telien pystysuuntaisten pistekuormien summa

(Suomen kansallisilla valinnoilla Q_{ik} = 600 kN mikäli siltakannelle mahtuu vain yksi kaista, 1000 kN kun sillalle mahtuu 2 kaistaa ja 1200 kN kun sillalle mahtuu > 2 kaistaa)

Vinosta jarrutuksesta tai sivulisusta aiheutuva poikittainen kuorma Q_{ik} on 25 % pituussuuntaisesta jarru- tai kiihdytyskuormasta Q_{jk} . Kyseinen kuorma vaikuttaa samanaikaisesti kuorman Q_{jk} kanssa.

B.4.5. Kuormaryhmät

Eurokoodissa liikennekuormia ei yhdistellä sellaisenaan muiden kuormien kanssa (kuten aiemmissa Tiehallinnon ohjeissa). Eurokoodissa muodostetaan liikennekuormista (pysty- ja vaakakuormista) ns. kuormaryhmiä, joita käsitellään yksittäisinä kuormina kuormitusyhdistelyissä. Tieliikenteen silloilla kuormaryhmiä on yhteensä kuusi kappaletta, eivätkä ne voi esiintyä samanaikaisesti kuormitusyhdistelyssä. Tieliikenteen siltojen kuormaryhmät on esitetty taulukossa B3.

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

11

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

B.4.4 Vaakakuormat

Jarrukuorma:

kuormat

ksen aiheuttaman vaakasuora jarrukuorma
joradan pinnan tasolla. Kuorman voi olettaa
jakaantuvan tasaisesti koko ajoradan leveydelle. Kuorman ominaisarvo Q_{jk}

$$Q_{jk} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) + 0,10\alpha_{Q1}Q_{1k}W_1L$$

Edellisissä kappaleissa esitetyin sovituskertoimin Suomessa käytettävät jarrukuorman arvot ovat:

- 360 + 2,7×L [kN] : yleisillä teillä
- 252 + 1,89×L [kN] : valtioneapua saavilla yksityisteillä

Standardin SFS-EN 1991-2 kohdassa 4.4.1(2) huom. 2 voidaan kansallisessa tilaussäädöksessä rajoittaa jarrukuorman ylärajaa (suositusarvona on 900kN joka on tarkoitettu kattamaan sotilasajoneuvojen suuri STANAG-sopimusten (Military Standardization Agreements, STANAG 2021) mukainen jarrukuorma).

Suomessa käytetään jarrukuorman ylärajana 500kN.

Suomessa käytetään jarrukuorman ylärajana 500kN.

$$Q_{ik} = 0,6\alpha_{Q1}Q_{1k}$$

Edellisissä kappaleissa esitetyin sovituskertoimin liikuntasaumoihin ja yhden akselin kuormittamiin rakenneseisiin vaikuttavat vaakasuuntaisen kuormat ovat:

- 180 kN : yleisillä teillä
- 126 kN : valtioneapua saavilla yksityisteillä

12

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

B.4.4.2 Keskipakokuorma ja muut vaakasuuntaisesti vaikuttavat kuormat

Keskipakokuorma ja sivusysäys:

Keskipakokuorma Q_{1k} vaikuttaa valmiin ajoradan pinnan korkeudella ajoradan säteen suunnassa pistekuormana missä tahansa kannen poikkileikkauksessa, joka sijaitsee säteen r alueella. Voiman Q_{1k} ominaisarvo, jossa dynaamiset vaikutukset ovat mukana, saadaan taulukosta B2.

Taulukko B2

| Q_{1k} [kN] | r [m] |
|---------------|-----------|
| $0,2Q_v$ | 200 |
| $40Q_v/r$ | 200..1500 |
| 0 | 1500 |

r = ajoradan keskiviivan vaakasäde

Q_v = kuormakaavion LM1 tellien pystysuuntaisten pistekuormien summa

(Suomen kansallisilla valinnoilla $Q_v = 600$ kN mikäli siltakannelle mahtuu vain yksi kaista, 1000 kN kun sillalle mahtuu 2 kaistaa ja 1200 kN kun sillalle mahtuu > 2 kaistaa)

Vinosta jarrutuksesta tai sivuluisusta aiheutuva poikittainen kuorma Q_{yk} on 25 % pituussuuntaisesta jarru- tai kiihdytyskuormasta Q_{1k} . Kyseinen kuorma vaikuttaa samanaikaisesti kuorman Q_{1k} kanssa.

B.4.5. Kuormaryhmät

Eurokoodissa liikennekuormia ei yhdistellä sellaisenaan muiden kuormien kanssa (kuten aiemmissa Tiehallinnon ohjeissa). Eurokoodissa muodostetaan liikennekuormista (pysty- ja vaakakuormista) ns. kuormaryhmiä, joita käsitellään yksittäisinä kuormina kuormitusyhdistelyissä. Tieliikenteen silloilla kuormaryhmiä on yhteensä kuusi kappaletta, eivätkä ne voi esiintyä samanaikaisesti kuormitusyhdistelyssä. Tieliikenteen siltojen kuormaryhmät on esitetty taulukossa B3.

Taulukko B3

Taulukko 4.4a (F5) - Liikennekuormaryhmien määrittäminen (useasta komponentista muodostuvien kuormitusten ominaisarvot)

| AJORATA MENTAREINEEN | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Pystykuormat | | | | | | Vaakakuormat | | Käyden liikenteen väylä |
| LMI | | LMD | LMD | LMI | Jarru- ja kiskokuormat | Keskikokoisuus ja sivukuorma | Yhteisnäyttö | |
| Toll | UDL | Yksittäinen akseli | Eriakselikuorma | Runkokuorma | | | | |
| EN 1991-2 4.3.2 | | EN 1991-2 4.3.3 | EN 1991-2 4.3.4 | EN 1991-2 4.3.5 | EN 1991-2 4.4.1 | EN 1991-2 4.4.2 | EN 1991-2 5.2.2.1 | |
| gr1a | Ominaisarvo | | | | | | Yhteisnäyttö 3 km/m ² | |
| | 1 | 1 | | | | | | |
| gr1b | | | Ominaisarvo 1 | | | | | |
| gr2 | Tasainen akseli (r1) | | | | | Ominaisarvo 1 | Ominaisarvo 1 | |
| | 0,75 | 0,4 | | | | | | |
| gr3 | | | | | | | Ominaisarvo 5 km/m ² | |
| gr4 | | | | | Ominaisarvo 1 | | Ominaisarvo 5 km/m ² | |
| gr5 | | | | Ominaisarvo 1 | | | | |

Taulukko B3

Taulukko 4.4a (P) - Liikennekuormien määrittäminen (useita komponentteja muodostavien kuormitusten ominaisarvot)

| | Pystysuorat | | | | Vaakasuorat | | Kevyen liikenteen väli |
|------|--------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|---|------------------------------------|
| | LM1 Tel. EN 1991-2 4.3.1 | LM2 Käytävän alus EN 1991-2 4.3.1 | LM3 Ei-akseli EN 1991-2 4.3.1 | LM4 Rakenteen alus EN 1991-2 4.3.1 | Jano- ja kylätyösuorat EN 1991-2 4.4.1 | Käsitösuorat ja rakenteet EN 1991-2 4.4.1 | |
| gr1a | 1 | 1 | | | | | Yhteisnäkö 5 kN/m ² |
| gr1b | | Ominaisarvo 1 | | | | | |
| gr2 | Tavalliset alus- ja 3,75 | 3,4 | | | Ominaisarvo 1 | Ominaisarvo 1 | Ominaisarvo 5 kN/m ² |
| gr3 | | | | Ominaisarvo 1 | | | Ominaisarvo 5 kN/m ² |
| gr4 | | | | Ominaisarvo 1 | | | Ominaisarvo 5 kN/m ² |
| gr5 | | | Ominaisarvo 1 | | | | |

Taulukkoon on kirjoitettu sisään (eurokoodin alkuperäisestä taulukosta poiketen, ks. EN 1991-2 taulukko 4.4a) käytettävät yhdistelykertoimet sekä Suomen kansalliset valinnat.

Tiesiltojen yhdistelykertoimet (ψ_0 , ψ_1 ja ψ_2) esitetään taulukossa G1 ja kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa taulukoissa G4...G8. Tämän sovellusohjeen liitteessä 1 on esitetty sillansuunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa.

Koska eri kuormaryhmillä on selvä käyttötarkoituksensa (mitoitettavat eri asioita) ei kaikkia kuormaryhmiä tarvitse aina muodostaa. Alla on eritelty kunkin kuormaryhmän sisältö (sulkuihin on kirjoitettu mahdollinen käyttötarkoitus ko. kuormaryhmälle).

gr1a:

- Pystysuora liikennekuorma LM1 ominaisarvoltaan
- mahdollisen kevyen liikenteen kaistan kuorma 3 kN/m²
- (mitoittaa usein pääkannattimet ja kansilaatan poikittain)
- Yleensä aina mitoitettava, aina laskettava

gr1b:

- Pystysuoran liikennekuorma LM2 ominaisarvoltaan
- (mitoittaa mahdollisesti ortotrooppikannen, ulokkeen yms.)
- Yleensä ei mitoitettava, yleensä kuitenkin laskettava

gr2:

- Pystysuora liikennekuorma LM1 tavallisella arvolla (telikuormat kerrottuna arvolla 0,75 ja tasaiset kuormat arvolla 0,40)
- Liikenteestä aiheutuvat vaakakuormat ominaisarvoltaan
- (mitoittaa usein alusrakenteet)
- Usein mitoitettava, aina laskettava

gr3:

- Pelkästään kevyen liikenteen kaistat kuormitettuna pintakuormalla 5 kN/m²
- Harvoin mitoitettava, ei yleensä tarvitse tarkastella

gr4:

- Kevyen liikenteen kaistat kuormitettuna pintakuormalla 5 kN/m²
- Muut kaistat kuormitettuna ruuhkakuormalla 5 kN/m²
- Harvoin mitoitettava, ei yleensä tarvitse tarkastella

gr5:

- Yliraskaan erikoiskuorman kuormakaavio LM3 ominaisarvoltaan
- (mitoittaa mahdollisesti rakenteita murtorajatilassa)
- Usein mitoitettava ja aina laskettava
- ks. käyttöehdot kohdasta B.4.3.4

Välittömästi ajorataan liittyvä jalkakäytävä tai pyörätie suunnitellaan liikennekuormille (eli varaudutaan siihen, että ne otetaan myöhemmin ajoneuvoliikenteen käyttöön).

B.4.6 Väsytytkuormat

B 4.6.1 Yleistä

Standardin SFS-EN 1991-2 kansallisen liitteen kohdissa 4.6.1 (2) Huom. 2 viitataan tähän sovellusohjeeseen kohtaan: (täydentäviä käyttöehtoja väsytytkuormakaavioiden käytöstä.)

Eurokoodissa (EN 1991-2 kappale 4.6) esitetään viisi erilaista väsytytkuormakaaviota. Väsytytkuormakaavioita FLM1, FLM2 sekä FLM3 käytetään kuormakaavioiden aiheuttamien maksimi- ja minimijännitysten määrittämiseen ja kaavioita FLM4 sekä FLM5 jännitysvaihteluvälin spektrin määrittämiseen.

Ensisijaisesti suositellaan käytettäväksi väsytytkuormakaavioita FLM3. Lisäksi väsytytkuormakaaviota FLM1 voidaan käyttää sen tarkastamiseen voidaanko väsymisikää pitää rajattomana. Muiden kuormakaavioiden käytöstä tulee sopia asianomaisen viranomaisen kanssa hankekohtaisesti.

Mikäli väsyttävän kuorman sijainnilla (poikittain) kaistalla on merkittävää vaikutusta mitoitukseen (esim. paikallisia voimasuureita määritettäessä), otetaan poikittaisen sijainnin jakauma huomioon standardin EN 1991-2 kuvan 4.6 mukaan.

Liikuntasuomalaitteiden läheisyydessä otetaan huomioon dynaaminen lisäsuurennuskertoimen $\Delta\psi_{fat} = 1,30 \times (1-D/26) \geq 1,0$, missä D on etäisyys (m) liikuntasuomalaitteesta. Kyseistä lisäsuurennuskertointa voidaan käyttää myös muiden mahdollisten epäjatkuvuuskohtien kohdalla (esim. EN 1993-1 kohta 7.8.2 (2), ks. myös tämän sovellusohjeen kohta B.4.3.3).

Tarkempi väsymimitoitusten menetelmä esitetään materiaalikohteisissa sovellusohjeissa. On huomattava, että esimerkiksi betonisiltojen tietyissä väsytystarkasteluissa ei käytetä standardin EN 1991-2 väsytystarkasteluja.

B.4.6.2 Väsytytkuormakaavio FLM1

13

14

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

gr1a:

- Pystysuora liikennekuorma LM1 ominaisarvollaan
- mahdollisen kevyen liikenteen kaistan kuorma 3 kN/m^2
- (mitoittaa usein pääkannattimet ja kansilaatan poikittain)
- Yleensä aina mitoitettava, aina laskettava

gr1b:

- Pystysuoran liikennekuorma LM2 ominaisarvollaan
- (mitoittaa mahdollisesti ortotrooppikannen, ulokkeen yms.)
- Yleensä ei mitoitettava, yleensä kuitenkin laskettava

gr2:

- Pystysuora liikennekuorma LM1 tavallisella arvolla (telikuormat kerrottuna arvolla 0,75 ja tasaiset kuormat arvolla 0,40)
- Liikenteestä aiheutuvat vaakakuormat ominaisarvollaan
- (mitoittaa usein alusrakenteet)
- Usein mitoitettava, aina laskettava

gr5:

- Yliraskaan erikoiskuorman kuormakaavio LM3 ominaisarvollaan
- (mitoittaa mahdollisesti rakenteita murtorajatilassa)
- Usein mitoitettava ja aina laskettava
- ks. käyttöehdot kohdasta B.4.3.4

Ainoa jossa
vaakakuormat
mukana



Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

13

14

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

Taulukko B3

gr5:

gr3:

- Pelkästään kevyen liikenteen kaistat kuormitettuna pintakuormalla 5 kN/m²
- Harvoin mitoittava, ei yleensä tarvitse tarkastella

gr4:

- Kevyen liikenteen kaistat kuormitettuna pintakuormalla 5 kN/m²
- Muut kaistat kuormitettuna ruuhkakuormalla 5 kN/m²
- Harvoin mitoittava, ei yleensä tarvitse tarkastella

gr1a:

- Pystysuora liikennekuorma LM1 ominaisarvoltaan
- mahdollisen kevyen liikenteen kaistan kuorma 3 kN/m²
- (mitoittaa usein pääkannattimet ja kansilaatan poikittain)

seen.

Ensisijaisesti suositellaan käytettäväksi väsytkuormakaavioita FLM3. Lisäksi väsytkuormakaaviota FLM1 voidaan käyttää sen tarkastamiseen

Välittömästi ajorataan liittyvä jalkakäytävä tai pyörätie suunnitellaan liikennekuormille (eli varaudutaan siihen, että ne otetaan myöhemmin ajoneuvoliikenteen käyttöön).

- Usein mitoittava, aina laskettava

gr3:

- Pelkästään kevyen liikenteen kaistat kuormitettuna pintakuormalla 5 kN/m²
- Harvoin mitoittava, ei yleensä tarvitse tarkastella

gr4:

- Kevyen liikenteen kaistat kuormitettuna pintakuormalla 5 kN/m²
- Muut kaistat kuormitettuna ruuhkakuormalla 5 kN/m²
- Harvoin mitoittava, ei yleensä tarvitse tarkastella

kohta 7.8.2 (2), ks. myös tämän sovellusohjeen kohta B.4.3.3).

Tarkempi väsymismitoitusten esitetään materiaalikohtaisissa sovellusohjeissa. On huomattava, että esimerkiksi betonisiltojen tietyissä väsytystarkasteluissa ei käytetä standardin EN 1991-2 väsytyssajoneuvoja.

B.4.6.2 Väsytytkuormakaavio FLM1

VÄSYTYSKUORMAT:

13

14

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

Taulukko B3
Taulukko 4.6a (EN-1991-2) - Liikennekuormat

| Tyyppi | LIIKENNEKUORMAT | | LIIKENNEKUORMAT |
|--------|-----------------|-----|-----------------|
| | LM1 | LM2 | |
| gr1a | 1 | 1 | 1 |
| gr1b | 1 | 1 | 1 |
| gr2 | 1 | 1 | 1 |
| gr3 | 1 | 1 | 1 |
| gr4 | 1 | 1 | 1 |
| gr5 | 1 | 1 | 1 |

Taulukkoon on kirjoitettu kuormat, ks. EN 1991-2 Suomen kansalliset vaihtoehdot.

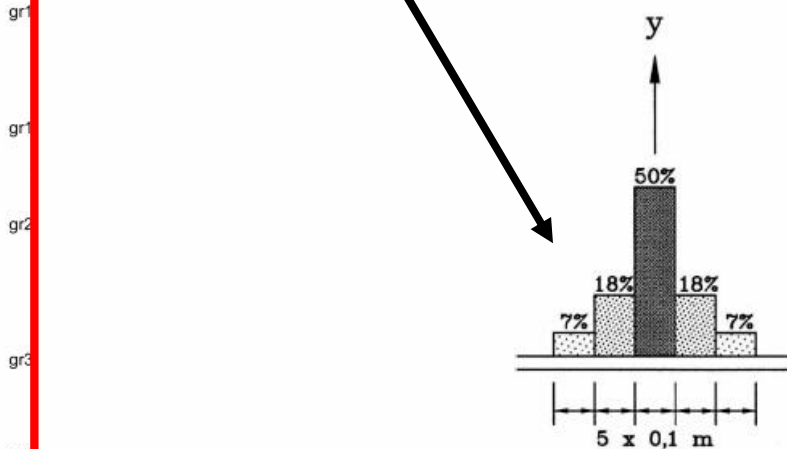
Tiesiltojen yhdistelyt ja kuormitusyhdistelyt noudattavat sovelletun kuormitusyhdistelyt murto-

Koska eri kuormaryhmiä ei kaikkia kuormaryhmän sisältäviä kuormaryhmälle).

Eurokoodissa (EN 1991-2 kappale 4.6) esitetään viisi erilaista väsytySKUORMAKAAVIOITA. VäsytySKUORMAKAAVIOITA FLM1, FLM2 sekä FLM3 käytetään kuormakaavioiden aiheuttamien maksimi- ja minimijännitysten määrittämiseen ja kaavioita FLM4 sekä FLM5 jännitysvaihteluvälin spektrin määrittämiseen.

Ensisijaisesti suositellaan käytettäväksi väsytySKUORMAKAAVIOITA FLM3. Lisäksi väsytySKUORMAKAAVIOITA FLM1 voidaan käyttää sen tarkastamiseen voidaanko väsymisikää pitää rajattomana. Muiden kuormakaavioiden käyttöä tulee sopia asianomaisen viranomaisen kanssa hankekohtaisesti.

Mikäli väsyttävän kuorman sijainnilla (poikittain) kaistalla on merkittävää vaikutusta mitoitukseen (esim. paikallisia voimasuureita määritettäessä), otetaan poikittaisen sijainnin jakauma huomioon standardin EN 1991-2 kuvan 4.6 mukaan.



Kuva 4.6 Ajoneuvon keskilinjan poikittaisen sijainnin jakautuma kuormakaistan keskilinjaan nähden

aisarvolla

nitellaan liikenne-
mmiin ajoneuvoli-

2 vitataan (shän
den käytöstä.)

asta väsytySKUORMA-
FLM3 käytetään
määrittämi-
rittämi-

M3. Li-
miseen
käytös-

ää vai-
ä), ote-
kuvan

nen li-
yys (m)
käyttää
1993-1

sovel-
äsytyS-

Väsytytkuormakaavio FLM1 on rakenteeltaan samanlainen kuin kohdassa B.4.3.2 määritelty kuormakaavio LM1, siten, että akselikuormien arvot ovat $0,7 \times Q_{ik}$ ja tasaisesti jakautuneiden kuormien arvot $0,3 \times q_{ik}$.

Väsytytkuormakaavion aiheuttamat maksimi- ja minimijännitykset $\sigma_{FLM,max}$ ja $\sigma_{FLM,min}$ määritetään sijoittamalla kaavion kuormat sillalle siten, että ääriarvot saavutetaan. Saatua jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalikohtaisissa sovellusohjeissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

B.4.6.3 Väsytytkuormakaavio FLM2

Väsytytkuormakaavion FLM2 käyttö on sallittu vain, mikäli sillalla on yksi ajokaista (asianomaisen viranomaisen hankekohtaisesti antamalla suostumuksella).

Väsytytkuormakaaviossa FLM2 kuormitetaan siltaa yhdellä idealisoidulla kuorma-autolla (ks. EN 1991-2 taulukko 4.6). Maksimi- ja minimijännitykset saadaan kaaviosta tarkastelemalla erillisten kuorma-autojen aiheuttamia äärimmäisiä vaikutuksia. Saatua jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalikohtaisissa sovellusohjeissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

B.4.6.4 Väsytytkuormakaavio FLM3

Väsytytkuormakaaviota FLM3 suositellaan käytettäväksi väsymismitoituksessa.

Väsytytkuormakaavio FLM3 koostuu neljästä akselistä (akselipaino 120 kN), joista jokaisessa on kaksi samanlaista pyörää (kosketuspinta on neliö, jonka sivumitat ovat 0,4 m). Akselivälit ovat 1,2 + 6 + 1,2 metriä ja akselien rengasväli 2,0 metriä (ks. EN 1991-2 kuva 4.8). Tarvittaessa väsytytkuormakaavioon otetaan mukaan toinen ajoneuvo jonka akselipainot ovat 36 kN ja jonka etäisyys on edellisen ajoneuvon keskeltä mitattuna vähintään 40m. (toinen ajoneuvo täytyy ottaa käyttöön, mikäli sillan jännemat ovat yli 40 metriä, tällöin varmistetaan riittävä kestävyys väsytykselle välitukialueella).

Väsytytkuormakaavion aiheuttamat maksimi- ja minimijännitykset $\sigma_{FLM,max}$ ja $\sigma_{FLM,min}$ määritetään sijoittamalla kaavion kuormat sillalle siten, että ääriarvot saavutetaan. Saatua jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalikohtaisissa sovellusohjeissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Kun käytetään väsytytkuormakaaviota FLM3, saadaan ajoneuvojen lukumäärä taulukosta B4 (EN 1991-2 kansallinen liite, taulukko 4.5n(F)):

Standardin SFS-EN 1991-2 kohdassa 4.6.1(3) huom. 1 voidaan kansallisessa liitteessä määrittellä liikenteen luokkia ja arvoja. Taulukon 4.5n arvot ovat suurinta arvoa.

Taulukko B4

| | Liikenteen luokat (suluissa on esitetty kriteerit liikenteen luokan valinnalle: raskaiden ajoneuvojen määrä/vrk/suunta sillan käyttöön alussa) | N_{obs} vuotta ja hitaan liikenteen kais- taa kohti (Laskennassa käytetty raskaiden ajoneuvojen määrä/vuosi/suunta) |
|---|--|---|
| 1 | Moottori-, moottoriliikenne- ja muut tiet, joilla suuntaa kohti on vähintään 2 kaistaa, joilla kuorma-autoista muodostuva liikennemäärä on suuri (> 1200 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | $2,0 \times 10^6$ |
| 2 | Moottori-, moottoriliikenne- ja muut tiet, joilla kuorma-autoista muodostuva liikennemäärä on keskimääräinen (200...1200 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | $0,5 \times 10^6$ |
| 3 | Päätiet, joilla kuorma-autojen liikennemäärä on vähäinen (50...200 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | $0,125 \times 10^6$ |
| 4 | Paikallistiet, joilla kuorma-autojen liikennemäärä on vähäinen (< 50 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | $0,05 \times 10^6$ |

Raskaan liikenteen jakauma saadaan standardin EN 1991-2 taulukosta 4.7, jossa oletetaan liikenteen tyyppiä "Keskipitkä liikenne", ellei hankekohtaisesti toisin määrätä.

Taulukkojen B4 ja 4.7 (standardissa EN 1991-2) avulla voidaan määrittää väsymismitoituksessa tarvittava ekvivalentti vauriokerroin λ_2 teräs- ja liittosilloille (ks. EN 1993-2 kappale 9.5.2) sekä $\lambda_{2,2}$ betonisilloille (ks. EN 1992-2, liite NN). Kyseisten taulukoiden kansalliset valinnat on valittu siten, että mitoitus vastaa todellista suomalaista raskasta liikennettä.

Tarkempi väsymismitoitustmenettely sekä valmiiksi lasketut λ_2 - kertoimet eri liikenteen luokille ja tyypeille esitetään materiaalikohtaisissa sovellusohjeissa.

B.4.6.5 Väsytytkuormakaavio FLM4

Väsytytkuormakaaviossa FLM4 kuormitetaan siltaa sarjalla ekvivalenteja kuorma-autoja, jotka yhdessä tuottavat Euroopan teillä tyypillisen liikenteen kaltaiset vaikutukset (ks. EN 1991-2 taulukko 4.7). Yksittäisten kuorma-autojen siltaa ylittäessään aiheuttamasta jännityksen vaihtelusta syntyvän jännitysvaihteluvälän spektrin ja vastaavan jaksojen lukumäärän määrittämiseen käytetään rainflow-menetelmää tai vesisäiliöanalogiaa.

Väsytytkuormakaavion FLM4 käyttö on sallittu vain asianomaisen viranomaisen suostumuksella. Väsytytkuormakaavion FLM4 käyttö on perusteltua kansirakenteen yksityiskohtien väsymismitoituksessa (esim. teräksinen ortotooppikansi). Asianomainen viranomainen voi tarvittaessa määrittää standardin EN 1991-2 taulukon 4.7 liikenteen tyyppin sekä laskennassa käytetyt ekvivalentit akselikuormat myös hankekohtaisesti.

FLM1:

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

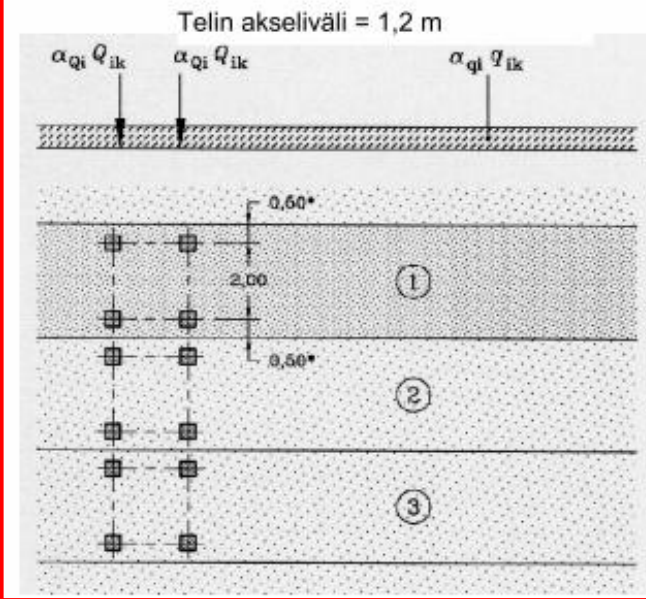
15

16

| Sijainti | Yleiset tied | | Valtionapua saavat yksityistiet | |
|--|--|---|--|---|
| | Telikuorma $2 \times \alpha_{Qi} \times Q_{ik}$ (kN) | UDL q_{ik}/q_{rk} (kN/m ²) | Telikuorma $2 \times \alpha_{Qi} \times Q_{ik}$ (kN) | UDL q_{ik}/q_{rk} (kN/m ²) |
| Kaista nro 1 | 2×300 | 9 | 2×210 | 6,3 |
| Kaista nro 2 | 2×200 | 2,5 | 2×140 | 1,75 |
| Kaista nro 3 | 2×100 | 2,5 | 2×70 | 1,75 |
| Muut kaistat | - | 2,5 | - | 1,75 |
| Kaistojen ulkopuolinen alue (q_{rk}) | - | 2,5* | - | 1,75 |

Väsytkuormakaaviossa FLM2 kuormitetaan sitä yhdellä idealisoitulla kuorma-autolla (ks. EN 1991-2 taulukko 4.6). Maksimi- ja minimijännitykset saadaan kaaviosta tarkastelemalla erillisten kuorma-autojen aiheuttamia äärimmäisiä vaikutuksia. Saatuja jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalikohteisissa sovellusohjeessa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

B.4.6.4 Väsytkuormakaavio FLM3



Raskaan liikkeen
jossa oletetaan
toisin määrätä

Taulukkojen B
väsymismitoit
loille (ks. EN

Väsytkuormakaavio FLM1 on rakenteeltaan samanlainen kuin kohdassa B.4.3.2 määritelty kuormakaavio LM1, siten, että akselikuormien arvot ovat $0,7 \times Q_{ik}$ ja tasaisesti jakautuneiden kuormien arvot $0,3 \times q_{ik}$.

Väsytkuormakaavion aiheuttamat maksimi- ja minimijännitykset $\sigma_{FLM,max}$ ja $\sigma_{FLM,min}$ määritetään sijoittamalla kaavion kuormat sillalle siten, että ääriarvot saavutetaan. Saatuja jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalikohteisissa sovellusohjeessa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

FLM2:

15

16

B.4.6.3 Väsytkuormakaavio FLM2

Väsytkuormakaavion FLM2 käyttö on sallittu vain, mikäli sillalla on yksi ajokaista (asianomaisen viranomaisen hankekohtaisesti antamalla suostumuksella).

Väsytkuormakaaviossa FLM2 kuormitetaan siltaa yhdellä idealisoidulla kuorma-autolla (ks. EN 1991-2 taulukko 4.6). Maksimi- ja minimijännitykset saadaan kaaviosta tarkastelemalla erillisten kuorma-autojen aiheuttamia äärimmäisiä vaikutuksia. Saatuja jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalikohtaisissa sovellusohjeessa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

| enteen luokat y kriteerit liikenteen luokan ajoneuvojen määrän sillan käyttöön alussa) | N _{obs} vuotta ja hitaan liikenteen kais- taa kohti (Laskemassa käytetty raskaiden ajo- neuvojen määrä/vuosi/suunta) |
|---|--|
| moottoriliikenne- ja muut suuntaa kohti on vähintään 2 tulla kuorma-autoista muodos- tettujen määrä on suuri (> 1200 ajoneuvoa /vrk/suunta) | 2,0 × 10 ⁶ |
| moottoriliikenne- ja muut kuorma-autoista muodostuva määrä on keskimääräinen (0 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | 0,5 × 10 ⁶ |
| kuorma-autojen liikenne- vähäinen (50...200 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | 0,125 × 10 ⁶ |
| ajoneuvojen liikenne- vähäinen (< 50 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | 0,05 × 10 ⁶ |

kuorma-autolla (ks. EN 1991-2 taulukko 4.6). Maksimi- ja minimijännitykset saadaan kaaviosta tarkastelemalla erillisten kuorma-autojen aiheuttamia

Taulukko 4.8 Pyörän ja akselien määrittely

| PYÖRÄ-AKSELI- TYYPPI | MITTOJEN MÄÄRITTELY |
|-------------------------|---------------------|
| A | |
| B | |
| C | |

Taulukko 4.6 "Tavallisten" kuorma-autojen sarja

| 1 KUORMA-AUTON SIVUPIIRROS | 2 Akselivälit (m) | 3 Tavalliset akseli- kuormat (kN) | 4 Pyörän tyyppi (ks. taul. 4.8) |
|----------------------------------|------------------------------|---|--|
| | 4,5 | 90 190 | A B |
| | 4,20 1,30 | 80 140 140 | A B B |
| | 3,20 5,20 1,30 1,30 | 90 180 120 120 120 | A B C C C |
| | 3,40 6,00 1,80 | 90 190 140 140 | A B B B |
| | 4,80 3,60 4,40 1,30 | 90 180 120 110 110 | A B C C C |

FLM3:

15

16

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

VäsytySKUORMAKAAVIOTA FLM3 SUOSITELLAAN KÄYTETTÄVÄKSI VÄSYMISMITOITUKSESSA.

VäsytySKUORMAKAAVIO FLM3 KOOSTUU NELJÄSTÄ AKSELISTA (AKSELIPAINO 120 kN), JOISTA JOKAISESSA ON KAKSI SAMANLAISTA PYÖRÄÄ (KOSKETUSPINTA ON NELIÖ, JONKA SIVUMITAT OVAT 0,4 m). AKSELIVÄLIT OVAT 1,2 + 6 + 1,2 METRIÄ JA AKSELIEN RENGASVÄLI 2,0 METRIÄ (KS. EN 1991-2 KUVA 4.8). TARVITTAESSA VÄSYTYSKUORMAKAAVIOON OTETAAN MUKAAN TOINEN AJONEUVO JONKA AKSELIPAINOT OVAT 36 kN JA JONKA ETÄISYYS ON EDELLISEN AJONEUVON KESKELTÄ MITATTUNA VÄHINTÄÄN 40m. (TOINEN AJONEUVO TÄYTYY OTTAA KÄYTTÖÖN, MIKÄLI SILLAN JÄNNEMITAT OVAT YLI 40 METRIÄ, TÄLLÖIN VARMISTETAAN RIITTÄVÄ KESTÄVYYS VÄSYTYKSELLE VÄLITUKIALUEELLA).

VäsytySKUORMAKAAVION AIHEUTTAMAT MAKSIMI- JA MINIMIJÄNNITYKSET $\sigma_{FLM,max}$ JA $\sigma_{FLM,min}$ MÄÄRITETÄÄN SIIJOITTAMALLA KAAVION KUORMAT SILLALLE SITEN, ETTÄ ÄÄRIARVOT SAAVUTETAAN. SAATUJA JÄNNITYKSIÄ VERRATAAN KESTÄVYYSARVOIHIN MATERIAALIKOHTAISISSA SOVELLUSOHJEESSA ESITETTYJEN PERIAATTEIDEN MUKAISESTI.

| N_{obs} vuotta ja hitaan liikenteen kais- taa kohti (Laskemassa käytetty raskaiden ajo- neuvojen määrä/vuosi/suunta) |
|---|
| 2,0 × 10 ⁶ |
| 0,5 × 10 ⁶ |
| 0,125 × 10 ⁶ |
| 0,05 × 10 ⁶ |

Standardin EN 1991-2 taulukosta 4.7, "liikenne", ellei hankekohtaisesti

EN 1991-2) avulla voidaan määrittää lauriokerroin λ_2 teräs- ja liittosil-
tojen betonisillalle (ks. EN 1992-2,
valinnat on valittu siten, että mi-
liikennettä.

miiksi lasketut λ_2 - kertoimet eri
raaikohtaisissa sovellusohjeis-

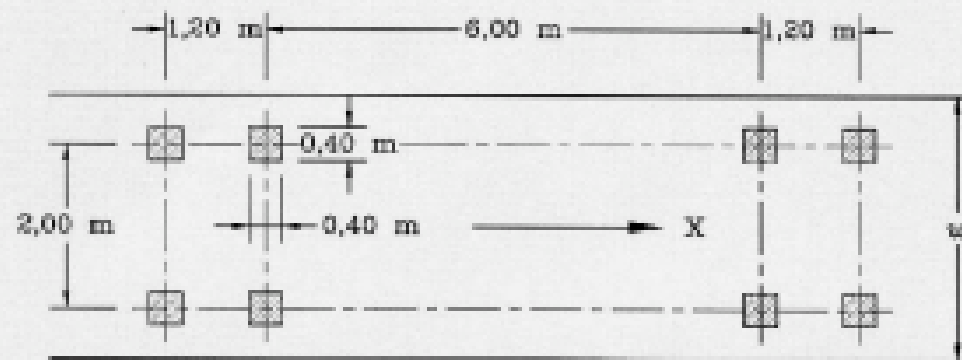
(toinen ajoneuvo täytyy ottaa käyttöön, mikäli sillan jännemitat ovat yli 40 metriä, tällöin varmistetaan riittävä kestävyys väsytykselle)

VäsytySKUORMAKAAVION AIHEUTTAMAT MAKSIMI- JA MINIMIJÄNNITYKSET $\sigma_{FLM,max}$ JA $\sigma_{FLM,min}$ MÄÄRITETÄÄN SIIJOITTAMALLA KAAVION KUORMAT SILLALLE SITEN, ETTÄ ÄÄRIARVOT SAAVUTETAAN. SAATUJA JÄNNITYKSIÄ VERRATAAN KESTÄVYYSARVOIHIN MATERIAALIKOHTAISISSA SOVELLUSOHJEESSA ESITETTYJEN PERIAATTEIDEN MUKAISESTI.

Kun käytetään väsytySKUORMAKAAVIOTA FLM3, saadaan määrät taulukosta B4 (EN 1991-2 kansallinen liite, ta-

Standardin SFS-EN 1991-2 kohdassa 4.6.1(3) Huom. 1 voidaan käyttää liikenteen luokkia ja arvoja. Taulukon 4.5:n arvot ovat suu-

Taulukko B4



Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

FLM3:

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

15

Kun käytetään väsytySKUORMAKAAVIOTA FLM3, saadaan ajoneuvojen lukumäärä taulukosta B4 (EN 1991-2 kansallinen liite, taulukko 4.5n(FI)):

| Liikenteen luokat (suluissa on esitetty kriteerit liikenteen luokan valinnalle: raskaiden ajoneuvojen määrä/vrk/suunta sillan käyttöiän alussa) | | N_{obs} vuotta ja hitaan liikenteen kaistaa kohti (Laskennassa käytetty raskaiden ajoneuvojen määrä/vuosi/suunta) |
|--|--|--|
| 1 | Moottori-, moottoriliikenne- ja muut tiet, joilla suuntaa kohti on vähintään 2 kaistaa, joilla kuorma-autoista muodostuva liikennemäärä on suuri (> 1200 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | $2,0 \times 10^6$ |
| 2 | Moottori-, moottoriliikenne- ja muut tiet, joilla kuorma-autoista muodostuva liikennemäärä on keskimääräinen (200...1200 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | $0,5 \times 10^6$ |
| 3 | Päätiet, joilla kuorma-autojen liikennemäärä on vähäinen (50...200 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | $0,125 \times 10^6$ |
| 4 | Paikallistiet, joilla kuorma-autojen liikennemäärä on vähäinen (< 50 raskasta ajoneuvoa /vrk/suunta) | $0,05 \times 10^6$ |

kaavioon otetaan mukaan toinen ajoneuvo jonka akselipainot ovat 36 kN ja jonka etäisyys on edellisen ajoneuvon keskeltä mitattuna vähintään 40m. (toinen ajoneuvo täytyy ottaa käyttöön, mikäli sillan jännemitat ovat yli 40 metriä, tällöin varmistetaan riittävä kestävyys väsytykselle välitukialueella).

VäsytySKUORMAKAAVION aiheuttamat maksimi- ja minimijännitykset $\sigma_{FLM,max}$ ja $\sigma_{FLM,min}$ määritetään sijoittamalla kaavion kuormat sillalle siten, että ääriarvot saavutetaan. Saatuja jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalikohteisissa sovellusohjeissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Kun käytetään väsytySKUORMAKAAVIOTA FLM3, saadaan ajoneuvojen lukumäärä taulukosta B4 (EN 1991-2 kansallinen liite, taulukko 4.5n(FI)):

HUOM. 1 Tämä viiteen ekvivalenttiin kuorma-autoon perustuva malli simuloi liikennettä, jonka arvioidaan aiheuttavan väsymisvaurioita, jotka ovat ekvivalentit taulukossa 4.5 määritellyn luokan mukaisen vastavaran todellisen liikenteen aiheuttaman vaurioitumisen kanssa.





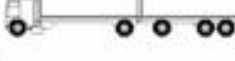
Taulukko B4

16

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

Raskaan liikenteen jakauma saadaan standardin EN 1991-2 taulukosta 4.7, jossa oletetaan liikenteen tyyppiä "Keskipitkä liikenne", ellei hankekohtaisesti toisin määrätä.

Taulukko 4.7 Ekvivalenttien kuorma-autojen sarja

| AJONEUVOTYYPPI | AKSELIVÄLIT (m) | | LIIKENTEEN TYPPI | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | Kauko-liikenne | Keskipitkä liikenne | Paikallis-liikenne | |
| KUORMA-AUTO | Akselivälit (m) | Ekvivalentit akselikuormat (kN) | Kuorma-autojen osuus | Kuorma-autojen osuus | Kuorma-autojen osuus | Pyörä-tyyppi |
|  | 4,5 | 70 130 | 20,0 | 40,0 | 80,0 | A B |
|  | 4,20 1,30 | 70 120 120 | 5,0 | 10,0 | 5,0 | A B B |
|  | 3,20 5,20 1,30 1,30 | 70 150 90 90 | 50,0 | 30,0 | 5,0 | A B C C |
|  | 3,40 6,00 1,80 | 70 140 90 90 | 15,0 | 15,0 | 5,0 | A B B B |
|  | 4,80 3,60 4,40 1,30 | 70 130 90 80 80 | 10,0 | 5,0 | 5,0 | A B C C C |

Siten käytetään rainlow-menetelmää tai vesisambanalogia.

standardin EN 1991-2 taulukon 4.7 liikenteen tyyppiä sekä laskennassa käytetyt ekvivalentit akselikuormat myös hankekohtaisesti.

FLM3:

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

15

16

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

Taulukkojen B4 ja 4.7 (standardissa EN 1991-2) avulla voidaan määrittää väsymismitoituksessa tarvittava ekvivalentti vauriokerroin λ_2 teräs- ja liittosilloille (ks. EN 1993-2 kappale 9.5.2) sekä $\lambda_{s,2}$ betonisilloille (ks. EN 1992-2, liite NN). Kyseisten taulukoiden kansalliset valinnat on valittu siten, että mitoitus vastaa todellista suomalaista raskasta liikennettä.

Tarkempi väsymismitoitusten menettely sekä valmiiksi lasketut λ_2 – kertoimet eri liikenteen luokille ja tyypeille esitetään materiaalikohtaisissa sovellusohjeissa.

joista jokaisessa on kaksi samanlaista pyörää (kosketuspinta on hieno, jonka sivumitat ovat 0,4 m). Akselivälit ovat 1,2 + 6 + 1,2 metriä ja akselien renkasväli 2,0 metriä (ks. EN 1991-2 kuva 4.8). Tarvittaessa väsytytkuormakaavioon otetaan mukaan toinen ajoneuvo jonka akselipainot ovat 36 kN ja jonka etäisyys on edellisen ajoneuvon keskeltä mitattuna vähintään 40m. (toinen ajoneuvo täytyy ottaa käyttöön, mikäli sillan jännemitat ovat yli 40 metriä, tällöin varmistetaan riittävä kestävyys väsytykselle välitukialueella).

Väsytytkuormakaavion aiheuttamat maksimi- ja minimijännitykset $\sigma_{FLM,max}$ ja $\sigma_{FLM,min}$ määritetään sijoittamalla kaavion kuormat sillalle siten, että ääriarvot saavutetaan. Saatuja jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin materiaalikohtaisissa sovellusohjeissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Kun käytetään väsytytkuormakaaviota FLM3, saadaan ajoneuvojen lukumäärä taulukosta B4 (EN 1991-2 kansallinen liite, taulukko 4.5n(F)):

Standardin SFS-EN 1991-2 kohdassa 4.6.1(3) Huom. 1 voidaan kansallisessa liitteessä määrittellä liikenteen luokkia ja arvoja. Taulukon 4.5n arvot ovat suurinta arvoa.

Taulukko B4

liikenteen luokille ja tyypeille esitetään materiaalikohtaisissa sovellusohjeissa.

B.4.6.5 Väsytytkuormakaavio FLM4

Väsytytkuormakaaviossa FLM4 kuormitetaan siltaa sarjalla ekvivalenteja kuorma-autoja, jotka yhdessä tuottavat Euroopan teillä tyypillisen liikenteen kaltaiset vaikutukset (ks. EN 1991-2 taulukko 4.7). Yksittäisten kuorma-autojen siltaa ylittäessään aiheuttamasta jännityksen vaihtelusta syntyvän jännitysvaihteluvälin spektrin ja vastaavan jaksojen lukumäärän määrittämiseen käytetään rainflow-menetelmää tai vesisäiliöanalogiaa.

Väsytytkuormakaavion FLM4 käyttö on sallittu vain asianomaisen viranomaisen suostumuksella. Väsytytkuormakaavion FLM4 käyttö on perusteltua kansirakenteen yksityiskohtien väsymismitoituksessa (esim. teräksinen ortotrooppikansi). Asianomainen viranomainen voi tarvittaessa määrittää standardin EN 1991-2 taulukon 4.7 liikenteen tyyppin sekä laskennassa käytetyt ekvivalentit akselikuormat myös hankekohtaisesti.

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

FLM4:

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

15

16






Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

VäsytySKUORMAKAAVIOSsa FLM4 kuormitetaan siltaa sarjalla ekvivalentteja kuorma-autoja, jotka yhdessä tuottavat Euroopan teillä tyypillisen liikenteen kaltaiset vaikutukset (ks. EN 1991-2 taulukko 4.7). Yksittäisten kuorma-autojen siltaa ylittäessään aiheuttamasta jännityksen vaihtelusta syntyvän jännitysvaihteluvälin spektrin ja vastaavan jaksojen lukumäärän määrittämiseen käytetään rainflow-menetelmää tai vesisäiliöanalogiaa.

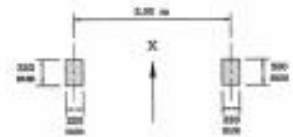
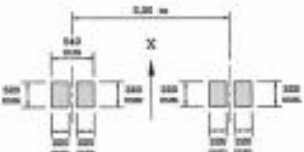
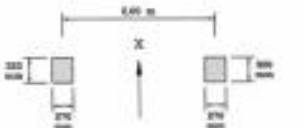
VäsytySKUORMAKAAVION FLM4 käyttö on sallittu vain asianomaisen viranomaisen suostumuksella. VäsytySKUORMAKAAVION FLM4 käyttö on perusteltua kansirakenteen yksityiskohtien väsymismitoituksessa (esim. teräksinen ortotrooppikansi). Asianomainen viranomainen voi tarvittaessa määrittää standardin EN 1991-2 taulukon 4.7 liikenteen tyyppin sekä laskennassa käytetyt ekvivalentit akselikuormat myös hankekohtaisesti.

| Liikenteen luokat (suluissa on esitetty kriteerit liikenteen luokan valinnalle: raskaiden ajoneuvojen määrä/vrk/suunta siltan käyttöiän alussa) | N _{obs} vuotta ja hitaan liikenteen kais-taa kohti (Laskennassa käytetty raskaiden ajoneuvojen määrä/vuosi/suunta) |
|--|--|
| 1 Moottori-, moottoriliikenne- ja muut tiet, joilla suuntaa kohti on vähintään 2 kaistaa, joilla kuorma-autoista muodot- | 2,0 × 10 ⁶ |

Taulukko 4.7 Ekvivalenttien kuorma-autojen sarja

| AJONEUVOTYYPPI | LIIKENTEEN TYYPPI | | | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | | | Kauko- liikenne | Keskipitkä liikenne | Paikalle- liikenne | |
| KUORMA-AUTO | Akselivälit (m) | Ekvivalentit akselikuormat (kN) | Kuorma- autojen osuus | Kuorma- autojen osuus | Kuorma- autojen osuus | Pyörä- tyyppi |
|  | 4,5 | 70 130 | 20,0 | 40,0 | 80,0 | A B |
|  | 4,20 1,30 | 70 120 120 | 5,0 | 10,0 | 5,0 | A B B |
|  | 3,20 5,20 1,30 1,30 | 70 150 90 90 | 50,0 | 30,0 | 5,0 | A B C C |
|  | 3,40 6,00 1,80 | 70 140 90 90 | 15,0 | 15,0 | 5,0 | A B B B |
|  | 4,80 3,60 4,40 1,30 | 70 130 90 80 80 | 10,0 | 5,0 | 5,0 | A B C C C |

Taulukko 4.8 Pyörien ja akselien määrittely

| PYÖRÄ-JAKSELI-TYYPPI | MITTOJEN MÄÄRITTELY |
|----------------------|---|
| A |  |
| B |  |
| C |  |

omaisen suostumuksella. VäsytySKUORMAKAAVION FLM4 käyttö on perusteltua kansirakenteen yksityiskohtien väsymismitoituksessa (esim. teräksinen ortotrooppikansi). Asianomainen viranomainen voi tarvittaessa määrittää standardin EN 1991-2 taulukon 4.7 liikenteen tyyppin sekä laskennassa käytetyt ekvivalentit akselikuormat myös hankekohtaisesti.

FLM5:

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

15

16

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

B.4.6.6 Väsytytkuormakaavio FLM5

Väsytytkuormakaavio FLM5 käyttö on sallittu vain asianomaisen viranomaisen suostumuksella. Väsytytkuormakaavio FLM5 muodostuu suoraan mitatusta liikennetiedosta ja asianomainen viranomainen voi määrittää liikenteen jakauman sekä lopulliset ekvivalentit akselikuormat hankekohtaisesti.

äänimäisiä vaikutuksia. Saatuja jännityksiä verrataan kestävyysarvoihin

jossa oletetaan liikenteen tyyppiä Keskipitkä liikenne, ellei hankekohtaisesti

Liikuntasaumojen vieressä lisäsuurenuskerroin (kaikissa väsytytkuormakaavioissa):

Väsytytkuormakaaviossa.

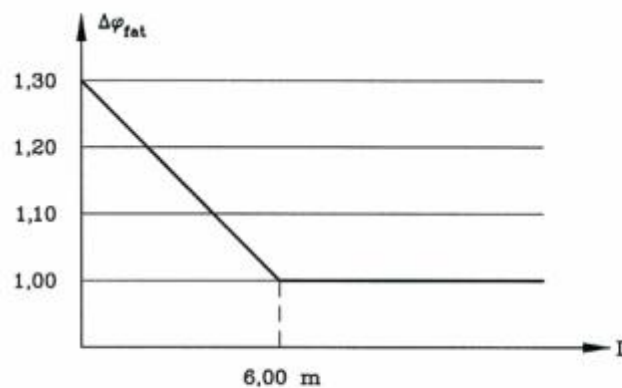
Väsytytkuormakaavioista jokaisessa sivumitat ovat akselivälit 2,0 m ja akseliväli 2,0 m. Kaavioon otetaan akseliväli, jonka etäisyys liikuntasaumasta on 2,0 m (toinen akseliväli on 2,0 m, tällöin v

Väsytytkuormakaavio $\sigma_{FLM, min}$ määritetään suoraan suoraan saavutetaan. S

Kun käytetään taulukon määrää taulukossa

Standardin SFS-EN 1991-2:2005:n mukaisesti liikenteen luokituksen

Taulukko B4



Selite

$\Delta\phi_{Fat}$

D

lisäsuurenuskerroin tarkasteltavan poikkileikkauksen etäisyys liikuntasaumasta

Kuva 4.7 Lisäsuurenuskerroin

$\lambda_{2,2}$ betonisilloille (ks. EN 1992-2, 4.2.2). Valinnat on valittu siten, että mi

aliksi lasketut λ_2 - kertoimet eri teräsaikoina sovellusohjeis-

aan siltaa sarjalla ekvivalentteja roopan teillä tyyppillisen liikenteen luokituksen vaihtelusta syntyvän jaksosten lukumäärän määrittämiseksi analogiaa.

sallittu vain asianomaisen viranomaisen suostumuksella (esim. teräksinen akselikuorma voi tarvittaessa määrittää liikenteen tyyppiä laskennassa käytettäväksi.

B.4.6.6 Väsytytkuormakaavio FLM5

Väsytytkuormakaavio FLM5 käyttö on sallittu vain asianomaisen viranomaisen suostumuksella. Väsytytkuormakaavio FLM5 muodostuu suoraan mitatusta liikennetiedosta ja asianomainen viranomais voi määrittää liikenteen jakauman sekä lopulliset ekvivalentit akselikuormat hankekohtaisesti.

B.4.7 Onnettomuuskuormat

Onnettomuuskuormat käsitellään tämän sovellusohjeen osiossa F. Standardin EN 1991-2 kappaleessa 4.7 esitetyt vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava.

B.4.9 Siltojen maatumien ja niihin liittyvien muurien kuormat

Standardin SFS-EN 1991-2 kansallisen liitteen kohdissa 1.1(3) ja 4.9.1(1) viitataan tähän sovellusohjeen kohtaan: (täydentäviä käyttöehtoja maanalaisten rakenteiden, tukiseinien ja tunnelien mitoitusta varten) (Paikalliset vaikutukset pyöräkuorman läheisyydessä otetaan huomioon liikenneviraston sovellusohjeen mukaan.)

Laskettaessa liikennekuorman aiheuttamaa maanpainetta voidaan pysytysuoran liikennekuorman arvoksi penkereellä sillan takana otaksua 20 kN/m², mikäli sillan kannella ei samanaikaisesti ole kuormakaavio LM 1 akselikuormia. Maanpainetta aiheuttava kuorma 20 kN/m² vaikuttaa koko hyödyllisellä leveydellä. Jos maatumien takana olevat kuormakaavio LM1 akselit ovat määräävämpiä kuin em. 20 kN/m², käytetään niitä rakenteiden mitoituksessa.

Liikennekuorman maanpaine voidaan laskea LM1:n tasaisesta kuormasta, mikäli LM 1:n akselikuormat ovat samanaikaisesti sillan kannella.

Liikennekuorman maanpaine lasketaan aina lepopainekertoimella.

Valtionapua saavien yksityisteiden siltojen mitoituksessa edellä mainitut kuormien arvot kerrotaan tämän julkaisun kohdassa B.4.3.2 esitetyllä sovituskertoimella 0,70.

Siirtymälaatan tukireaktio siltaan lasketaan seuraavilla otaksumilla:

- Siirtymälaatta on yksinkertainen palkki, jonka jännemitta on 60 % siirtymälaatan pituudesta. Loppuosa siirtymälaatasta tukeutuu suoraan penkereeseen.
- Tukireaktio otetaan huomioon päällysrakenteen kuormana vain jos se vaikuttaa mitoituskulmaa lisäävästi.

Paikalliset vaikutukset pyöräkuorman läheisyydessä (esim. siipimuurin mitoituksessa) on otettava huomioon.

Maatumien otsamuureihin vaikuttaa sillan pituussuuntainen jarrukuorma, jonka suuruus on esitetty tämän sovellusohjeen kappaleessa B.4.4.1 (180 kN yleisten teiden silloilla, 126 kN valtionapua saavien yksityisteiden silloilla), jonka kanssa otsamuuriin vaikuttaa samanaikaisesti myös pystysuuntainen kuorma 180 kN (= 0,6 × Q_{ik}) sekä täytemaan maanpaine. Penkereillä sillan takana sijaitsevasta liikenteestä johtuvia vaakasuuntaisia kuormia ei tarvitse ottaa huomioon (ks. standardin EN 1991-2 kuva 4.11).

Maatumien siipimuurin mitoituksessa hyötykuormana on liikennekuorman aiheuttama maanpaine ja pyöräkuorma (LM2 = 200 kN)siipimuurin päällä. Siiven päällä olevaa pyöräkuormaa ei tarvitse ottaa huomioon halkeilulaskennassa.

B.5 Kevyen liikenteen siltojen kuormat

B.5.3 Pystysuorien kuormien staattiset arvot

Kevyen liikenteen sillan suunnittelussa otetaan huomioon kolme eriaikaisesti vaikuttavaa kaaviota:

- tasaisesti jakautunut kuorma q_k
- pistekuorma Q_{mk}
- huoltoajoneuvo Q_{sekv}

Tasaisesti jakautunut kuorma q_k asetetaan vaikuttamaan vaikutuspinnan pitkittäis- ja poikittaissuunnassa epäedullisilla osilla (shakkilautakuormitus). Kuorma määritetään kaavalla q_k = 2,0 + 120/(L+30), 2,5 ≤ q_k ≤ 5,0 [kN/m²], jossa L on kuormituspituus. Jos sillalla on odotettavissa jatkuvan tiiviin tungoksen mahdollisuus, käytetään asianomaisen viranomaisen niin määrätessä mitoituskulmana tämän sovellusohjeen kappaleen B.4.3.5 tungoskuormaa (5kN/m²).

Pistekuorman Q_{mk} ominaisarvo on 20 kN, ja sen vaikutuspinta-ala on 0,2×0,2 m². Pistekuormaa käytetään, jos huoltoajoneuvon pääsy sillalle on estetty.

Huoltoajoneuvon kuormakaaviona käytetään standardin EN 1991-2 kuvassa 5.2 esitettyä onnettomuuskuormakaaviota. Kuormakaaviossa on kaksi akselia (akseliväli 3,0 m) kokonaispainoltaan 80 kN + 40 kN. Akselin rengas-kuormien kosketuspinta-ala on 0,2×0,2 m² ja rengasväli 1,30 m. Suomen kansallisessa liitteessä on määritetty ajoneuvon leveydeksi 2,0 m.

B.5.4 Vaakasuurien kuormien staattiset arvot

Kevyen liikenteen sillan pituussuuntaisen kuorman arvo on Q_{ik} = 72 kN. Mikäli huoltoajoneuvo ei pääse sillalle rakenteellisista syistä johtuen (esim. portaan sillan päissä), käytetään pituussuuntaiselle kuormalle arvoa 20 kN.

B.4.7 Onnettomuuskuormat

Onnettomuuskuormat käsitellään tämän sovellusohjeen osiossa **F**, Standardin EN 1991-2 kappaleessa 4.7 esitetyt vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava.

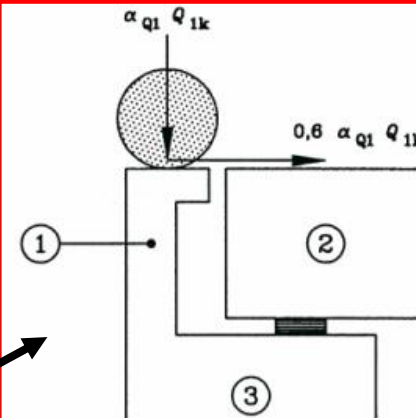
B.5 Kevyen liikenteen siltojen kuormat

B.4.9 Siltojen maatukien ja niihin liittyvien muurien kuormat

Laskettaessa liikennekuorman aiheuttamaa maanpainetta voidaan pystysuoran liikennekuorman arvoksi penkereellä sillan takana otaksua 20 kN/m^2 , mikäli sillan kannella ei samanaikaisesti ole kuormakaavion LM 1 akselikuormia. Maanpainetta aiheuttava kuorma 20 kN/m^2 vaikuttaa koko hyödyllisellä leveydellä. Jos maatuen takana olevat kuormakaavion LM1 akselit ovat määräävämpiä kuin em. 20 kN/m^2 , käytetään niitä rakenteiden

- tasaisesti jakautunut kuorma q_k
- piste kuorma Q_k
- huoltoajoneuvo

Tasaisesti jakautunut kuorma pitkittäis- ja poikittaissuunnassa. Kuorma määritetään kaavalla



- Selite**
- (1) Otsamuri
 - (2) Sillan kansi
 - (3) Maatuki

Kuva 4.11 Otsamuurin liikennekuormien määrittely

Maatuen otsamuureihin vaikuttaa sillan pituussuuntainen jarrukuorma, jonka suuruus on esitetty tämän sovellusohjeen kappaleessa B.4.4.1 (180 kN yleisten teiden silloilla, 126 kN valtionapua saavien yksityisteiden silloilla), jonka kanssa otsamuriin vaikuttaa samanaikaisesti myös pystysuuntainen kuorma 300 kN ($= \alpha \times Q_{1k}$) sekä täytemaan maanpaine. Penkereillä sillan takana sijaitsevasta liikenteestä johtuvia vaakasuuntaisia kuormia ei tarvitse ottaa huomioon (ks. standardin EN 1991-2 kuva 4.11).

vaikuttaa mitoituskuormaa lisäävästi.

Paikalliset vaikutukset pyöräkuorman läheisyydessä (esim. siipimuurin mitoi-

huom! virhe koulutusmateriaalissa

B.5.4 vaakasuorien kuorm

Kevyen liikenteen sillan pituus káli huoltoajoneuvo ei pääse portaan sillan päissä), käytetään

17

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

B.5 Kevyen liikenteen siltojen kuormat

B.5.3 Pystysuorien kuormien staattiset arvot

Kevyen liikenteen sillan suunnittelussa otetaan huomioon kolme eriaikaisesti vaikuttavaa kaaviota:

- tasaisesti jakautunut kuorma q_{fk}
- pistekuorma Q_{fwk}
- huoltoajoneuvo Q_{serv}

B.4.9 Siltojen maatumien ja niihin liittyvien muurien kuormat

Standardin SFS-EN 1991-2 kansallisen liitteen kohdissa 1.1(3) ja 4.9.1(1) viitataan tähän sovellusohjeen kohtaan: (täydentäviä käyttöehtoja maanalaisten rakenteiden, tukiseinien ja

B.5.4 Vaakasuurien kuormien staattiset arvot

Kevyen liikenteen sillan pituussuuntaisen kuorman arvo on $Q_{fk} = 72$ kN. Mikäli huoltoajoneuvo ei pääse sillalle rakenteellisista syistä johtuen (esim. portaan sillan päissä), käytetään pituussuuntaiselle kuormalle arvoa 20 kN.

Sivukuorman suuruus on 25 % edellä esitetyistä pituussuuntaisen kuorman arvoista.

kuormien arvot kerrotaan tämän julkaisun kohdassa B.4.3.2 esitetyillä sovituskertoimella 0,70.

Siirtymäläatan tukireaktio siltaan lasketaan seuraavilla otaksumilla:

- Siirtymäläaatta on yksinkertainen palkki, jonka jännemitta on 60 % siirtymäläatan pituudesta. Loppuosa siirtymäläaatasta tukeutuu suoraan penkereeseen.
- Tukireaktio otetaan huomioon päälysrakenteen kuormana vain jos se vaikuttaa mitoituskuormaa lisäävästi.

Paikalliset vaikutukset pyöräkuorman läheisyydessä (esim. siipimuurin mitoituksessa) on otettava huomioon.

18

Siltojen kuormat
SILTOJEN LIIKENNEKUORMAT (EN-1991-2)

$$q_{fk} = 2,0 + 120/(L+30), 2,5 \leq q_{fk} \leq 5,0 \text{ [kN/m}^2\text{]},$$

jonka kanssa otsamuuriin vaikuttaa samanaikaisesti myös pystysuuntainen kuorma 180 kN (= 0,6x...xQ_{fk}) sekä täytemaan maanpaine. Penkereillä sillan takana sijaitsevasta liikenteestä johtuvia vaakasuurtaisia kuormia ei tarvitse ottaa huomioon (ks. standardin EN 1991-2 kuva 4.11).

Pistekuorman Q_{fwk} ominaisarvo on 20 kN,

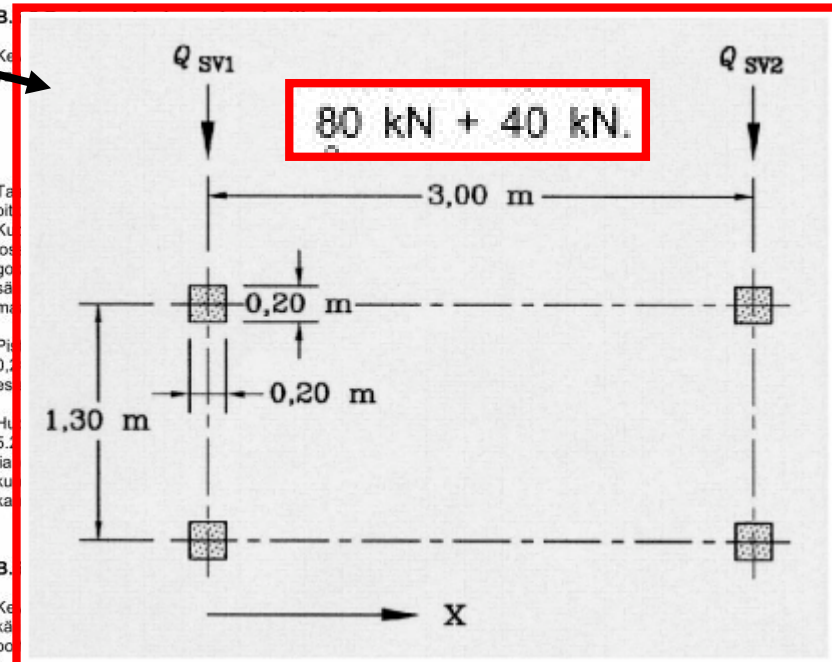
B.5 Kevyen liikenteen siltojen kuormat

B.
Ke

Ta
pit
Ku
jos
go
sä
ma

Pit
0,2
es
Hu
5,2
lia
ku
ka

B.
Ke
kä
po



Sivukuorman suuruus on 25 % edellä esitetyistä pituussuuntaisen kuorman arvoista.

B.5.5 Kuormitusryhmät

Eurokoodissa siltojen liikennekuormia ei yhdistellä sellaisenaan muiden kuormien kanssa (kuten aiemmissa Tiehallinnon ohjeissa). Eurokoodissa muodostetaan kevyen liikenteen siltojen liikennekuormista (pysty- ja vaaka-kuormista) ns. kuormaryhmiä, joita käsitellään yksittäisinä kuormina kuormitusyhdistelyissä. Kuormaryhmiä on yhteensä kaksi kappaletta, eivätkä ne voi esiintyä samanaikaisesti kuormitusyhdistelyssä. Kevyen liikenteen siltojen kuormaryhmät on esitetty taulukossa B5.

Taulukko B5

| | Pystykuormat | | Vaakakuormat |
|------------|------------------------|--|-----------------|
| | Tasainen kuorma qfk | Huoltoajoneuvo Q_{serv} tai Pistekuorma Q_{pik} | Qfk |
| | [EN 1991-2 5.3.2.1] | [EN 1991-2 5.3.2.3] | [EN 1991-2 5.4] |
| gr1 | Ominaisarvo | | Ominaisarvo |
| | 1 | | 1 |
| gr2 | | Ominaisarvo | Ominaisarvo |
| | | 1 | 1 |

Taulukkoon on kirjoitettu sisään (eurokoodin alkuperäisestä taulukosta poiketen, ks. EN 1991-2 taulukko 5.1) käytettävät yhdistelykertoimet.

Kevyen liikenteen siltojen yhdistelykertoimet (Ψ_0 , Ψ_1 ja Ψ_2) esitetään taulukossa G2 ja kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa taulukoissa G4...G8. Tämän sovellusohjeen liitteessä 1 on esitetty sillansuunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa.

B.5.6 Onnettomuuskuormat

Onnettomuuskuormat käsitellään tämän kansallisen liitteen osiossa F. Standardin EN 1991-2 kappaleessa 5.6 esitetyt vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava.

B.5.7 Kevyen liikenteen dynaamiset mallit

Standardin SFS-EN 1991-2 kansallisen liitteen kohdassa 5.7(3) Huom. 1 viitataan tähän sovellusohjeen kohtaan: Kevyen liikenteen asianmukaiset dynaamiset kuormakaaviot ja niihin liittyvät mukavuuskriteerit.

Ks. kappale G.A.2.4.3.2. Lisäohjeita voidaan antaa myös materiaaliikohtaisissa sovellusohjeissa. Asianomainen viranomainen voi antaa hankekohtaisesti lisäohjeita mukavuuskriteerejä koskien.

B.5.9 Siltojen maatumien ja niihin liittyvien muurien kuormat

Kevyen liikenteen väylillä maanpainetta aiheuttavana pystykuorman arvona käytetään 10 kN/m^2 . Kuorma vaikuttaa koko hyödyllisellä leveydellä. Ks. myös kohtaa B.4.9.

Eurokoodissa siltojen liikennekuormia ei yhdistellä sellaisenaan muiden kuormien kanssa (kuten aiemmissa Tiehallinnon ohjeissa). Eurokoodissa muodostetaan kevyen liikenteen siltojen liikennekuormista (pysty- ja vaakakuormista) ns. kuormaryhmiä, joita käsitellään yksittäisinä kuormina kuormitusyhdistelyissä. Kuormaryhmiä on yhteensä kaksi kappaletta, eivätkä ne voi esiintyä samanaikaisesti kuormitusyhdistelyssä. Kevyen liikenteen siltojen kuormaryhmät on esitetty taulukossa B5.

Taulukko B5

| | Pystykuormat | | Vaakakuormat |
|------------|------------------------------------|--|------------------|
| | Tasainen kuorma q _{fk} | Huoltoajoneuvo Q _{serv} tai Pistekuorma Q _{fwk} | Q _{flk} |
| | [EN 1991-2 5.3.2.1] | [EN 1991-2 5.3.2.3] | [EN 1991-2 5.4] |
| gr1 | Ominaisarvo | | Ominaisarvo |
| | 1 | | 1 |
| gr2 | | Ominaisarvo | Ominaisarvo |
| | | 1 | 1 |

le G.A.2.4.3.2. Lisäohjeita voidaan antaa myös materiaali- ja käyttöohjeissa. Asianomainen viranomais voi antaa hankekohtaisia mukavuuskriteerejä koskien.

Siltojen maatumien ja niihin liittyvien muurien kuormat

kevyen liikenteen väylillä maanpainetta aiheuttavana pystykuorman arvona käytetään 10 kN/m². Kuorma vaikuttaa koko hyödyllisellä leveydellä. Ks. myös kohtaa B.4.9.

B.5.6 Onnettomuuskuormat

Onnettomuuskuormat käsitellään tämän kansallisen liitteen osiossa F. Standardin EN 1991-2 kappaleessa 5.6 esitetyt vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava.

B.5.9 Siltojen maatumien ja niihin liittyvien muurien kuormat

Kevyen liikenteen väylillä maanpainetta aiheuttavana pystykuorman arvona käytetään 10 kN/m². Kuorma vaikuttaa koko hyödyllisellä leveydellä. Ks. myös kohtaa B.4.9.

C TUULIKUORMAT (EN-1991-1-4)

Kalibroitu standardissa EN-1991-1-4 esitettyjen kansallisten liitteissä esitetyt siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei otetaakaan kantaa.

Liitteen 2 taulukossa on esitetty kaikki standardin EN 1991-1-4 siltoja koskevat kohdat joissa kansallinen valinta on sallittua.

Tässä sovellusohjeessa esitetyt tuulenpaineen arvot on laskettu standardin EN 1991-1-4 mukaisesti olettaen tuulennopeuden modifioimattomalle perusarvolle $v_{b,0}$ arvo 23 m/s. Kun liikennekuormaa pidetään samanaikaisena tuulen kanssa tuulennopeuden modifioimattomalle perusarvolle on käytetty arvoa $v'_{b,0} = 20$ m/s.

Esitetyjä tuulenpaineen arvoja voidaan soveltaa pienten ja keskisuurten siltojen suunnittelussa, kun silta on tyypiltään standardin EN 1991-1-4 kuvan 8.1 mukainen. Mikäli tuulikuorma on merkittävä sillan suunnittelun kannalta, voidaan sillalle tehdä tarkempi tuulianalyysi. Tämän sovellusohjeen menettelyä voidaan soveltaa myös muihin kuin standardin EN 1991-1-4 kuvan 8.1 siltytyyppiin hankekohtaisesti niin sovittaessa. Edelleen hankekohtaisesti saatetaan vaatia erillinen dynaaminen analyysi.

Sillan poikittainen tuulikuorma F_{wk} saadaan taulukosta C1. Kun liikennekuormaa pidetään samanaikaisena tuulen kanssa, saadaan tuulikuorma F'_{wk} taulukosta C2 (samat taulukot ovat standardin EN 1991-1-4 kansallisessa liitteessä, 8.2a(FI) ja 8.2b(FI)).

Taulukko C1:

Taulukko 8.2a(FI). Tuulen paine [kN/m²] tyhjällä siltakannella kun tuulen nopeus on 23 m/s.

| Maasto- luokka | 0 | | I | | II | | III | | IV | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | $z_e < 20m$ | $z_e > 50m$ | $z_e < 20m$ | $z_e > 50m$ | $z_e < 20m$ | $z_e > 50m$ | $z_e < 20m$ | $z_e > 50m$ | $z_e < 20m$ | $z_e > 50m$ |
| b/d _{tot} | 3,58 | 4,18 | 2,54 | 3,02 | 2,23 | 2,75 | 1,73 | 2,28 | 1,30 | 1,86 |
| <0,5 | 1,94 | 2,26 | 1,37 | 1,64 | 1,21 | 1,49 | 0,94 | 1,24 | 0,71 | 1,01 |
| >4* | 1,49 | 1,74 | 1,06 | 1,26 | 0,93 | 1,15 | 0,72 | 0,95 | 0,54 | 0,77 |

* Koskee siltaa, jossa kaiteet ovat avoimet, ts. kaiteen projektiopinta-alasta yli 50 % on avointa.

* Koskee siltaa, jossa kaiteet ovat suljetut, ts. kysymyksessä on umpikaide tai kaide, jonka projektiopinta-alasta vähemmän kuin 50 % on avointa.

Taulukko C2:

Taulukko 8.2b(FI). Tuulen paine [kN/m²] sillalla jossa on liikennettä kun tuulen nopeus on 20 m/s.

| Maasto- luokka | 0 | | I | | II | | III | | IV | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | $z_e < 20m$ | $z_e > 50m$ | $z_e < 20m$ | $z_e > 50m$ | $z_e < 20m$ | $z_e > 50m$ | $z_e < 20m$ | $z_e > 50m$ | $z_e < 20m$ | $z_e > 50m$ |
| b/d _{tot} | 2,71 | 3,16 | 1,92 | 2,29 | 1,69 | 2,08 | 1,31 | 1,73 | 0,99 | 1,41 |
| <0,5 | 1,13 | 1,32 | 0,80 | 0,95 | 0,70 | 0,87 | 0,55 | 0,72 | 0,41 | 0,59 |

jossa b = siltakannen leveys
 d_{tot} = kannen korkeus
 z_e = siltakannen painopisteen etäisyys maan pinnasta

Siltakannella olevan tieliikenteen korkeudeksi oletetaan 2,0 metriä ja raideliikenteen korkeudeksi 4,0 metriä jotka lasketaan mukaan mittaan d_{tot} . Kun

kaiteen projektiopinta-alasta on alle 50% avointa lasketaan kaiteen korkeus mukaan mittaan d_{tot} .

Välisarvot voidaan interpoloida taulukoista. Yleensä voidaan käyttää maastoluokan II arvoja, ellei asianomainen viranomainen hankekohtaisesti toisin määrää. Suurilla silloilla voidaan käyttää myös muita arvoja asianomaisen viranomaisen hankekohtaisesti niin määrätessä. Tuulikuormat vinoköyry- ja riippusiltojen sekä kaari- ja vastaavien siltojen eri rakenneosiin on määriteltävä hankekohtaisesti.

Sillan pituussuuntaiset tuulikuormat ovat palkki- ja laattasilloilla 25 % poikittaisista tuulikuormista ja ristikkosilloilla 50 % poikittaisista tuulikuormista ellei hankekohtaisesti muuten määrätä.

Pystysuuntaiset tuulikuormat voidaan määrittellä standardin EN 1991-1-4 kohdan 8.3.3 mukaan

Mikäli tuulikuorma sillan pilareihin on merkittävä sillan suunnittelun kannalta, otetaan kuorma huomioon standardin EN 1991-1-4 kappaleen 8.4 ja siihen liittyvän kansallisen liitteen mukaisesti (tuulenpaine saadaan kansallisen liitteen taulukoista 8.4a(FI) ja 8.4b(FI) ellei hankekohtaisesti sovita muuta menettelyä).

Poikittaisen tuulikuorman vaikutusala $A_{ref,x}$ laskettaessa käytettävä siltakannen korkeus saadaan taulukosta C3 (vrt. standardin En 1991-1-4 kuva 8.5 ja taulukko 8.1).

Taulukko C3:

| Kaidetyyppi: | toisella puolella | molemmilla puolien |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------|
| Avoin kaide (>50% avoin): | $d + 0,3$ [m] | $d + 0,6$ [m] |
| Umpikaide: | $d + d_1$ [m] | $d + 2 \times d_1$ [m] |

d = siltakannen korkeus, d_1 = umpikaiteen korkeus

Silloissa, joissa pääkannattimet ovat pinnaltaan yhtenäisiä, huomioidaan tuulen vaikutusalaan valmiissa rakenteissa sillan sivuprojektioala ja rakennuksen aikana kahden pääkannattimen sivuprojektioala. Ristikkorakenteilla tuulen vaikutusalaan huomioidaan jokaisen peräkkäisen ristikon umpinaisten osien sivuprojektioala.

Tuulikuorman yhdistelykertoimet (ψ_0 , ψ_1 ja ψ_2) esitetään tämän sovellusohjeen taulukoissa G1 (tieliikenteen silloille), G2 (kevyen liikenteen silloille) ja G3 (raideliikenteen silloille).

Tuulikuorma yhdistellään muiden kuormien kanssa taulukoiden G4...G8 mukaisesti. On huomattava, että tie- ja ratatieliikenteen siltojen tapauksessa käytetään yhdistelykertoimella ψ_0 eri arvoa normaalisti vallitsevalle mitoitus-tilanteelle (F_{wk}) ja tilanteelle jossa tuulikuorma otetaan huomioon samanaikaisesti liikenteen kanssa (F'_{wk}). Yhdisteltäessä tuulikuormaa muiden kuormien kanssa käytetään arvoa $0,6 \times F_{wk}$, joka rajoitetaan arvoon $1 \times F'_{wk}$.

Siltojen kuormat
TUULIKUORMAT (EN-1991-1-4)

21

C TUULIKUORMAT (EN-1991-1-4)

22

Siltojen kuormat
TUULIKUORMAT (EN-1991-1-4)

kaiteen projektiopinta-alasta on alle 50% avointa lasketaan kaiteen korkeus mukaan mittaan d.

Tässä sovellusohjeessa esitetyt tuulenpaineen arvot on laskettu standardin EN 1991-1-4 mukaisesti olettaen tuulennopeuden modifioimattomalle perusarvolle $v_{b,0}$ arvo 23 m/s. Kun liikennekuormaa pidetään samanaikaisena tuulen kanssa tuulennopeuden modifioimattomalle perusarvolle on käytetty arvoa $v'_{b,0} = 20$ m/s.

Esitettyjä tuulenpaineen arvoja voidaan soveltaa pienten ja keskisuurten siltojen suunnittelussa, kun silta on tyypiltään standardin EN 1991-1-4 kuvan 8.1 mukainen. Mikäli tuulikuorma on merkittävä sillan suunnittelun kannalta, voidaan sillalle tehdä tarkempi tuulianalyysi. Tämän sovellusohjeen menettelyä voidaan soveltaa myös muihin kuin standardin EN 1991-1-4 kuvan 8.1 siltatyyppeihin hankekohtaisesti niin sovittaessa. Edelleen hankekohtaisesti saatetaan vaatia erillinen dynaaminen analyysi.

| b/d_{ex} | $z_c < 20m$ | $z_c > 20m$ | $z_c < 20m$ | $z_c > 20m$ | $z_c < 20m$ | $z_c > 20m$ | $z_c < 20m$ | $z_c > 20m$ | $z_c < 20m$ | $z_c > 20m$ |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <0,5 | 2,71 | 3,16 | 1,92 | 2,29 | 1,69 | 2,08 | 1,31 | 1,73 | 0,99 | 1,41 |
| >5 | 1,13 | 1,32 | 0,80 | 0,95 | 0,70 | 0,87 | 0,55 | 0,72 | 0,41 | 0,59 |

, jossa b = siltakannen leveys
 d_{ex} = kannen korkeus
 z_c = siltakannen painopisteen etäisyys maan pinnasta

Siltakannella olevan tieliikenteen korkeudeksi oletetaan 2,0 metriä ja raideliikenteen korkeudeksi 4,0 metriä jotka lasketaan mukaan mittaan d_{ex} . Kun

Tuulikuorma yhdistellään muiden kuormien kanssa taulukoiden G4...G8 mukaisesti. On huomattava, että tie- ja rautatieliikenteen siltojen tapauksessa käytetään yhdistelykertoimella Ψ_0 eri arvoa normaalisti vallitsevalle mitoitus-tilanteelle (F_{wk}) ja tilanteelle jossa tuulikuorma otetaan huomioon samanaikaisesti liikenteen kanssa (F_{wk}). Yhdisteltäessä tuulikuormaa muiden kuormien kanssa käytetään arvoa $0,6 \times F_{wk}$, joka rajoitetaan arvoon $1 \times F_{wk}$.

Muotokerroin, ks. sovellusohje

21

22

Siltojen kuormat
TUULIKUORMAT (EN-1991-1-4)

Sillan poikittainen tuulikuorma F_{wk} saadaan taulukosta C1. Kun liikennekuormaa pidetään samanaikaisena tuulen kanssa, saadaan tuulikuorma F_{wk}^* taulukosta C2 (samat taulukot ovat standardin EN 1991-1-4 kansallisessa liitteessä, 8.2a(FI) ja 8.2b(FI)).

Taulukko C1:

Taulukko 8.2a(FI), Tuulen paine [kN/m^2] tyhjällä siltakannella kun tuulen nopeus on 23 m/s.

| Maasto- luokka | 0 | | I | | II | | III | | IV | |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | $z_0 < 20m$ | $z_0 = 50m$ | $z_0 < 20m$ | $z_0 = 50m$ | $z_0 < 20m$ | $z_0 = 50m$ | $z_0 < 20m$ | $z_0 = 50m$ | $z_0 < 20m$ | $z_0 = 50m$ |
| $b/d_{tot} < 0,5$ | 3,58 | 4,18 | 2,54 | 3,02 | 2,23 | 2,75 | 1,73 | 2,28 | 1,30 | 1,86 |
| $> 4^*$ | 1,94 | 2,26 | 1,37 | 1,64 | 1,21 | 1,49 | 0,94 | 1,24 | 0,71 | 1,01 |
| $> 5^*$ | 1,49 | 1,74 | 1,06 | 1,26 | 0,93 | 1,15 | 0,72 | 0,95 | 0,54 | 0,77 |

* Koskee siltaa, jossa kaiteet ovat avoimet, ts. kaiteen projektiopinta-alasta yli 50 % on avointa.

[†] Koskee siltaa, jossa kaiteet ovat suljetut, ts. kysymyksessä on umpikaide tai kaide, jonka projektiopinta-alasta vähemmän kuin 50 % on avointa.

Taulukko C2:

Taulukko 8.2b(FI), Tuulen paine [kN/m^2] sillalla jossa on liikennettä kun tuulen nopeus on 20 m/s.

| Maasto- luokka | 0 | | I | | II | | III | | IV | |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | $z_0 < 20m$ | $z_0 = 50m$ | $z_0 < 20m$ | $z_0 = 50m$ | $z_0 < 20m$ | $z_0 = 50m$ | $z_0 < 20m$ | $z_0 = 50m$ | $z_0 < 20m$ | $z_0 = 50m$ |
| $b/d_{tot} < 0,5$ | 2,71 | 3,16 | 1,92 | 2,29 | 1,69 | 2,08 | 1,31 | 1,73 | 0,99 | 1,41 |
| > 5 | 1,13 | 1,32 | 0,80 | 0,95 | 0,70 | 0,87 | 0,55 | 0,72 | 0,41 | 0,59 |

, jossa b = siltakannen leveys
 d_{tot} = kannen korkeus
 z_0 = siltakannen painopisteen etäisyys maan pinnasta

Siltakannella olevan tieliikenteen korkeudeksi oletetaan 2,0 metriä ja raitieliikenteen korkeudeksi 4,0 metriä jotka lasketaan mukaan mittaan d_{tot} . Kun

en projektiopinta-alasta on alle 50% avointa lasketaan kaiteen korkeus

Tuulen vaikutusalan laskenta, taulukko C3

Taulukko C3:

| Kaidetyyppi: | toisella puolella | molemmilla puolin |
|---------------------------|-------------------|------------------------|
| Avoin kaide (>50% avoin): | $d + 0,3$ [m] | $d + 0,6$ [m] |
| Umpikaide: | $d + d_1$ [m] | $d + 2 \times d_1$ [m] |

d = siltakannen korkeus, d_1 = umpikaiteen korkeus

an 8.3.3 mukaan

li tuulikuorma sillan pilareihin on merkittävä sillan suunnittelun kannalta, an kuorma huomioon standardin EN 1991-1-4 kappaleen 8.4 ja siihen an kansallisen liitteen mukaisesti (tuulenpaine saadaan kansallisen en taulukoista 8.4a(FI) ja 8.4b(FI) ellei hankekohtaisesti sovita muuta atettyä).

ttaisen tuulikuorman vaikutusala $A_{m,t,x}$ laskettaessa käytettävä siltan en korkeus saadaan taulukosta C3 (vrt. standardin En 1991-1-4 kuva a taulukko 8.1).

ta C3:

kaisesti liikenteen kanssa (F_{wk}). Yhdisteltäessä tuulikuormaa muiden kuormien kanssa käytetään arvoa $0,6 \times F_{wk}$, joka rajoitetaan arvoon $1 \times F_{wk}$.

itakannen korkeus, d_1 = umpikaiteen korkeus

ssa, joissa pääkannattimet ovat pinnaltaan yhtenäisiä, huomioidaan vaikutusalaan valmiissa rakenteessa sillan sivuprojektiotala ja rakenen aikana kahden pääkannattimen sivuprojektiotala. Ristikkorakenteilla vaikutusalaan huomioidaan jokaisen peräkkäisen ristikon umpinaisten n sivuprojektiotala.

| grb | 1 | 2 |
|------------------|-----|-----|
| $F_{wk} \cdot 1$ | 1,5 | 0,6 |
| $F_{wk} \cdot 0$ | < | 1 |
| $F_{wk} \cdot 1$ | 1,5 | 0,6 |

Ennen ja jälkeen jousi- ja raitieliikenteen siltakannella liikenteen kanssa (F_{wk}). Yhdisteltäessä tuulikuormaa muiden kuormien kanssa käytetään arvoa $0,6 \times F_{wk}$, joka i

| | |
|------------------|-----|
| $F_{wk} \cdot 1$ | 0,6 |
| < | |
| $F_{wk} \cdot 1$ | 1 |

D LÄMPÖTILAKUORMAT (EN-1991-1-5)

Käyttämällä standardissa EN-1991-1-5 esitettyä kansallista liitteessä esitetyt siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei otetaakaan kantaa.

Liitteen 2 taulukossa on esitetty kaikki standardin EN 1991-1-5 siltoja koskevat kohdat joissa kansallinen valinta on sallittua.

D.6.1 Siltojen päällysrakenteet

Siltojen päällysrakenteet ryhmitellään kolmeen ryhmään seuraavasti:

Tyyppi 1: Teräspäällysrakenne

Tyyppi 2: Liittopäällysrakenne

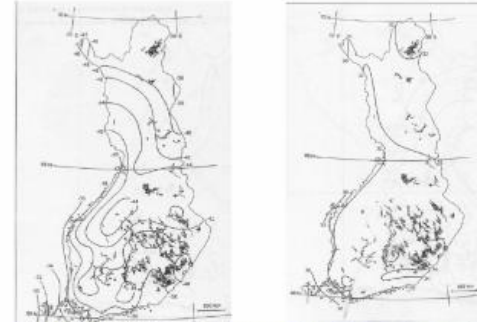
Tyyppi 3: Betonipäällysrakenne

Eri siltatyyppien poikkileikkauksia on esitetty standardin EN 1991-1-5 kuvissa 6.2a...6.2c.

Siltojen maksimilämpötiloina pidetään lämpötiloja, jotka ovat terässilloilla 16 °C, liittopalkkisilloilla 4 °C, ja betonisilloilla 2 °C lämpimämmät kuin varjossa mitatut ilman maksimilämpötilat. Vastaavasti siltojen minimilämpötilat ovat terässilloilla 3 °C alemmat ja liittopalkkisilloilla 4 °C ja betonisilloilla 8 °C ylempät kuin ilman minimilämpötilat. Vastaava asia on esitetty standardin EN 1991-1-5 kuvassa 6.1.

Lämpötilan ääriarvot Suomessa on esitetty kuvassa D1. (samat kuvat ovat standardin EN 1991-1-5 kansallisessa liitteessä, 6.1a(FI) ja 6.1b(FI)).

Kuva D1



Kuva 6.1a(FI). Minimilämpötilojen isotermit. Kuva 6.1b(FI). Maksimilämpötilojen isotermit.

Sillan alkulämpötilaksi T_0 voidaan olettaa standardin EN 1991-1-5 liitteen A suositusarvo (10°C) kun alkulämpötila ei ole ennakoitavissa, muuten valitaan arvioitu alkulämpötila.

Mikäli betonin todellinen sitoutumislämpötila aiheuttaa rakenteeseen merkittäviä siirtymiä ja/tai jännityksiä (verrattuna alkulämpötilaan T_0), tulee vaikutukset ottaa huomioon yleisesti hyväksytyillä menetelmillä.

Kun määritetään laakerien ja liikuntasaumalaitteiden liikevaroja oletetaan liikevaroihin ylimääräistä varmuutta $\pm 20^\circ\text{C}$ lämpötilanmuutosta vastaava siirtymä kun laakerien ja liikuntasaumalaitteiden asennuslämpötilaa ei ole määritetty ja $\pm 10^\circ\text{C}$ lämpötilanmuutosta vastaava siirtymä kun laakerien ja liikuntasaumalaitteiden asennuslämpötila on määritetty.

Yleensä lämpötilaero täytyy ottaa huomioon vain pystysuunnassa. Standardissa EN 1991-1-5 esitetään pystysuuntaiselle lämpötilaerolle kaksi eri menetelmää; lineaarinen lämpötilaero sekä epälineaarinen lämpötilaero.

Yleensä voidaan käyttää lineaarista lämpötilaeroa. Standardin kuvien 6.2a...6.2c mukaisissa teräskantisissa terässilloissa, teräksisissä liittopalkkisilloissa ja vastaavan poikkileikkauksen omaavissa betonisilloissa (kotelo) lineaarisen lämpötilaeron lisäksi rakenne on tarkistettava hyppäykselliselle lämpötilaerolle eri rakenneosien välillä (mitoitussarvot on esitetty jäljempänä tässä kappaleessa), ellei tarkastelua tehdä em. kuvien mukaan epälineaarisesti. Mikäli lasketaan epälineaarisen menetelmän mukaisesti, käytetään standardin EN 1991-1-5 suositusarvoja.

Lineaarinen pystysuuntainen lämpötilaero voidaan määrittää taulukosta D1 (vrt. standardin EN 1991-1-5 taulukko 6.1).

23

Siltojen kuormat
LÄMPÖTILAKUORMAT (EN-1991-1-5)

Siltojen päällysrakenteet ryhmitellään kolmeen ryhmään seuraavasti:

Tyyppi 1: Teräspäällysrakenne

Tyyppi 2: Liittopäällysrakenne

Tyyppi 3: Betonipäällysrakenne

Eri siltatyyppien poikkileikkauksia on esitetty standardin EN 1991-1-5 kuvissa 6.2a...6.2c.

Tyyppi 1: Teräspäällysrakenne

Tyyppi 2: Liittopäällysrakenne

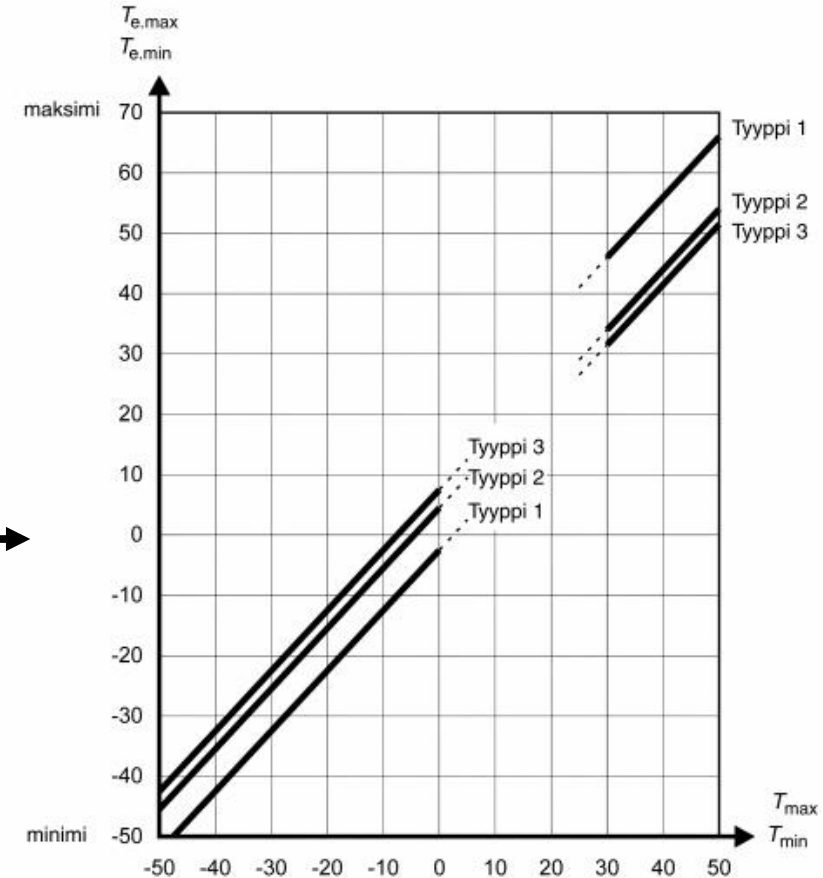
Siltojen maksimilämpötiloina pidetään lämpötiloja, jotka ovat terässilloilla 16 °C, liittopalkkisilloilla 4 °C, ja betonisilloilla 2 °C lämpimämmät kuin varjossa mitatut ilman maksimilämpötilat. Vastaavasti siltojen minimilämpötilat ovat terässilloilla 3 °C alemmat ja liittopalkkisilloilla 4 °C ja betonisilloilla 8 °C ylempät kuin ilman minimilämpötilat. Vastaava asia on esitetty standardin EN 1991-1-5 kuvassa 6.1.

Lämpötilan ääriarvot Suomessa on esitetty kuvassa D1. (samat kuvat ovat standardin EN 1991-1-5 kansallisessa liitteessä, 6.1a(FI) ja 6.1b(FI)).

24

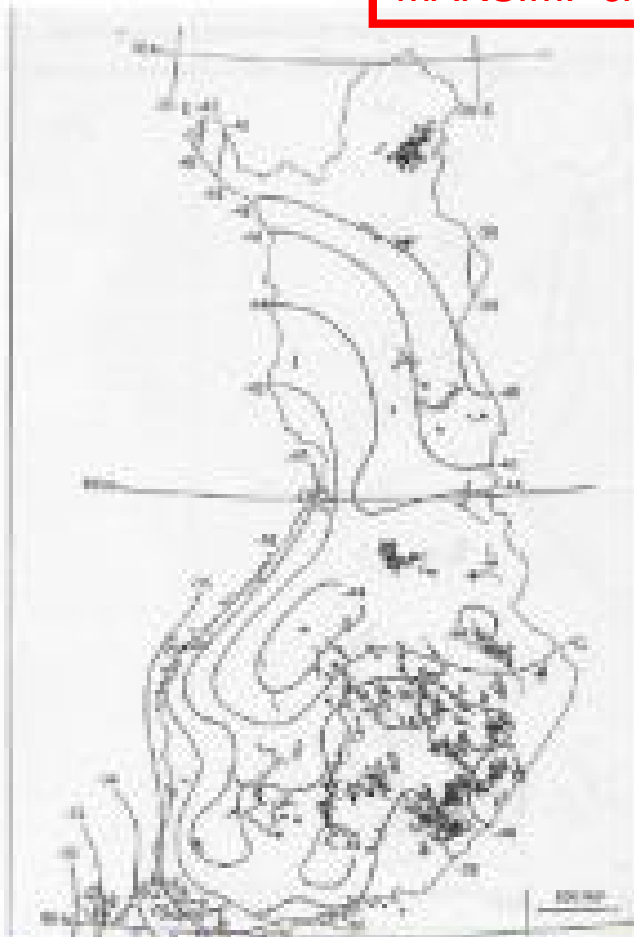
Siltojen kuormat
LÄMPÖTILAKUORMAT (EN-1991-1-5)

Kuva D1

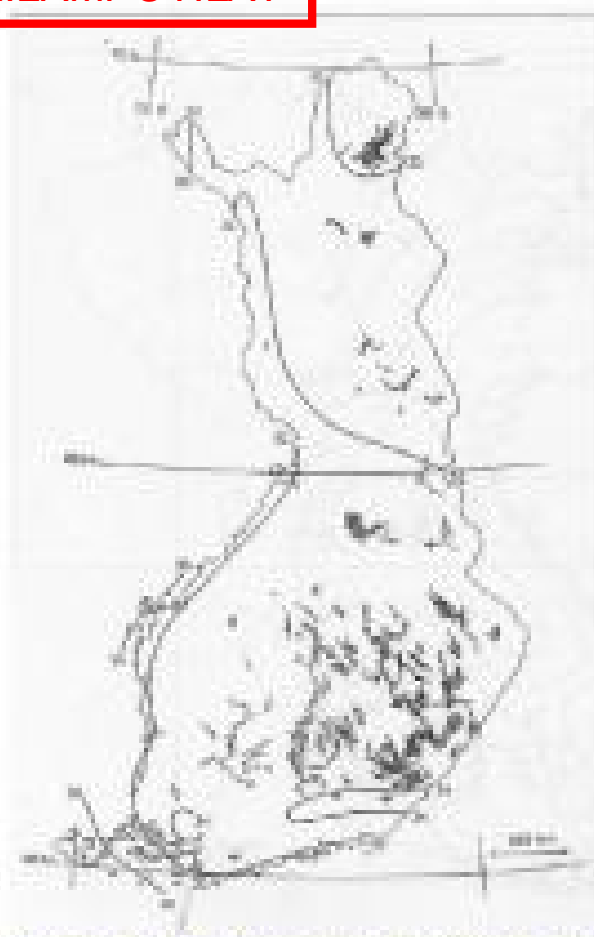


Kuva D1

MAKSIMI- JA MINIMILÄMPÖTILAT



Kuva 6.1a(FI). Minimilämpötilojen isotermit



Kuva 6.1b(FI). Maksimilämpötilojen isotermit

25

Siltojen kuormat
LÄMPÖTILAKUORMAT (EN-1991-1-5)

Taulukko D1

| Päälysrakennetyyppi: | Yläpinta lämpimämpi $\Delta T_{M,heat}$ (°C) | Alapinta lämpimämpi $\Delta T_{M,cool}$ (°C) |
|---|---|---|
| Tyyppi 1: Teräspäälysrakenne | 18 | 13 |
| Tyyppi 2: Liittopäälysrakenne | 15 | 18 |
| Tyyppi 3: Betonipäälysrakenne | | |
| - betonikotelo | 10 | 5 |
| - betonipalkki | 15 | 8 |
| - betonilaatta | 15 | 8 |

Taulukossa D1 esitetyt arvot perustuvat 50mm päälystepaksuuteen. Taulukossa D2 on esitetty lämpötilaeron korjauskertoimen k_{sur} eri päälystepaksuuksille. Väliarvot voidaan interpoloida. (vrt. standardin EN 1991-1-5 taulukko 6.2).

Taulukko D2

| Päälysteen paksuus [mm]: | Tyyppi 1 | | Tyyppi 2 | | Tyyppi 3 | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | $\Delta T_{M,heat}$ (°C) | $\Delta T_{M,cool}$ (°C) | $\Delta T_{M,heat}$ (°C) | $\Delta T_{M,cool}$ (°C) | $\Delta T_{M,heat}$ (°C) | $\Delta T_{M,cool}$ (°C) |
| päälystämätön: | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 0,8 | 1,1 |
| vesieristetty: | 1,6 | 0,6 | 1,1 | 0,9 | 1,5 | 1,0 |
| 50 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 100 | 0,7 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 0,7 | 1,0 |
| 150 | 0,7 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 1,0 |
| 750 (tukikerros) | 0,6 | 1,4 | 0,8 | 1,2 | 0,6 | 1,0 |

Betonikotelokannattimien seinämissä oletetaan lineaarinen lämpötilaero $\pm 15^\circ\text{C}$.

Kuten päälysrakenteissa, myös välitukipilareissa käytetään yleensä lineaarista lämpötilaeroa. Vastakkaisten ulkopintojen välinen lämpötilaero on 5°C ja seinämien sisä- ja ulkopintojen välinen lämpötilaero on 15°C .

Eri rakenneosien välille syntyvän lämpötilaeron vaikutukset otetaan huomioon seuraavasti:

- $\pm 15^\circ\text{C}$ vetotangon ja kaaren välillä
- $\pm 10^\circ\text{C}$ vaaleiden riippu-/vinoköysien ja muun rakenteen välillä
- $\pm 20^\circ\text{C}$ tummien riippu-/vinoköysien ja muun rakenteen välillä
- $+20 / -5^\circ\text{C}$ terässilloilla kannen ja palkkien/kotelon välillä
- $\pm 10^\circ\text{C}$ liittopalkkisilloilla kannen ja palkkien välillä
- $\pm 5^\circ\text{C}$ betonisilloilla kannen ja palkkien/kotelon välillä

Eri rakenneosien välille syntyvän lämpötilaeron vaikutukset lisätään lämpötilan muutoksesta aiheutuviin vaikutuksiin (kuitenkin siten, että yksittäisen rakenneosan kuvan D1 avulla määritettyä maksimi-/minimilämpötilaa ei ylitetä)

26

Siltojen kuormat
LÄMPÖTILAKUORMAT (EN-1991-1-5)

Lämpötilan muutos ja epälineaarinen lämpötilaero yhdistetään lopullista mitoitusta varten standardin EN 1991-1-5 kaavojen 6.3 ja 6.4 mukaisesti. Tätä laskettua lämpötilakuormien vaikutusta (T_k) käytetään tämän sovellusohjeen taulukoissa G4...G8 ja liitteessä 1 esitetyissä kuormitusyhdistelyissä.

Kaava 6.3: $\Delta T_{M,heat}$ (tai $\Delta T_{M,cool}$) + $0,35 \times \Delta T_{M,cool}$ (tai $\Delta T_{M,heat}$)

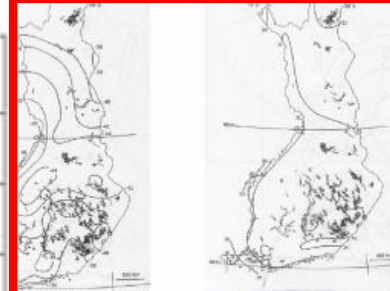
Kaava 6.4: $0,75 \times \Delta T_{M,heat}$ (tai $\Delta T_{M,cool}$) + $\Delta T_{M,cool}$ (tai $\Delta T_{M,heat}$)

Usein voidaan kuitenkin tarkastella lämpötilan muutoksen ja epälineaarisen lämpötilaeron verhoikäyrää (vastaa nykyistä käytäntöä).

Lineaarinen pystysuuntainen lämpötilaero voidaan määrittää taulukosta D1 (vrt. standardin EN 1991-1-5 taulukko 6.1).

Taulukko D1

| Päällysrakennetyyppi: | Yläpinta lämpimämpi $\Delta T_{M,heat}$ (°C) | Alapinta lämpimämpi $\Delta T_{M,cool}$ (°C) |
|--|---|---|
| Tyyppi 1: Teräspäällysrakenne | 18 | 13 |
| Tyyppi 2: Liittopäällysrakenne | 15 | 18 |
| Tyyppi 3: Betonipäällysrakenne | | |
| - betonikotelo | 10 | 5 |
| - betonipalkki | 15 | 8 |
| - betonilaatta | 15 | 8 |



Minimilämpötilojen isotermit Kuva 6.1b/FD. Maksimilämpötilojen isotermit

lämpötilaksi T_0 voidaan olettaa standardin EN 1991-1-5 liitteen A (10°C) kun alkulämpötila ei ole ennakoitavissa, muuten valitaan lämpötila.

°C, liittopaikkisilloilla 4 °C, ja mitatut ilman maksimilämpötiloissa 3 °C alemmat ja ylempät kuin ilman minimilämpötilat EN 1991-1-5 kuvassa 6.1.

Lämpötilan ääriarvot Suomen standardin EN 1991-1-5 kanssa

Taulukossa D1 esitetyt arvot perustuvat 50mm päällystepaksuuteen. Taulukossa D2 on esitetty lämpötilaeron korjauskerroin k_{sur} eri päällystepaksuuksille. Väliarvot voidaan interpoloida. (vrt. standardin EN 1991-1-5 taulukko 6.2).

Taulukko D2

| Tiesillat, kevyen liikenteen sillat ja rautatiesillat: korjauskerroin k_{sur} | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Päällysteen paksuus [mm]: | Tyyppi 1 | | Tyyppi 2 | | Tyyppi 3 | |
| | $\Delta T_{M,heat}$ (°C) | $\Delta T_{M,cool}$ (°C) | $\Delta T_{M,heat}$ (°C) | $\Delta T_{M,cool}$ (°C) | $\Delta T_{M,heat}$ (°C) | $\Delta T_{M,cool}$ (°C) |
| päällystämätön: | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 0,8 | 1,1 |
| vesieristetty: | 1,6 | 0,6 | 1,1 | 0,9 | 1,5 | 1,0 |
| 50 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 100 | 0,7 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 0,7 | 1,0 |
| 150 | 0,7 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 1,0 |
| 750 (tukikerros) | 0,6 | 1,4 | 0,8 | 1,2 | 0,6 | 1,0 |

erkit-
aiku-

staa-
taava
ei ole
en ja

ndar-
i me-

uvien
palk-
otelo)
iselle
pänä
saari-
stään

a D1

25

Siltojen kuormat
LÄMPÖTILAKUORMAT (EN-1991-1-5)

Betonikotelokannattimien seinämissä oletetaan lineaarinen lämpötilaero $\pm 15^\circ\text{C}$.

Kuten päällysrakenteissa, myös välitukipilareissa käytetään yleensä lineaarista lämpötilaeroa. Vastakkaisten ulkopintojen välinen lämpötilaero on 5°C ja seinämien sisä- ja ulkopintojen välinen lämpötilaero on 15°C .

Eri rakenneosien välille syntyvän lämpötilaeron vaikutukset otetaan huomioon seuraavasti:

- $\pm 15^\circ\text{C}$ vetotangon ja kaaren välillä
- $\pm 10^\circ\text{C}$ vaaleiden riippu-/vinoköysien ja muun rakenteen välillä
- $\pm 20^\circ\text{C}$ tummien riippu-/vinoköysien ja muun rakenteen välillä
- $+20 / -5^\circ\text{C}$ terässilloilla kannen ja palkkien/kotelon välillä
- $\pm 10^\circ\text{C}$ liittopalkkisilloilla kannen ja palkkien välillä
- $\pm 5^\circ\text{C}$ betonisilloilla kannen ja palkkien/kotelon välillä

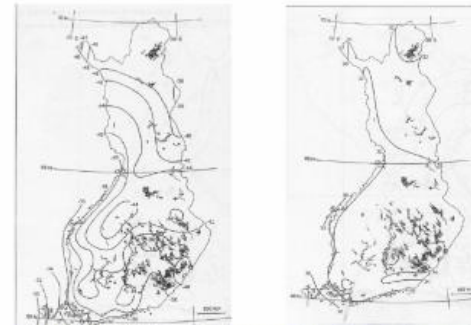
Eri rakenneosien välille syntyvän lämpötilaeron vaikutukset lisätään lämpötilan muutoksesta aiheutuviin vaikutuksiin (kuitenkin siten, että yksittäisen rakenneosan kuvan D1 avulla määritettyä maksimi-/minimilämpötilaa ei ylitetä)

Lämpötilan arvo standardin EN

26

Siltojen kuormat
LÄMPÖTILAKUORMAT (EN-1991-1-5)

Kuva D1



Kuva 6.1a/FD. Minimilämpötilojen isotermit. Kuva 6.1b/FD. Maksimilämpötilojen isotermit.

Sillan alkulämpötilaksi T_0 voidaan olettaa standardin EN 1991-1-5 liitteen A suositusarvo (10°C) kun alkulämpötila ei ole ennakoitavissa, muuten valitaan arvioitu alkulämpötila.

Mikäli betonin todellinen sitoutumislämpötila aiheuttaa rakenteeseen merkittäviä siirtymiä ja/tai jännityksiä (verrattuna alkulämpötilaan T_0), tulee vaikutukset ottaa huomioon yleisesti hyväksytyillä menetelmillä.

Kun määritetään laakerien ja liikuntasaumalaitteiden liikevaroja oletetaan liikevarojen vähimmäisarvo $\pm 20^\circ\text{C}$ lämpötilamuutosta vastaavaksi.

Lämpötilan muutos ja epälineaarinen lämpötilaero yhdistetään lopullista mitoitusta varten standardin EN 1991-1-5 kaavojen 6.3 ja 6.4 mukaisesti. Tätä laskettua lämpötilakuormien vaikutusta (T_k) käytetään tämän sovellusohjeen taulukoissa G4...G8 ja liitteessä 1 esitetyissä kuormitusyhdistelyissä.

Kaava 6.3: $\Delta T_{k, \text{reisi}} \text{ (tai } \Delta T_{k, \text{cool}}) + 0,35 \times \Delta T_{k, \text{aesp}} \text{ (tai } \Delta T_{k, \text{com}})$

Kaava 6.4: $0,75 \times \Delta T_{k, \text{reisi}} \text{ (tai } \Delta T_{k, \text{cool}}) + \Delta T_{k, \text{aesp}} \text{ (tai } \Delta T_{k, \text{com}})$

Usein voidaan kuitenkin tarkastella lämpötilan muutoksen ja epälineaarisen lämpötilaeron verhoikäyrää (vastaa nykyistä käytäntöä).

E TYÖNAIKAISET KUORMAT (EN-1991-1-6)

Kaikki standardissa EN 1991-1-6 sekä sen kansallisessa liitteessä esitetyt siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei oteta-kaan kantaa.

Liitteen 2 taulukossa on esitetty kaikki standardin EN 1991-1-6 siltoja koskevat kohdat joissa kansallinen valinta on sallittua.

Ellei standardissa EN 1991-1-6 tai sen siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä ole toisin määrätty sovelletaan seuraavien kansallisia sovellusohjeita:

- RIL 147-2006 Tukitelinet ja muotit
- RIL 181-1989 Rakennuskaivanto-ohjeet
- Työnaikaisten ratakaivantojen tukemine(n, Ratahallintokeskuksen julkaisu A10/2001)

F ONNETTOMUUSKUORMAT (EN-1991-1-7)

Kaikki standardissa EN 1991-1-7 sekä sen kansallisessa liitteessä esitetyt siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei oteta-kaan kantaa.

Liitteen 2 taulukossa on esitetty kaikki standardin EN 1991-1-7 siltoja koskevat kohdat joissa kansallinen valinta on sallittua.

F.3 Mitoitustilanteet

Standardin SFS-EN 1991-1-7 siltoja koskevan kansallisen liitteen kohdissa 3.2. (1), 3.3 (2), 3.4 (1), 3.4 (2) ja 4.3.1 (1) viitataan tähän sovellusohjeen kohtaan.

Standardissa EN 1990 rakenteet on jaettu kolmeen seuraamusluokkaan CC1, CC2 ja CC3 (CC = Consequence Class) alla olevan taulukon mukaisesti.

Taulukko F1

| Seuraamusluokka | Kuvaus |
|-----------------|--------------------------|
| CC3 | Suuret seuraamukset |
| CC2 | Keskisuuret seuraamukset |
| CC1 | Pienet seuraamukset |

(vrt. täydellinen taulukko B1 standardissa EN 1990)

Seuraamusluokkiin CC1, CC2 ja CC3 on edelleen liitetty (ks. kappale B3.2 standardissa EN 1990) kolme luotettavuusluokkaa RC1, RC2 ja RC3 (RC = Reliability Class). Kullekin luotettavuusluokalle on standardissa suositeltu tietty vähimmäisluotettavuus (käyttäen luotettavuusindeksiä β).

Taulukko F2

| Luotettavuusluokka | Indeksin β vähimmäisarvot |
|--------------------|---------------------------------|
| | 50 vuoden tarkastelujakso |
| RC1 | 4,3 |
| RC2 | 3,8 |
| RC3 | 3,3 |

(vrt. täydellinen taulukko B2 standardissa EN 1990)

Eräs yksinkertainen keino, jolla luotettavuuden tasoluokitus voidaan käytännössä tehdä, on käyttää kuormalle erilaista osavarmuuslukua γ_{F1} . Esimerkiksi mitoituksen valvonnan ja toteuttamisen tarkastustasojen säilyessä samoina kansallisessa liitteessä annetut osavarmuusluvut voidaan kertoa alla olevan taulukon mukaisella kertoimella K_{F1} .

Taulukko F3

| Kuormakerroin K_{F1} | Luotettavuusluokka | | |
|------------------------|--------------------|-----|-----|
| | RC1 | RC2 | RC3 |
| | 0,9 | 1,0 | 1,1 |

27

28

"EUROKOODIN VARMUUSTEORIAA"

Siltojen kuormat
TYÖNAIKAISET KUORMAT (EN-1991-1-6)

E TYÖNAIKAISET KUORMAT (EN-1991-1-6)

Kaikki standardissa EN 1991-1-6 sekä sen kansallisessa siltoja koskevat vaatimukset ovat voimassa ja niitä on no- tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin kaan kantaa.

Litteen 2 taulukossa on esitetty kaikki standardin EN 1991-1-6 kohdat joissa kansallinen valinta on sallittua.

Ellei standardissa EN 1991-1-6 tai sen siltoja koskevassa teessä ole toisin määrätty sovelletaan seuraavien kansallisten sovellusohjeita:

- RIL 147-2006 Tukelineet ja muotit
- RIL 181-1989 Rakennuskaivanto-ohjeet
- Työnaikaisten ratakaivantojen tukemine(n, Ratahallintokeskuksen julkaisuja A10/2001)

Ellei standardissa EN 1991-1-6 tai sen siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä ole toisin määrätty sovelletaan seuraavien kansallisia sovellusohjeita:

- RIL 147-2006 Tukelineet ja muotit
- RIL 181-1989 Rakennuskaivanto-ohjeet
- Työnaikaisten ratakaivantojen tukemine(n, Ratahallintokeskuksen julkaisuja A10/2001)

Standardissa EN 1990 rakenteet on jaettu kolmeen seuraamusluokkaan CC1, CC2 ja CC3 (CC = Consequence Class) alla olevan taulukon mukaisesti.

Taulukko F1

| Seuraamusluokka | Kuvaus |
|-----------------|--------------------------|
| CC3 | Suuret seuraamukset |
| CC2 | Keskisuuret seuraamukset |
| CC1 | Pienet seuraamukset |

(vrt. täydellinen taulukko B1 standardissa EN 1990)

Standardissa EN 1990 rakenteet on jaettu kolmeen seuraamusluokkaan CC1, CC2 ja CC3 (CC = Consequence Class) alla olevan taulukon mukaisesti.

Taulukko F1

| Seuraamusluokka | Kuvaus |
|-----------------|--------------------------|
| CC3 | Suuret seuraamukset |
| CC2 | Keskisuuret seuraamukset |
| CC1 | Pienet seuraamukset |

(vrt. täydellinen taulukko B1 standardissa EN 1990)

Seuraamusluokkiin CC1, CC2 ja CC3 on edelleen liitetty (ks. kappale B3.2 standardissa EN 1990) kolme luotettavuusluokkaa RC1, RC2 ja RC3 (RC = Reliability Class). Kullekin luotettavuusluokalle on standardissa suositeltu tietty vähimmäisluotettavuus (käyttäen luotettavuusindeksiä β).

Seuraamusluokkiin CC1, CC2 ja CC3 on edelleen liitetty (ks. kappale B3.2 standardissa EN 1990) kolme luotettavuusluokkaa RC1, RC2 ja RC3 (RC = Reliability Class). Kullekin luotettavuusluokalle on standardissa suositeltu tietty vähimmäisluotettavuus (käyttäen luotettavuusindeksiä β).

Taulukko F2

| Luotettavuusluokka | Indeksin β vähimmäisarvot |
|--------------------|---------------------------------|
| | 50 vuoden tarkastelujakso |
| RC1 | 4,3 |
| RC2 | 3,8 |
| RC3 | 3,3 |

(vrt. täydellinen taulukko B2 standardissa EN 1990)

Lähtökohtaisesti sillat sijoitetaan seuraamusluokkaan CC2. Tästä johtuen silloilla ei ole otettu Suomessa lainkaan käyttöön kuormakerrointa K_{FI} (joka on 1,0 seuraamusluokassa CC2).

Tilapäiset sillat ja sillat, joissa vaurioseuraamukset ovat lievät, voidaan asianomaisen viranomaisen päätöksellä sijoittaa hankekohtaisesti seuraamusluokkaan CC1.

Tällöin yhtenä mahdollisuutena seuraamusluokan CC1 rakenteissa on kuormakerroimen $K_{FI} = 0,9$ käyttö murtorajatilien kuormitusyhdistelyissä ja/tai yksittäisten rakenneosien kantokyvyn menettämisen salliminen (ks. standardin EN 1991-1-7 siltoja koskeva kansallinen liite, kohta 3.3 (2)).

Mikäli mahdollisella onnettomuudella on oletettavissa suuret vaurion seuraukset eli ollaan seuraamusluokassa CC3, tehdään erillinen riskianalyysi ja mahdollisista toimenpiteistä päätetään hankekohtaisesti. Riskinarvioinnissa voidaan soveltaa standardin EN 1991-1-7 opastavaa liitettä B.

Yhtenä mahdollisuutena seuraamusluokan CC3 rakenteissa on kuormakerroimen $K_{FI} = 1,1$ käyttö ja/tai rakenteelliset toimenpiteet mahdollisen onnettomuuden todennäköisyyden tai onnettomuudesta seuraavien vaurioiden pienentämiseksi. Standardin EN 1991-1-7 kappaleen 3.3 esittämät toimintaperiaatteet, joiden mukaan rajoitetaan paikallisen vaurion laajuutta, määritellään hankekohtaisesti seuraamusluokan CC3 rakenteille.

Tämän sovellusohjeen esittämät onnettomuusmitoitustilanteet soveltuvat sellaisenaan seuraamusluokkien CC1 ja CC2 rakenteiden mitoitukseen. Seuraamusluokan CC3 rakenteille onnettomuuskuormat määritellään riskianalyysin perusteella.

F.4 Törmäyskuormat

Silloissa otetaan yleensä huomioon ainoastaan kantaviin rakenteisiin kohdistuvat törmäykset. Muihin rakenteisiin kohdistuvat törmäykset otetaan huomioon ainoastaan, jos niistä on vaaraa sillan kantavuudelle tai sillan käyttäjille.

Ellei rakenteen haurasmurtuminen aseta rajoituksia rakenteen käyttäytymiselle, törmäystilanteessa rakenteen ja maan rajapinnan yhteistoimintaa voidaan pitää plastisena ja kestävyysyden ylärajana maan murtumista tai passiivipainetta.

Sillan reunan tulee kestää kaikissa tilanteissa onnettomuuskuorma, joka koostuu reunapalkin ulkoreunaan sijoitetusta pyöräkuormasta (LM2) ja samanaikaisesti kaiteeseen vaikuttavasta törmäyskuormasta samassa kohdassa.

Tiehen H2 sillankaiteen onnettomuusrajatilan törmäyskuorma kaidepylvästä kohden reunapalkin yläpinnan korkeudella on 64 kN sillan poikkisuuntaisena

vaakakuormana ja 8,5 kNm samanaikaisesti vaikuttavana pylvästä sillan poikkisuuntaan taivuttavana momenttina. Tiehallinnon betonisillankaiteen onnettomuuskuormat on määritetty kaiteiden tyyppiirustuksissa. Betonikaiteen kohtisuoran törmäyskuorman korkeus ajoradan pinnasta on $\leq 0,8$ m.

F.4.3.1 Törmäys tukena toimiviin alusrakenteisiin

Törmäyskuormat alusrakenteisiin saadaan taulukosta F4, ellei asianomainen viranomainen hankekohtaisesti toisin määrää. (sama taulukko on standardin EN 1991-1-7 siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä, 4.1(FI)).

Taulukko F4

Taulukko 4.1(FI) - Ajoväylän yläpuolella tai vieressä olevia rakenteita tukeviin rakenteisiin ajoneuvon törmäyksestä aiheutuvat ohjeelliset ekvivalentit staattiset mitoituskormat.

| Liikenteen luokka | Kuorma F_{dx}^* [kN] | Kuorma F_{dy}^* [kN] |
|---|---------------------------|---------------------------|
| Moottoritteet sekä muut ajoneuvoille tarkoitettut tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $v \geq 80$ km/h | 1000 | 500 |
| Ajoneuvoille tarkoitettut tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $50 \text{ km/h} \leq v < 80 \text{ km/h}$ | 750 | 375 |
| Ajoneuvoille tarkoitettut tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $v < 50 \text{ km/h}$ | 500 | 250 |
| Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autotallit, joiden kunnossapito hoidetaan koneellisesti tai joissa kuorma-autojen ^b kulku ei ole rakentein estetty | 150 | 75 |
| Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autotallit, joiden kunnossapito hoidetaan manuaalisesti tai enintään 3,5 tonnin kahustolla ja joissa kuorma-autojen ^b kulku on rakentein estetty ^c | 50 | 25 |

* x = normaali liikenteen suunta, y = normaalin liikenteen suuntaa vastaan kohtisuoraan.

^b Termi "kuorma-auto" tarkoittaa ajoneuvoja, joiden suurin bruttopaino on yli 3,5 tonnia.

^c Rakenne-esteellä tarkoitetaan sitä, että kulkuväylä on kaiteilla tai sitä järeimmillä rakenteilla rajattu siten, että leveys on $\leq 2,4$ m tai kulkuväylän korkeus yläpuolisilla kantavilla rakenteilla rajattu siten, että korkeus on $\leq 2,2$ m.

Taulukossa F4 esitetyt kuormat F_{dx} ja F_{dy} eivät vaikuta törmäystilanteessa samanaikaisesti. Sillan alusrakenteen etäisyys ajoradan reunasta tai ylöspäin viettävä luiska otetaan huomioon pienentämällä taulukon F4 törmäyskuormia kertoimella k , jonka suuruus saadaan kuvasta F1.

Eräs yksinkertainen keino, jolla luotettavuuden tasoluokitus voidaan käytännössä tehdä, on käyttää kuormalle erilaista osavarmuuslukua γ_F . Esimerkiksi mitoituksen valvonnan ja toteuttamisen tarkastustasojen säilyessä samoina kansallisessa liitteessä annetut osavarmuusluvut voidaan kertoa alla olevan taulukon mukaisella kertoimella K_{FI} .

Taulukko F3

| | Luotettavuusluokka | | |
|--|--------------------|-----|-----|
| | RC1 | RC2 | RC3 |
| Kuormakerroin K_{FI} | 0,9 | 1,0 | 1,1 |

äänä hankkekohtaisesti seuraamusluokan CC3 rakenteille.

kuormat voidaan hoitaa kunnossapitoa, jos on mahdollista, jotta kuormat eivät vaikuta rakenteen estettä.

Lähtökohtaisesti sillat sijoitetaan seuraamusluokkaan CC2. Tästä johtuen silloilla ei ole otettu Suomessa lainkaan käyttöön kuormakerrointa K_{FI} (joka on 1,0 seuraamusluokassa CC2).

oon ainoastaan, jos niistä on vaaraa sillan kantavuudelle tai sillan käyttäjille.

Ellei rakenteen haurasmurtuminen aseta rajoituksia rakenteen käyttäytymiselle, törmäystilanteessa rakenteen ja maan rajapinnan yhteistoimintaa voidaan pitää plastisena ja kestävyuden ylärajana maan murtumista tai passiivipainetta.

Sillan reunan tulee kestää kaikissa tilanteissa onnettomuuskuorma, joka koostuu reunapalkin ulkoreunaan sijoitetusta pyöräkuormasta (LM2) ja samanaikaisesti kaiteeseen vaikuttavasta törmäyskuormasta samassa kohdassa.

Tieh H2 sillankaiteen onnettomuusrajatilan törmäyskuorma kaidepylvästä kohden reunapalkin yläpinnan korkeudella on 64 kN sillan poikkisuuntaisena

Taulukossa F4 esitetyt kuormat F_{dx} ja F_{dy} eivät vaikuta törmäystilanteessa samanaikaisesti. Sillan alusrakenteen etäisyys ajoradan reunasta tai ylöspäin viettävä luiska otetaan huomioon pienentämällä taulukon F4 törmäyskuormia kertoimella k , jonka suuruus saadaan kuvasta F1.

Tilapäiset sillat ja sillat, joissa vaurioseuraamukset ovat lievät, voidaan asianomaisen viranomaisen päätöksellä sijoittaa hankekohtaisesti seuraamusluokkaan CC1.

Tällöin yhtenä mahdollisuutena seuraamusluokan CC1 rakenteissa on kuormakertoimen $K_{FI} = 0,9$ käyttö murtorajatilan kuormitusyhdistelyissä ja/tai yksittäisten rakenneosien kantokyvyn menettämisen salliminen (ks. standardin EN 1991-1-7 siltoja koskeva kansallinen liite, kohta 3.3 (2))

Mikäli mahdollisella onnettomuudella on oletettavissa suuret vaurion seuraukset eli ollaan seuraamusluokassa CC3, tehdään erillinen riskianalyysi ja mahdollisista toimenpiteistä päätetään hankekohtaisesti. Riskinarvioinnissa voidaan soveltaa standardin EN 1991-1-7 opastavaa liitettä B.

Yhtenä mahdollisuutena seuraamusluokan CC3 rakenteissa on kuormakertoimen $K_{FI} = 1,1$ käyttö ja/tai rakenteelliset toimenpiteet mahdollisen onnettomuuden todennäköisyyden tai onnettomuudesta seuraavien vaurioiden pienentämiseksi. Standardin EN 1991-1-7 kappaleen 3.3 esittämät toimintaperiaatteet, joiden mukaan rajoitetaan paikallisen vaurion laajuutta, määritellään hankekohtaisesti seuraamusluokan CC3 rakenteille.

Törmäyskuormat alusrakenteisiin saadaan taulukosta F4, ellei asianomainen viranomainen hankekohtaisesti toisin määrää. (sama taulukko on standardin EN 1991-1-7 siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä, 4.1(FI)).

Taulukko F4

Taulukko 4.1(FI) – Ajoväylän yläpuolella tai vierssä olevia rakenteita tukeviin rakennosiin ajoneuvon törmäyksestä aiheutuvat ohjeelliset ekvivalentit staattiset mitoituskuormat.

| Liikenteen luokka | Kuorma F_{dx}^a [kN] | Kuorma F_{dy}^a [kN] |
|---|------------------------|------------------------|
| Moottoritiet sekä muut ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $v \geq 80$ km/h | 1000 | 500 |
| Ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $50 \text{ km/h} \leq v < 80 \text{ km/h}$ | 750 | 375 |
| Ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, joilla suurin sallittu ajonopeus on $v < 50 \text{ km/h}$ | 500 | 250 |
| Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan koneellisesti tai joissa kuorma-autojen ^b kulku ei ole rakentein estetty | 150 | 75 |
| Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan manuaalisesti tai enintään 3,5 tonnin kalustolla ja joissa kuorma-autojen ^b kulku on rakentein estetty ^c | 50 | 25 |

^a x = normaali liikenteen suunta, y = normaalin liikenteen suuntaa vastaan kohtisuoraan.

^b Termi "kuorma-auto" tarkoittaa ajoneuvoja, joiden suurin bruttopaino on yli 3,5 tonnia.

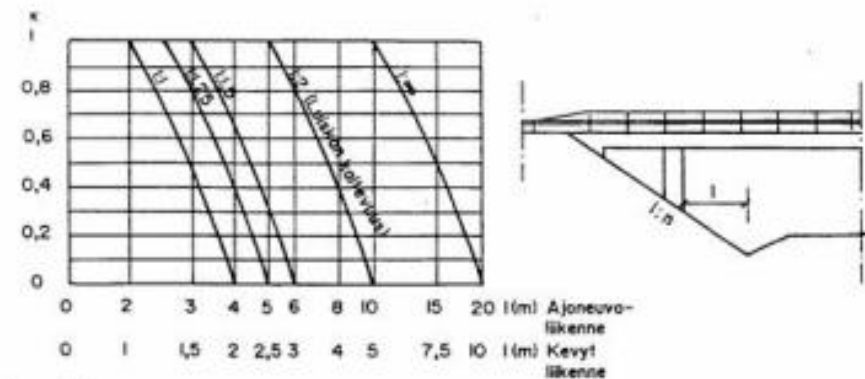
^c Rakenne-esteellä tarkoitetaan sitä, että kulkuväylä on kaiteilla tai sitä järeämmillä rakenteilla rajattu siten, että leveys on $\leq 2,4$ m tai kulkuväylän korkeus yläpuolisilla kantavilla rakenteilla rajattu siten, että korkeus on $\leq 2,2$ m.

Sillan reunan tulee kestää kaikissa tilanteissa onnettomuuskuorma, joka koostuu reunapalkin ulkoreunaan sijoitetusta pyöräkuormasta (LM2) ja samanaikaisesti kaiteeseen vaikuttavasta törmäyskuormasta samassa kohdassa.

Tieh H2 sillankaiteen onnettomuusrajatilan törmäyskuorma kaidepylvästä kohden reunapalkin yläpinnan korkeudella on 64 kN sillan poikkisuuntaisena

F.4.3.1 Törmäys tukena toimiviin alusrakenteisiin

Törmäyskuormat alusrakenteisiin saadaan taulukosta F4, ellei asianomainen viranomainen hankekohtaisesti toisin määrää. (sama taulukko on standardin EN 1991-1-7 siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä, 4.1(FI)).



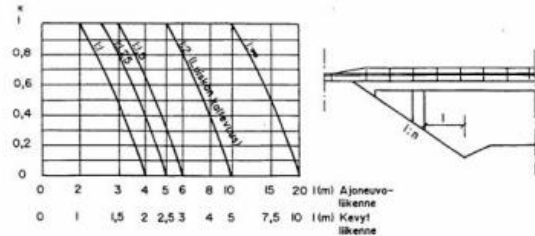
Kuva F1

rajattu siten, että korkeus on $\leq 2,2$ m.

Taulukossa F4 esitetyt kuormat F_{dx} ja F_{dy} eivät vaikuta törmäystilanteessa samanaikaisesti. Sillan alusrakenteen etäisyys ajoradan reunasta tai ylöspäin viettävä luiska otetaan huomioon pienentämällä taulukon F4 törmäyskuormia kertoimella k, jonka suuruus saadaan kuvasta F1.

31

Siltojen kuormat
ONNETTOMUUSKUORMAT (EN-1991-1-7)



Kuva F1

Mikäli luiskan ja päällysrakenteen alapinnan välinen tila törmäyskohdassa on < 1,2 m, törmäyskuormaa ko. alusrakenteeseen ei tarvitse ottaa huomioon.

Törmäyskuormasta otetaan huomioon vain puolet kun rakennetta suojaa > 1000 mm korkea asianomaisen viranomaisen hyväksymä H2 luokan kaide ja rakenteen ja kaiteen välissä on vähintään 1,2 m leveä tyhjä tila.

Törmäyskuormaa ei tarvitse ottaa lainkaan huomioon, mikäli rakenteen ja kaiteen välissä on vähintään 5 m leveä tyhjä tila.

Välisarvot voidaan interpoloida yllä esitetystä arvoista. Jos tiekaiteen korkeus on välillä 650...1000 mm, kerrotaan yllä olevat etäisyydet kahdella.

Mikäli rakenne sijaitsee alaspäin viettävässä luiskassa, eikä rakennetta ole suojattu asianomaisen viranomaisen hyväksymällä kaiteella, törmäyskuorma vaikuttaa täysimääräisenä taulukon 4.1(F1) mukaan 20 m etäisyydelle tien reunasta. Mikäli rakenne on suojattu kaiteella, yllä annetut kaiteen ja rakenteen välisten tyhjien tilojen leveydet kerrotaan kahdella.

Törmäyskuorma jaetaan korkeussuunnassa alueelle 0,5-1,0 m ajoradan/luiskan pinnasta mitattuna ja leveydelle 1,50 m tai rakenneosan leveydelle sen mukaan, kumpi on pienempi.

32

Siltojen kuormat
ONNETTOMUUSKUORMAT (EN-1991-1-7)

F.4.3.2 Päällysrakenteisiin kohdistuva törmäys

Törmäyskuormat päällysrakenteisiin saadaan taulukosta F5, ellei asianomainen viranomais hankkekohtaisesti tosin määrää. (sama taulukko on standardin EN 1991-1-7 siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä, 4.2(F1)).

Taulukko F5

Taulukko 4.2(F1) – Päällysrakenteeseen kohdistuvan törmäyksen aiheuttamat ekvivalentit staattiset mitoituskuormat

| Liikenteen luokka | Ekvivalentti staattinen mitoituskuorma $F_{0,x}$ ^a [kN] | Törmäyskuorman kohteena olevan rakenteen alarajakorkeus h_0 [m] |
|---|--|---|
| Moottoritiet sekä muut ajoneuvoille tarkoitettut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $v > 80$ km/h | 500 | 5,2 |
| Ajoneuvoille tarkoitettut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $50 \text{ km/h} \leq v < 80$ km/h | 375 | 5,2 |
| Ajoneuvoille tarkoitettut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $v < 50$ km/h | 250 | 5,2 |
| Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan koneellisesti tai joissa kuorma-autojen ^b kulku ei ole rakentein estetty | 75 | 4,6 |
| Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan manuaalisesti tai enintään 3,5 tonnin kalustolla ja joissa kuorma-autojen ^b kulku on rakentein estetty ^c | 25 | 3,5 |

^a x = normaali liikenteen suunta.
^b Termi "kuorma-auto" tarkoittaa ajoneuvoja, joiden suurin bruttopaino on yli 3,5 tonnia.
^c Rakenteellisella esteellä tarkoitetaan sitä, että kulkuväylän leveys on < 2,4 m tai kulkuväylän korkeus < 2,2 m.

Taulukossa F5 päällysrakenteeseen kohdistuvan törmäyskuorman suuruus on täysimääräinen kun törmäyskohteena olevan rakenteen korkeus tien pinnasta on yhtä suuri tai pienempi kuin taulukossa F5 annettu alarajakorkeus h_0 . Törmäyskuormaa ei tarvitse ottaa huomioon kun korkeus ylittää alarajakorkeuden $h_1 = h_0 + 1$ m. Välisarvot voidaan interpoloida.

Tarvittaessa otetaan huomioon myös liikenteen suuntaa vastaan kohtisuora kuorma $F_{0,x}$ (taulukon F5 arvot voidaan puolittaa). Kuormat $F_{0,x}$ ja $F_{0,y}$ eivät vaikuta törmäystilanteessa samanaikaisesti.

Törmäyskuorman vaikutusalue on neliö, jonka sivunpituus on 0,25 m.

Törmäyskuormat päällysrakenteisiin saadaan taulukosta F5, ellei asianomainen viranomainen hankekohtaisesti tosin määrää. (sama taulukko on standardin EN 1991-1-7 siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä, 4.2(FI)).

Taulukko F5

Taulukko 4.2(FI) – Päällysrakenteeseen kohdistuvan törmäyksen aiheuttamat ekvivalentit staattiset mitoituskuormat

| Liikenteen luokka | Ekvivalentti staattinen mitoituskuorma $F_{d,x}$ ^a [kN] | Törmäyskuorman kohteena olevan rakenteen alarajakorkeus h_0 [m] |
|---|--|---|
| Mootoritiet sekä muut ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $v > 80$ km/h | 500 | 5,2 |
| Ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $50 \text{ km/h} \leq v < 80$ km/h | 375 | 5,2 |
| Ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $v < 50$ km/h | 250 | 5,2 |
| Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan koneellisesti tai joissa kuorma-autojen ^b kulku ei ole rakentein estetty | 75 | 4,6 |
| Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan manuaalisesti tai enintään 3,5 tonnin kalustolla ja joissa kuorma-autojen ^b kulku on rakentein estetty ^c | 25 | 3,5 |

^a x = normaali liikenteen suunta.

^b Termi "kuorma-auto" tarkoittaa ajoneuvoja, joiden suurin bruttopaino on yli 3,5 tonnia.

^c Rakenteellisella esteellä tarkoitetaan sitä, että kulkuväylän leveys on $< 2,4$ m tai kulkuväylän korkeus $< 2,2$ m.

Törmäyskuormat päällysrakenteisiin saadaan taulukosta F5, ellei asianomainen viranomainen hankekohtaisesti tosin määrää. (sama taulukko on standardin EN 1991-1-7 siltoja koskevassa kansallisessa liitteessä, 4.2(FI)).

Taulukko F5

Taulukko 4.2(FI) – Päällysrakenteeseen kohdistuvan törmäyksen aiheuttamat ekvivalentit staattiset mitoituskuormat

| Liikenteen luokka | Ekvivalentti staattinen mitoituskuorma $F_{d,x}$ ^a [kN] | Törmäyskuorman kohteena olevan rakenteen alarajakorkeus h_0 [m] |
|---|--|---|
| Mootoritiet sekä muut ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $v > 80$ km/h | 500 | 5,2 |
| Ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $50 \text{ km/h} \leq v < 80$ km/h | 375 | 5,2 |
| Ajoneuvoille tarkoitetut tiet ja kadut, missä suurin sallittu ajonopeus on $v < 50$ km/h | 250 | 5,2 |
| Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan koneellisesti tai joissa kuorma-autojen ^b kulku ei ole rakentein estetty | 75 | 4,6 |
| Kevyen liikenteen tiet, pihat ja autohallit, joiden kunnossapito hoidetaan manuaalisesti tai enintään 3,5 tonnin kalustolla ja joissa kuorma-autojen ^b kulku on rakentein estetty ^c | 25 | 3,5 |

^a x = normaali liikenteen suunta.

^b Termi "kuorma-auto" tarkoittaa ajoneuvoja, joiden suurin bruttopaino on yli 3,5 tonnia.

^c Rakenteellisella esteellä tarkoitetaan sitä, että kulkuväylän leveys on $< 2,4$ m tai kulkuväylän korkeus $< 2,2$ m.

Taulukossa F5 päällysrakenteeseen kohdistuvan törmäyskuorman suuruus on täysimääräinen kun törmäyskohteena olevan rakenteen korkeus tien pinnasta on yhtä suuri tai pienempi kuin taulukossa F5 annettu alarajakorkeus h_0 . Törmäyskuormaa ei tarvitse ottaa huomioon kun korkeus ylittää alaraja-

Taulukossa F5 päällysrakenteeseen kohdistuvan törmäyskuorman suuruus on täysimääräinen kun törmäyskohteena olevan rakenteen korkeus tien pinnasta on yhtä suuri tai pienempi kuin taulukossa F5 annettu alarajakorkeus h_0 . Törmäyskuormaa ei tarvitse ottaa huomioon kun korkeus ylittää alarajakorkeuden $h_1 = h_0 + 1$ m. Väliarvot voidaan interpoloida.

F.4.5 Suistuneen junan aiheuttamat onnettomuuskuormat

Standardin SFS-EN 1991-1-7 siltoja koskevan kansallisen liitteen kohdassa 4.5 (1) viitataan tähän sovellusohjeen kohtaan.

Tämän kohdan sääntöjä voidaan yleensä soveltaa kaikkiin Suomessa liikennöiviin junatyyppeihin, ellei hankekohtaisesti toisin määrätä.

Sillat kuuluvat yleensä luokkaan B: Massiivinen rakenne jonka jätteen suunta on käytössä olevan rautatien poikki, jossa ei ole ihmisiä pysyvästi. (luokkien määrittely, ks. standardin EN 1991-1-7 taulukko 4.3).

Junien törmäyskuormat alusrakenteisiin saadaan taulukosta F6, ellei asianomainen viranomainen hankekohtaisesti tosin määrää. (vrt. taulukko 4.4 standardissa EN 1991-1-7). (huom! taulukko F6 on alun perin tehty luokan A rakenteille, mutta sitä voidaan käyttää myös luokan B rakenteille).

Taulukko F6

Taulukko 4.4 – Rautatiehen nähden poikittaisiin tai yhdensuuntaisiin, luokan A rakenteisiin törmäyksessä syntyvät ohjeelliset vaakasuuntaiset staattisesti ekvivalenit mitoituksuormat

| Eteläisyys "d" kantavista rakenteista lähimmään raitteen keskiviivaan (m) | Kuorma F_{y1} ^a (kN) | Kuorma F_{y2} ^a (kN) |
|--|--|--|
| Kantavat rakenteet: $d < 3$ m | Määritellään hankekohtaisesti Lisätieto on liitteessä B | Määritellään hankekohtaisesti Lisätieto on liitteessä B |
| Jatkuvissa muureissa ja muurin tyypisissä rakenteissa: $3 \text{ m} \leq d \leq 5 \text{ m}$ | 4 000 | 1 500 |
| $d > 5 \text{ m}$ | 0 | 0 |

^a x = raitteen suunta; y = kohtisuoraan raitteen suuntaa vastaan.

Kun tukirakenneosa on suojattu kiinteillä pystyseinämillä tai laitureilla, voidaan törmäyskuorman arvoa pienentää puoleen. Sama pienennys voidaan tehdä myös kun junien suurin paikallinen nopeus on enintään 50 km/h.

Onnettomuuskuormat vaikuttavat 1,8 m:n korkeudella raitteen tasosta.

F.4.6 Laivaliikenteen aiheuttamat onnettomuuskuormat

Standardin SFS-EN 1991-1-7 siltoja koskevan kansallisen liitteen kohdissa 4.6.1 (3), 4.6.2 (1), 4.6.3 (1) ja 4.6.3 (3) viitataan tähän sovellusohjeen kohtaan.

Väyliä luokitellaan asianomaisen viraston väylästön perusluokituksen mukaan.

Merialueiden ja sisävesilaivareittien alusten tyypit määrätään asianomaisilta viranomaisilta saatujen väyläkohtaisten laivatietojen mukaan, ellei asian-

omainen viranomainen ole määrännyt alusten ominaisuuksia hankekohtaisesti.

Laivojen törmäysten vakavuusluokat, hyväksyttävä riskitaso sekä väyläluokitus määritellään asianomaisen viranomaisen toimesta hankekohtaisesti. Laivojen törmäysten tilastollinen mallintaminen tehdään tarvittaessa hankekohtaisesti yleisesti tunnustettuja menetelmiä käyttäen.

Standardin EN 1991-1-7 opastavassa liitteessä C esitettyjä alustyyppejä ei voi sellaisenaan käyttää suunnittelussa, vaan paikalliset olosuhteet on otettava huomioon. Muut standardissa EN 1991-1-7 esitetyt laivan törmäyksiä koskevat vaatimukset ovat voimassa, elleivät paikalliset olosuhteet eroa merkittävästi standardin oletuksista. Asianomainen viranomainen voi antaa lisäohjeistusta laivaliikenteen aiheuttamien onnettomuuskuormien käsittelystä.

Junien törmäyskuormat alusrakenteisiin saadaan taulukosta F6, ellei asianomainen viranomainen hankekohtaisesti tosin määrää. (vrt. taulukko 4.4 standardissa EN 1991-1-7). (huom! taulukko F6 on alun perin tehty luokan A rakenteille, mutta sitä voidaan käyttää myös luokan B rakenteille).

Taulukko F6

Taulukko 4.4 – Rautatiehen nähden poikittaisiin tai yhdensuuntaisiin, luokan A rakenteisiin törmäyksessä syntyvät ohjeelliset vaakasuuntaiset staattisesti ekvivalenit mitoituskormat

| Etäisyys "d" kantavista rakenneosista lähimmän raiteen keskiviivaan (m) | Kuorma F_{dx} ^a (kN) | Kuorma F_{dy} ^a (kN) |
|--|---|---|
| Kantavat rakenneosat: $d < 3$ m | Määritellään hankekohtaisesti Lisätietoa on liitteessä B | Määritellään hankekohtaisesti Lisätietoa on liitteessä B |
| Jatkuvissa muureissa ja muurin tyypisissä rakenteissa: $3 \text{ m} \leq d \leq 5 \text{ m}$ | 4 000 | 1 500 |
| $d > 5 \text{ m}$ | 0 | 0 |

^a x = raiteen suunta; y = kohtisuoraan raiteen suuntaa vastaan.

F.4.6 Laivaliikenteen aiheuttamat onnettomuuskuormat

Standardin SFS-EN 1991-1-7 siltoja koskevan kansallisen liitteen kohdissa 4.6.1 (3), 4.6.2 (1), 4.6.3 (1) ja 4.6.3 (3) viitataan tähän sovellusohjeen kohteeseen.

Väyliä luokitetaan tehdään asianomaisen viraston väyläluokituksen mukaan.

Merialueiden ja sisävesilaivareittien alusten tyytit määrätään asianomaisilta viranomaisilta saatujen väyläkohtaisten laivatietojen mukaan, ellei asian-

omainen viranomainen ole määrännyt alusten ominaisuuksia hankekohtaisesti.

Laivojen törmäysten vakavuusluokat, hyväksyttävä riskitaso sekä väyläluokitus määritellään asianomaisen viranomaisen toimesta hankekohtaisesti. Laivojen törmäysten tilastollinen mallintaminen tehdään tarvittaessa hankekohtaisesti yleisesti tunnustettuja menetelmiä käyttäen.

Standardin EN 1991-1-7 opastavassa liitteessä C esitetyt alustyyppit eivät voi sellaisenaan käyttää suunnittelussa, vaan paikalliset olosuhteet on otettava huomioon. Muut standardissa EN 1991-1-7 esitetyt laivan törmäyksiä koskevat vaatimukset ovat voimassa, elleivät paikalliset olosuhteet eroa merkittävästi standardin oletuksista. Asianomainen viranomainen voi antaa lisäohjeistusta laivaliikenteen aiheuttamien onnettomuuskuormien käsittelystä.

ominaisuuksia hankekohtai-

ävä riskitaso sekä väyläluoki-
mesta hankekohtaisesti. Lai-
ndään tarvittaessa hankekoh-
äen.

ä C esitetyt alustyyppit ei
paikalliset olosuhteet on otet-
-7 esitetyt laivan törmäyksiä
t paikalliset olosuhteet eroa
inen viranomainen voi antaa
onnettomuuskuormien käsittelys-

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

35

Siltojen kuormat
KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2)

G KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2)

Käytännössä EN 1990 muutoksen A1 (EN 1990:2002/A1 -liite A2) sekä sen kansallisessa liitteessä esitetyt vaatimukset ovat voimassa ja niitä on noudatettava, vaikka tässä sovellusohjeessa kaikkiin standardissa esitettyihin asioihin ei otetakaan kantaa.

Liitteen 2 taulukossa on esitetty kaikki standardin EN 1990:2002/A1 kohdat joissa kansallinen valinta on sallittua.

G.A2.1 Käyttötarkoitus

Standardin SFS-EN 1990 muutoksen A1 (liite A2) kohdassa A2.1.1 (1) viitataan tähän sovellusohjeen kohtaan.

Standardin EN 1990 liitteessä A2 esitetään tiesiltojen, kevyen liikenteen siltojen ja rautatiesiltojen suunnitteluun käytettäviä, kuormien yhdistelyä koskevia sääntöjä ja menetelmiä käyttörajatila- ja murtorajatilatarkasteluihin (lukuun ottamatta varmuuden osoittamista väsymisen suhteen) sekä pysyvien, muuttuvien ja onnettomuuskuormien ja yhdistelykertoimien Ψ suositeltavia mitoitusarvoja.

Tässä sovellusohjeessa esitetään tärkeimmät standardin vaatimukset sekä standardin antamat kuormien yhdistelykertoimet ja -kaavat. Lisäksi tässä sovellusohjeessa (liite 1) esitetään kaikki mahdolliset kuormitusyhdistelyt siten, että kaikki standardin vaatimukset tulevat huomioon otetuiksi.

Eri materiaaleista valmistettujen rakenneseinien viitteellinen käyttöikä on esitetty materiaalistandardeja koskeissa sovellusohjeissa.

G.A2.2 Kuormien yhdistely

G.A2.2.1 Yleistä

Kuormia, jotka eivät voi fyysisistä tai toiminnallisista syistä esiintyä samanaikaisesti, ei tarvitse ottaa huomioon samanaikaisesti kuormien yhdistelmissä, joista voimasuuret lasketaan.

Murtoraja- ja käyttörajatilan kuormitusyhdistelyt muodostetaan taulukoiden G4-G8 avulla (vastaavat taulukot standardissa ovat A2.4...A2.6). Yhdistelyssä käytettävät yhdistelykertoimet (Ψ) on esitetty taulukoissa G1-G3 (vastaavat taulukot standardissa ovat A2.1...A2.3). Kuormitusyhdistelmiä tehtäessä on otettava huomioon kaikki standardissa esitetyt erityisehdot (näitä erityisehtoja on mm. kappaleissa A2.2.2...A2.2.4)

Liitteessä 1 on esitetty kaikki mahdolliset kuormitusyhdistelmät murto- ja käyttörajatiloissa kun otetaan huomioon edellä esitetyt standardin vaatimukset.

36

Siltojen kuormat
KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2)

set ja erityisehdot. Liitteen 1 käyttö on suositeltavaa kuormitusyhdistelmä muodostettaessa.

G.A2.2.6 Yhdistelykertoimien Ψ arvot

Standardin SFS-EN 1990 muutoksen A1 (liite A2) kohdassa A2.2.6 (1) viitataan tähän sovellusohjeen kohtaan.

Tässä kappaleessa esitetyt taulukot G1...G3 sisältävät yhdistelykertoimet tieliikenteen silloille (G1), kevyen liikenteen silloille (G2) sekä rautatiesilloille (G3). Kyseiset taulukot vastaavat liitteen A2:n taulukoita A2.1...A2.3 ja niihin on kirjoitettu Suomen kansalliset valinnat sekä kansalliset lisäykset.

Taulukko G1:

Taulukko A2.1 (E1) - Tiesiltojen kuormien yhdistelykertoimien Ψ arvot

| gri | Rakennus | Korkeus | W | V1 | V2 |
|-----------------|---------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | | Yhdistelykertoimen (kombinaatio) | Tasainen avo (frekvenssi) | Pitkälataus (laajennus) |
| | | | 0,75 | 0,75 | - |
| gr1a | LIKENEKUORMAT | gr1a | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| | | gr1b | 0,4 | 0,4 | - |
| gr2 | | gr2 | - | 0,75 | - |
| gr3 | | gr3 | - | - | - |
| gr4 | | gr4 | - | 0,75 | - |
| F _{ps} | | F _{ps} | - | - | - |
| F _{ps} | | F _{ps} | 0,8 | 0,2 | - |
| F _{ps} | | F _{ps} | 0,8 | - | - |
| F _{ps} | | F _{ps} | 1 | - | - |
| LF | | LF | 0,8 | 0,8 | 0,5 |
| LF | | LF | 0,8 | 0,5 | 0,4 |
| LF | | LF | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| S | | S | - | - | - |
| W | | W | - | - | - |
| W | | W | 1 | 0,7 | 0,5 |
| TELEP | | TELEP | 0,75 | 0,4 | 0,75 |
| SL1 | | SL1 | 0,8 | - | - |
| SL2 | | SL2 | 0,8 | 0,5 | 0,2 |
| Q ₁ | | Q ₁ | 1 | - | 1 |

1) Likennekuorman maapaino:

- Kun siltakannella ei ole teikkua käytetään gr1:n teikkua paino-avo (R,750,750)

- Kun siltakannella on teikkua käytetään gr1:n tasaisen kuorman paino-avo (R,45,45)

- Suomen tekemät lisäykset taulukkoon on korostettu (tummennus)

- gr1a:n tasaisen kuorman pitkäaikaisarvo (Ψ_{2}) on yleensä 0,3

- lämpötilakuorman yhdistelyarvon (Ψ_{0}) valinta, ks. materiaalkohtaiset sovellusohjeet

Taulukko G2:

Taulukko A2.2 (E1) - Kevyen liikenteen siltojen yhdistelykertoimien Ψ arvot

| gr1 | Rakennus | Korkeus | W | V1 | V2 |
|-----------------|---------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | | Yhdistelykertoimen (kombinaatio) | Tasainen avo (frekvenssi) | Pitkälataus (laajennus) |
| | | | 0,4 | 0,8 | - |
| gr2 | LIKENEKUORMAT | gr2 | 0,4 | 0,8 | - |
| | | gr2 | 0,4 | 0,8 | - |
| F _{ps} | | F _{ps} | 0,8 | 0,2 | - |
| F _{ps} | | F _{ps} | 0,8 | 0,2 | - |
| LF | | LF | 0,8 | 0,8 | 0,5 |
| LF | | LF | 0,8 | 0,5 | 0,4 |
| LF | | LF | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| S | | S | - | - | - |
| W | | W | - | - | - |
| W | | W | 1 | 0,7 | 0,5 |
| TELEP | | TELEP | 0,4 | 0,4 | - |
| SL1 | | SL1 | 0,8 | - | - |
| SL2 | | SL2 | 0,8 | 0,5 | 0,2 |
| Q ₁ | | Q ₁ | 1 | - | 1 |

- Suomen tekemät lisäykset taulukkoon on korostettu (tummennus)

G.A2.1 Käyttötarkoitus

Standardin SFS-EN 1990 muutoksen A1 (liite A2) kohdassa A2.1.1 (1) viitataan tähän sovellusohjeeseen kohtaan.

Standardin EN 1990 liitteessä A2 esitetään tiesiltojen, kevyen liikenteen siltojen ja rautatiesiltojen suunnitteluun käytettäviä, kuormien yhdistelyä koskevia sääntöjä ja menetelmiä käyttörajatila- ja murtorajatilatarkasteluihin (lukuun ottamatta varmuuden osoittamista väsymisen suhteen) sekä pysyvien, muuttuvien ja onnettomuuskuormien ja yhdistelykertoimien ψ_i suositeltavia mitoitusarvoja.

Tässä sovellusohjeessa esitetään tärkeimmät standardin vaatimukset sekä standardin antamat kuormien yhdistelykertoimet ja -kaavat. Lisäksi tässä sovellusohjeessa (liite 1) esitetään kaikki mahdolliset kuormitusyhdistelyt siten, että kaikki standardin vaatimukset tulevat huomioon otetuiksi.

set ja erityisehdot. Liitteen 1 käyttö on suositeltavaa kuormitusyhdistelmiä muodostettaessa.

G.A2.2.6 Yhdistelykertoimien ψ arvot

Standardin SFS-EN 1990 muutoksen A1 (liite A2) kohdassa A2.2.6 (1) viitataan tähän sovellusohjeeseen kohtaan.

Tässä kappaleessa esitetyt taulukot G1...G3 sisältävät yhdistelykertoimet ieliikenteen silloille (G1), kevyen liikenteen silloille (G2) sekä rautatiesilloille G3). Kyseiset taulukot vastaavat liitteen A2:n taulukoita A2.1...A2.3 ja niihin on kirjoitettu Suomen kansalliset valinnat sekä kansalliset lisäykset.

Taulukko G1:

Taulukko A2.1 (G1) - Tiesiltojen kuormien yhdistelykertoimien ψ arvot

| Kuorma | Yhdistelykertoimen arvot | Tasaisen avon (kattaus) | ψ_i Pitkäaikainen (kattaus) |
|--------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| | | | |
| gr1a | 0,75 | 0,75 | - |
| gr1a | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| gr1b | 0,4 | 0,4 | - |
| gr2 | 0,75 | 0,75 | - |
| gr3 | - | - | - |
| gr4 | 0,75 | 0,75 | - |
| gr5 | - | - | - |
| gr6 | 0,2 | 0,2 | - |

sovellusohjeeseen, siten, että...

Eri materiaaleista käytetty materiaali...

G.A2.2.1

G.A2.2.2

Kuormien yhdistelykertoimissa...

Murtorajatilat G4-G8 a... käytetty taulukko on otettu erityisehtojen...

Liitteessä A2.2.2... käyttörajatilat...

Kuormia, jotka eivät voi fyysikaalisista tai toiminnallisista syistä esiintyä samanaikaisesti, ei tarvitse ottaa huomioon samanaikaisesti kuormien yhdistelmissä, joista voimasuureet lasketaan.

Murtoraja- ja käyttörajatilan kuormitusyhdistelyt muodostetaan taulukoiden G4-G8 avulla (vastaavat taulukot standardissa ovat A2.4...A2.6). Yhdistelyssä käytettävät yhdistelykertoimet (ψ_i) on esitetty taulukoissa G1-G3 (vastaavat taulukot standardissa ovat A2.1...A2.3). Kuormitusyhdistelmiä tehtäessä on otettava huomioon kaikki standardissa esitetyt erityisehdot (näitä erityisehtoja on mm. kappaleissa A2.2.2...A2.2.4)

Taulukko G1:

Taulukko A2.1 (E1) - Tiesiltojen kuormien yhdistelykertoimien y-arvot

| | | | Ψ_0 Yhdistelyarvo (combination) | Ψ_1 Tasaisen arvo (frequency) | Ψ_2 Pitkäaikaisarvo (long-term) | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|-----|
| gr1a | LIIKENNEKUORMAT | gr1a | Tallit (LMT) | 0,75 | 0,75 | - |
| | | gr1a | UDL (LMT) | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| | | | Käyrien liikenteen kuorma (DMVn) | 0,4 | 0,4 | - |
| | | gr1b | Akselikuorma (LH2) | - | 0,75 | - |
| | | gr2 | LMT + Vaakakuormat | - | - | - |
| | | gr3 | Käyrien liikenteen ajoneuvojen kuorma | - | - | - |
| gr4 | Ruuhkuorma | - | 0,75 | - | | |
| gr5 | Gröndikuorma (LH2) | - | - | - | | |
| F_{tot} | TUULIKUORMAT | - F_{tot} Normaalisti valittavat mitoitustilanteet | | 0,8 | 0,2 | - |
| F_{tot} | | - F_{tot} Toimitustilanteet aikana | | 0,8 | - | - |
| F_{tot} | | - F_{tot} Samanlaisuutta lähtökäytännön mukaan | | 1 | - | - |
| T_1 | LÄMPÖTILAKUORMAT | T_1 (ks. sovellysohje) | | 0,8 | 0,5 | 0,5 |
| DF | LÄMPÖTILAKUORMAT | L1 (ks. sovellysohje) | | 0,8 | 0,5 | 0,4 |
| IL | JÄÄKUORMAT | L1 (ks. sovellysohje) | | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| S | TUKIPINNAT / SEITYMAT | S (ks. sovellysohje) | | pysyvä kuorma | | |
| W | VÄÄNTÖKUORMAT | W - MW-suoran akselilla | | pysyvä kuorma | | |
| σW | | - PRR- ja PRR-tasojen välisen akselilla | | 1 | 0,7 | 0,5 |
| TLEP | LIIKENNEKUORMAN MÄÄNPAINE | ks. EN 1991-2 NA, 4.9.1 (1) | | 0,75 | 0,4 | - |
| SL1 | LUMIKUORMAT | Q_{tot} - Toimitustilanteet aikana | | 0,8 | - | - |
| SL2 | | - Yhteisiä liikennekuormat kanssa | | 0,8 | 0,5 | 0,2 |
| Q_L | RAKENTAMISESTA JOHTUVAT | Q_L | | 1 | - | 1 |

1) Liikennekuorman määritys:

- Kun siltakannella ei ole liikenneä käytetään gr1a:n liikennekuorman pal-arvoa (0,75/0,75/0)
- Kun siltakannella on liikenneä käytetään gr1a:n tasaisen kuorman pal-arvoa (0,4/0,4/0)
- **Suomen tekemät lisäykset taulukkoon on korostettu (tummennus)**
- **gr1a:n tasaisen kuorman pitkäaikaisarvo (Ψ_2) on yleensä 0,3**
- **lämpötilakuorman yhdistelyarvon (Ψ_0) valinta, ks. materiaaliikohtaiset sovellysohjeet**

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

Siltojen kuormat
KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2)

35

G KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2)

36

Siltojen kuormat
KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2)

set ja erityisehdot. Liitteen 1 käyttö on suositeltavaa kuormitusyhdistelmiä muodostettaessa.

Taulukko G2:

Taulukko A2.2 (F) - Kevyen liikenteen siltojen yhdistelykertoimien ψ arvot

| | Raama | | | | |
|-----------------|--------------------------|---|---|--|-----|
| | | ψ_0 Yhdistelyarvo (combination) | ψ_1 Tavallinen arvo (frequent) | ψ_2 Pitkäaikainen (quasi-permanent) | |
| g1 | LIIKENNEKUORMAT | g1 Tavallinen kuorma | 0,4 | 0,4 | - |
| g2 | | g2 Pitäkuorma | - | - | - |
| F _{ed} | | g2 Huuhteluvoima | - | - | - |
| T ₁ | TULLIKUORMAT | - F _{ed} normaalisti valittavat olosuhteet | | | |
| T ₂ | LAMPOTEKUORMAT | T ₁ (ks. sovellettu) | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| BF | LAAPOKIVITÄ | B (ks. sovellettu) | 0,6 | 0,6 | 0,4 |
| IL | JÄÄKUORMAT | L (ks. sovellettu) | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| S | TURVAINUMAT / SIIRTUMAT | S (ks. sovellettu) | tyyppi kuorma | | |
| W | VEENPinnan asema | W - HIR-lavoille asetta | tyyppi kuorma | | |
| sW | | W - HIR- ja HIR-lavoille asettamien osat | 1 | 0,7 | 0,5 |
| TLEP | LIIKENNEKUORMAN MAAPÄÄN | (ks. EN 1991-2 NA, 4.9.1 (1)) | 0,4 | 0,4 | - |
| SL1 | LUMIKUORMAT | S ₁₀₀ - Toteutuksen aikana | 0,6 | - | - |
| D ₁ | RAKENTAMISESTA JOHTUVAAT | D ₁ | 1 | - | 1 |

- Suomen tekemät lisäykset taulukkoon on korostettu (tummennus)

Murtoraja- ja käyttörajan kuormitusyhdistelyt muodostetaan taulukoiden G4-G8 avulla (vastaavat taulukot standardissa ovat A2.4...A2.6). Yhdistelyssä käytettävät yhdistelykertoimet (ψ) on esitetty taulukoissa G1-G3 (vastaavat taulukot standardissa ovat A2.1...A2.3). Kuormitusyhdistelmiä tehtäessä on otettava huomioon kaikki standardissa esitetyt erityisehdot (näitä erityisehtoja on mm. kappaleissa A2.2.2...A2.2.4)

Liitteessä 1 on esitetty kaikki mahdolliset kuormitusyhdistelmät murtoraja- ja käyttörajoissa kun otetaan huomioon edellä esitetyt standardin vaatimukset

| g1 | LIIKENNEKUORMAT | Raama | | |
|-----------------|--------------------------|---|---|--|
| | | ψ_0 Yhdistelyarvo (combination) | ψ_1 Tavallinen arvo (frequent) | ψ_2 Pitkäaikainen (quasi-permanent) |
| | g1 Tavallinen kuorma | 0,4 | 0,4 | - |
| | g2 Pitäkuorma | - | - | - |
| g2 | g2 Huuhteluvoima | - | - | - |
| F _{ed} | TULLIKUORMAT | - F _{ed} normaalisti valittavat olosuhteet | | |
| T ₁ | LAMPOTEKUORMAT | T ₁ (ks. sovellettu) | 0,5 | 0,5 |
| BF | LAAPOKIVITÄ | B (ks. sovellettu) | 0,6 | 0,6 |
| IL | JÄÄKUORMAT | L (ks. sovellettu) | 0,7 | 0,5 |
| S | TURVAINUMAT / SIIRTUMAT | S (ks. sovellettu) | tyyppi kuorma | |
| W | VEENPinnan asema | W - HIR-lavoille asetta | tyyppi kuorma | |
| sW | | W - HIR- ja HIR-lavoille asettamien osat | 1 | 0,7 |
| TLEP | LIIKENNEKUORMAN MAAPÄÄN | (ks. EN 1991-2 NA, 4.9.1 (1)) | 0,4 | 0,4 |
| SL1 | LUMIKUORMAT | S ₁₀₀ - Toteutuksen aikana | 0,6 | - |
| D ₁ | RAKENTAMISESTA JOHTUVAAT | D ₁ | 1 | - |

- Suomen tekemät lisäykset taulukkoon on korostettu (tummennus)

- lämpötilakuorman yhdistelyarvon (ψ_0) valinta, ks. materiaaliikohtaiset sovellusohjeet

Taulukko G3: RA-TASIAA

G.A2.3 Murtorajatila

G.A2.3.1 Normaalisti vallitsevat mitoitusolanteet

Standardin SFS-EN 1990 muutoksen A1 (Liite A2) kohdissa A2.2.6 (1) ja A2.3.1 (5) viitataan tähän sovellusohjeen kohtaan.

Normaalisti vallitsevissa mitoitusolanteissa murtorajatilan kuormien mitoitusarvot saadaan tässä kappaleessa esitetyistä taulukoista G4...G6. Kyseiset taulukot vastaavat liitteen A2:n taulukoita A2.4(A)...A2.4(C) ja niihin on kirjoitettu Suomen kansalliset valinnat sekä kansalliset lisäykset.

Siltojen staattinen tasapaino tarkastetaan taulukon G4 avulla (standardin taulukko A2.4(A) – Set A – EQU).

Rakennneosien kestävyys tarkastetaan taulukon G5 avulla (standardin taulukko A2.4(B) – Set B – STR/GEO). Myös anturoiden ja paalujen suunnittelu tehdään taulukon G5 avulla (menettelytapa 2 standardin kohdan A2.3.1 (5) mukaan, ks. siltojen geotekniikkaa käsittelevä sovellusohje).

Taulukkoa G6 ei käytetä siltojen suunnittelussa luiskien vakavuustarkastelu- ja lukuun ottamatta.

Taulukko G4:

| Taulukko A2.4(A) (FI) – Kuormien mitoitusarvot (EQU eli staattinen tasapaino) (Sarja A) | | | | | | |
|---|-----------------|-------|------------|------------|---|--|
| Yhdistely | Pysyvät kuormat | | Esiännitys | | Määrävä muuttava kuorma | Muut samanlaiset muuttavat kuormat |
| | S_k | G_k | $S_{k,ed}$ | $G_{k,ed}$ | | |
| Yhdistely 10 | 1,1 / 0,9 | G | 1,1 / 0,9 | P | 1,35 · (tie liikennekuorma) 1,35 · (kevyen liikenteen kuorma) 1,45 · (raide liikennekuorma) | 1,50 · ψ_{k1} · (muut muuttavat kuormat) |
| | 1,1 / 0,9 | G | 1,1 / 0,9 | P | 1,30 · (muu määräävä muuttava kuorma) | 1,35 · ψ_{k1} · (tie liikennekuorma) 1,35 · ψ_{k2} · (kevyen liikenteen kuorma) 1,45 · ψ_{k3} · (raide liikennekuorma) + 1,50 · ψ_{k4} · (muut muuttavat kuormat) |

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja
- Tukipainuma ja vedenpinnan asema MW-tasossa rinnastetaan pysyvään kuormaan
- Esiännityksen osavarmuusluku 1,30, kun tarkistetaan ulkoisen jännevoiman yhteydessä esiintyvää stabilisuusrajaa ja jännevoiman arvon kasvu voi olla epäedullinen (ks. EN 1992-1-1 kohta 2.4.2.2 (2))
- Erikoistapaukset (vastapainon käyttö, laakereiden nousu tms.) ks. standardin suositukset

- Siirtymillä aikaansaadun esiännityksen (tukien nosto/lasku) osavarmuusluku 1,0 mikäli mitataan siirtymät ja tukireaktiot, 1,1/0,9 mikäli mitataan vain siirtymät.
- Yhdistelykertoimet (ψ_j) ks. taulukot G1...G3.

Taulukko G5:

Taulukko A2.4(B) (FI) – Kuormien mitoitusarvot (STR/GEO eli rakennosien kestävyys ja geotekninen kantavuus) (Sarja B)

| Yhdistely | Pysyvät kuormat | | Esiännitys | | Määrävä muuttava kuorma | Muut samanlaiset muuttavat kuormat |
|-----------|-----------------|-------|-------------|------------|--|---|
| | S_k | G_k | $S_{k,ed}$ | $G_{k,ed}$ | | |
| 6.10a | 1,35 / 0,90 | G | 1,10 / 0,90 | P | | |
| tai | | | | | | |
| 6.10b | 1,35 / 0,90 | G | 1,10 / 0,90 | P | 1,35 · (tie liikennekuorma) 1,35 · (kevyen liikenteen kuorma) 1,45/1,20 · (raide liikennekuorma) | 1,50 · ψ_{k1} · (muut muuttavat kuormat) |
| | 1,35 / 0,90 | G | 1,10 / 0,90 | P | 1,50 · (muu määräävä muuttava kuorma) | 1,35 · ψ_{k1} · (tie liikennekuorma) 1,35 · ψ_{k2} · (kevyen liikenteen kuorma) 1,45/1,20 · ψ_{k3} · (raide liikennekuorma) + 1,50 · ψ_{k4} · (muut muuttavat kuormat) |

- Suomessa käytetään lausekkeita 6.10a ja 6.10b
- Lauseke 6.10a sisältää vain pysyvät kuormat
- Tukipainuma ja vedenpinnan asema MW-tasossa rinnastetaan pysyvään kuormaan
- Liikennekuorman maanpaineen osavarmuusluku on 1,50 / 0
- Tukipainuman osavarmuusluku lineaarisessa analyysissä 1,20 / 0 ja epälinearisessa analyysissä 1,35 / 0
- Esiännityksen osavarmuusluku 1,20 kun tarkistetaan jännitysvoiman paikallisia vaikutuksia (esim. ankkurointialue), ks. EN 1992-1-1 kohta 2.4.2.2(3).
- Yhdistelykertoimet (ψ_j) ks. taulukot G1...G3.

Taulukko G6:

Taulukko A2.4(C) (FI) – Kuormien mitoitusarvot (STR/GEO) (Sarja C)

| Yhdistely | Pysyvät kuormat | | Esiännitys | | Määrävä muuttava kuorma | Muut samanlaiset muuttavat kuormat |
|-----------|-----------------|-------|------------|------------|---|--|
| | S_k | G_k | $S_{k,ed}$ | $G_{k,ed}$ | | |
| 6.10 | 1,00 | G | 1,00 | P | 1,35 · (tie liikennekuorma) 1,35 · (kevyen liikenteen kuorma) 1,25 · (raide liikennekuorma) | 1,30 · ψ_{k1} · (muut muuttavat kuormat) |
| | 1,00 | G | 1,00 | P | 1,30 · (muut muuttavat kuormat) | 1,35 · ψ_{k1} · (tie liikennekuorma) 1,35 · ψ_{k2} · (kevyen liikenteen kuorma) 1,25 · ψ_{k3} · (raide liikennekuorma) + 1,50 · ψ_{k4} · (muut muuttavat kuormat) |

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja

SET A

Taulukko G4:

Taulukko A2.4(A) (FD) - Kuormien mitoitusarvot (EQU eli staattinen tasapaino) (Sarja A)

| | Pysyvät kuormat | | Esijännitys | | Määritellään muuttuvat kuormat | Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat |
|-------------|-----------------|---|-------------|---|--|--|
| | $1,1/0,9$ | G | $1,1/0,9$ | P | $1,35 \cdot (\text{tieillekkenukkuorma})$ $1,35 \cdot (\text{kivien liikkeen kuorma})$ $1,45 \cdot (\text{raideillekkenukkuorma})$ | $1,50 \cdot \psi_{0,1} \cdot (\text{muut muuttuvat kuormat})$ |
| Yhteis, 1,0 | <i>ei</i> | | | | | |
| | $1,1/0,9$ | G | $1,1/0,9$ | P | $1,50 \cdot (\text{muut määritellään muuttuvat kuormat})$ | $1,35 \cdot \psi_{0,1} \cdot (\text{tieillekkenukkuorma})$ $1,35 \cdot \psi_{0,1} \cdot (\text{kivien liikkeen kuorma})$ $1,45 \cdot \psi_{0,1} \cdot (\text{raideillekkenukkuorma})$ $+ 1,50 \cdot \psi_{0,1} \cdot (\text{muut muuttuvat kuormat})$ |

STAATTISEN TASAPAINON TARKASTAMINEN TÄLLÄ KAAVALLA!

- lämpötilakuormitusohjeet

Taulukko G3: RA TAAS

G.A2.3 Murtorajatila

G.A2.3.1 Normaalis

Taulukko A2.4(B) - Set B tehdään taulukon G5 mukaan, ks. siltojen ge

Taulukkoa G6 ei käytetä ja lukuun ottamatta.

Taulukko G4:

| | Pysyvät kuormat | | Esijännitys | |
|-------------|-----------------|---|-------------|---|
| | $1,1/0,9$ | G | $1,1/0,9$ | P |
| Yhteis, 1,0 | $1,1/0,9$ | G | $1,1/0,9$ | P |

- Taulukossa käytetään tukipainuma ja vedenpinnan asemaa kuormaan
- Esijännityksen osavarmuusluku 1,30, kun tarkistetaan ulkoisen jännevoiman yhteydessä esiintyvää stabiilisuusrajaa ja jännevoiman arvon kasvu voi olla epäedullinen (ks. EN 1992-1-1 kohta 2.4.2.2 (2))
- Erikoistapaukset (vastapainon käyttö, laakereiden nousu tms.) ks. standardin suositukset

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja
- Tukipainuma ja vedenpinnan asema MW-tasossa rinnastetaan pysyvään kuormaan
- Esijännityksen osavarmuusluku 1,30, kun tarkistetaan ulkoisen jännevoiman yhteydessä esiintyvää stabiilisuusrajaa ja jännevoiman arvon kasvu voi olla epäedullinen (ks. EN 1992-1-1 kohta 2.4.2.2 (2))
- Erikoistapaukset (vastapainon käyttö, laakereiden nousu tms.) ks. standardin suositukset

- Siirtymillä aikaansaadun esijännityksen (tukien nosto/lasku) osavarmuusluku 1,0 mikäli mitataan siirtymät ja tukireaktiot, 1,1/0,9 mikäli mitataan vain siirtymät.
- Yhdistelykertoimet (ψ) ks. taulukot G1...G3.

NW!

Taulukko G5:

Taulukko A2.4(B) (FI) - Kuormien mitoitusarvot (STR/GBO eli rakennusten kestävyys ja geotekninen kantavuus) (Sarja B)

| | Pysyvät kuormat | | Esijännitys | | Määrästä muuttuva kuorma | Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat |
|-------|-----------------|---|-------------|---|---|--|
| 6.10a | 1,35 / 0,90 | G | 1,10 / 0,90 | P | | |
| tai | | | | | | |
| 6.10b | 1,15 / 0,90 | G | 1,10 / 0,90 | P | 1,35 - (tie liikennekuorma) 1,35 - (kayteen liikenteen kuorma) 1,45/1,20 - (raide liikennekuorma) | 1,50 · $\psi_{0,1}$ · (muut muuttuvat kuormat) |
| | tai | | | | | |
| | 1,15 / 0,90 | G | 1,10 / 0,90 | P | 1,50 - (muu määrästä muuttuva kuorma) | 1,35 · $\psi_{0,1}$ · (tie liikennekuorma) 1,35 · $\psi_{0,1}$ · (kayteen liikenteen kuorma) 1,45/1,20 · $\psi_{0,1}$ · (raide liikennekuorma) + 1,50 · $\psi_{0,1}$ · (muut muuttuvat kuormat) |

- Suomessa käytetään lausekkeita 6.10a ja 6.10b
- Lauseke 6.10a sisältää vain pysyvät kuormat
- Tukipainuma ja vedenpinnan asema MW-tasossa rinnastetaan pysyvään kuormaan
- Liikennekuorman maanpaineen osavarmuusluku on 1,50 / 0
- Tukipainuman osavarmuusluku lineaarisessa analyysissä 1,20 / 0 ja epälineaarissa analyysissä 1,35 / 0
- Esijännityksen osavarmuusluku 1,20 kun tarkistetaan jännitysvoiman paikallisia vaikutuksia (esim. ankkurointialue), ks. EN 1992-1-1 kohta 2.4.2.2(3).
- Yhdistelykerroimet (ψ_j) ks. taulukot G1...G3.

ityksen (tukien nosto/lasku) osavarmuusluku ja tukireaktiot, 1,1/0,9 mikäli mitataan vain kot G1...G3.

RAKENTEELLINEN MITOITUS TÄLLÄ KAAVALLA!

| tai | |
|---------------------------|---|
| Liikennekuorma liikenteen | 1,50 · $\psi_{0,1}$ · (muut muuttuvat kuormat) |
| Liikennekuorma | |
| tai | |
| Liikennekuorma | 1,35 · $\psi_{0,1}$ · (tie liikennekuorma) |
| Liikennekuorma | 1,35 · $\psi_{0,1}$ · (kayteen liikenteen kuorma) |
| Liikennekuorma | 1,45/1,20 · $\psi_{0,1}$ · (raide liikennekuorma) |
| Liikennekuorma | + 1,50 · $\psi_{0,1}$ · (muut muuttuvat kuormat) |

6.10a ja 6.10b
vät kuormat
sema MW-tasossa rinnastetaan pysyvään osavarmuusluku on 1,50 / 0
lineaarissa analyysissä 1,20 / 0 ja epälineaarissa analyysissä 1,35 / 0
1,20 kun tarkistetaan jännitysvoiman paikallisia vaikutuksia, ks. EN 1992-1-1 kohta 2.4.2.2(3).
kot G1...G3.

| tai | |
|---------------------------|---|
| Liikennekuorma liikenteen | 1,30 · $\psi_{0,1}$ · (muut muuttuvat kuormat) |
| Liikennekuorma | |
| tai | |
| Liikennekuorma | 1,15 · $\psi_{0,1}$ · (tie liikennekuorma) |
| Liikennekuorma | 1,15 · $\psi_{0,1}$ · (kayteen liikenteen kuorma) |
| Liikennekuorma | 1,25 · $\psi_{0,1}$ · (raide liikennekuorma) |
| Liikennekuorma | + 1,50 · $\psi_{0,1}$ · (muut muuttuvat kuormat) |

suositusarvoja

NW!

Siltojen kuormat
KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 L)

SET C

37

38

KAAVAA EI YLEENSÄ
TARVITA SILTOJEN
SUUNNITTELUSSA (LUISKIEN
VAKAVUUS YMS.)

Taulukko G6:

Taulukko A2.4(C) (FI) – Kuormien mitoitusarvot (STR/GEO) (Sarja C)

| | Pysyvät kuormat | | Esihännitys | | Määriteltävä muuttuva kuorma | Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat |
|------|-----------------|---|-------------|---|---|--|
| | $1,00$ | G | $1,00$ | P | | |
| 6.10 | $1,00$ | G | $1,00$ | P | $1,15 \cdot$ (tieliikennekuorma) $1,15 \cdot$ (kavien liikenteen kuorma) $1,25 \cdot$ (raudeliikennekuorma) | $1,30 \cdot \psi_{0,1}$ (muut muuttuvat kuormat) |
| | <i>tai</i> | | | | | |
| | $1,00$ | G | $1,00$ | P | $1,30 \cdot$ (muut muuttuvat kuormat) | $+ 1,30 \cdot \psi_{0,1}$ (muut muuttuvat kuormat) |

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja

- Tukipainuma ja vedenpinnan asema **MW-tasossa** rinnastetaan pysyvään kuormaan
- Liikennekuorman osavarmuusluku on $1,30 / 0$
- Yhdistelykertoimet (ψ_j) ks. taulukot G1...G3.
-

NW!

- Tuikupainuma ja vedenpinnan asema MW-tasossa rinnastetaan pysyvään kuormaan
- Liikennekuorman osavarmuusluku on 1,30 / 0
- Yhdistelykertoimet (ψ_i) ks. taulukot G1...G3.
-

G.A2.3.2 Onnettomuus- ja maanjäristysmitoitustilanteet

Onnettomuus- ja maanjäristysmitoitustilanteissa murtorajatilan kuormien mitoitusarvot saadaan tässä kappaleessa esitetystä taulukosta G7. Kyseinen taulukko vastaa liitteen A2:n taulukkoa A2.5 ja siihen on kirjoitettu Suomen kansalliset valinnat.

Taulukko G7:

| Mitoitustilanne | | Pysyvät kuormat | | Esi-jännitys | | Onnettomuus- tai maanjäristyskuorma | Maat samaaikaisten maastavat kuormat |
|---------------------|-------------|-----------------|---|--------------|---|-------------------------------------|--|
| Onnettomuus-kuorma | 6.11 a/b | 1,00 | G | 1,00 | P | A_d (onnettomuuskuorma) | $\psi_{2,1}$ - (liikennekuorma), $\psi_{2,2}$ - (maat maastavat kuormat) |
| Maanjäristys-kuorma | 6.12 a/b | 1,00 | G | 1,00 | P | A_{Ed} (Maanjäristyskuorma) | $\psi_{2,1}$ - (maat maastavat kuormat) |

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja
- Onnettomuusmitoitusyhdistelyissä määrävälle muuttuvalle kuormalle annetaan sen tavallinen arvo (ψ_1) mikäli kyseessä on liikennekuorma, muuten pitkäaikaisarvo (ψ_2). Muille muuttuville kuormille annetaan pitkäaikaisarvo (ψ_2).
- Kansallinen viranomaisen voi määrätä erikseen mahdolliset maanjäristystilanteet.

G.A2.4 Käyttörajatila

Standardin SFS-EN 1990 muutoksen A1 (liite A2) kohdassa A2.4.1 (2) viitataan tähän sovellysohjeen kohtaan.

Käyttörajatiloissa kuormien mitoitusarvoina käytetään taulukon G8 arvoja. Kyseinen taulukko vastaa liitteen A2:n taulukkoa A2.6 ja siihen on kirjoitettu Suomen kansalliset valinnat.

Taulukko G8:

| | Pysyvät kuormat | | Esi-jännitys | | Määrävi muuttuva kuorma | Maat samaaikaisten maastavat kuormat |
|----------------------------|-----------------|---|--------------|---|--|---|
| Ominaisyhdistelmä 6.14 | 1,00 | G | 1,00 | P | (määrävi muuttuva kuorma) | $\psi_{2,1}$ - (maat maastavat kuormat) |
| Tavallinen yhdistelmä 6.15 | 1,00 | G | 1,00 | P | $\psi_{2,1}$ - (määrävi muuttuva kuorma) | $\psi_{2,2}$ - (maat maastavat kuormat) |
| Pitkäaikayhdistelmä 6.16 | 1,00 | G | 1,00 | P | $\psi_{2,1}$ - (määrävi muuttuva kuorma) | $\psi_{2,2}$ - (maat maastavat kuormat) |

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja
- Eri käyttörajatiloissa tehtävät tarkastelut on määritetty materiaali-kohtaisissa sovellysohjeissa

G.A2.4.3.2 Kevyen liikenteen mukavuuskriteerit

Standardin SFS-EN 1990 muutoksen A1 (liite A2) kohdassa A2.4.3.2 (1) viitataan tähän sovellysohjeen kohtaan.

Ulkona sijaitsevien kevyen liikenteen siltojen jalankulkijoista aiheutuva sillan pystysuuntaisen värähtelyn kiihtyvyys ei saa olla mitoitusherätteillä suurempi kuin 0,5 m/s². Kaikille kevyen liikenteen silloille lasketaan alin ominaistaajuus (taivutusmuoto). Kiihtyvyys on laskennallisesti tarkistettava, jos sillan alin ominaistaajuus on alle 3,5 Hz.

Näille värähtelyn kannalta kriittisille silloille on tarvittaessa määritettävä myös alle 3,5 Hz:n alueella olevat ylempiä taivutusmuotoja sekä vääntömuotoja vastaavat ominaistaajuudet ja niitä vastaavat kiihtyvyydet.

Mitoitusherätteenä käytetään jalankulkijamäärittään normaaleilla silloilla taajuusalueella $f_1 < 2,3$ Hz kahden kävelijän herätettä ja taajuusalueella $2,3 \leq f_1 < 3,5$ Hz yhden juoksijan aiheuttamaa herätettä. Jalankulkijan painoksi oletetaan 70 kg.

Herätevoima määritetään lausekkeesta:

$$F = k \times \alpha \times P$$

missä k on määräkerroin, $k = n^{0,5}$ (jalankulkijat epätahdissa)
 n on jalankulkijoiden määrä, normaalitapauksessa 2 kävelijää tai 1 juoksija
 α on kuormakerroin
 P on yhden kävelijän paino (700 N)

Kuormakerroin lasketaan kaavoilla

$$\alpha = 0,83 \times e^{-0,35 \times f} \leq 0,45 \text{ kävelyherätteelle ja}$$

$$\alpha = 5,25 \times e^{-0,45 \times f} \leq 1,50 \text{ juoksuherätteelle.}$$

missä f on rakenteen ominaistaajuus.

G.A2.3.2 Onnettomuus- ja maanjäristysmitoitustilanteet

Onnettomuus- ja maanjäristysmitoitustilanteissa murtorajatilan kuormien mitoituservot saadaan tässä kappaleessa esitetystä taulukosta G7. Kyseinen taulukko vastaa liitteen A2:n taulukkoa A2.5 ja siihen on kirjoitettu Suomen kansalliset valinnat.

Taulukko G7:

| Mitointitilanne | | Pysyvät kuormat | | Ei-järjesty | | Onnettomuus- tai maanjäristyskuorma | Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat |
|---------------------|-------------|-----------------|---|-------------|---|-------------------------------------|---|
| Onnettomuus-kuorma | 6.11 a/b | 1,00 | G | 1,00 | P | A_d (onnettomuuskuorma) | Ψ_{11} (liikennekuorma), Ψ_{21} (muut muuttuvat kuormat) |
| Maanjäristys-kuorma | 6.12 a/b | 1,00 | G | 1,00 | P | A_{d2} (Maanjäristyskuorma) | Ψ_{21} (muut muuttuvat kuormat) |

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja
- Onnettomuusmitoitussyhdistelmissä määräävälle muuttuvalle kuormalle annetaan sen tavallinen arvo (Ψ_1) mikäli kyseessä on liikennekuorma, muuten pitkäaikaisarvo (Ψ_2). Muille muuttuville kuormille annetaan pitkäaikaisarvo (Ψ_2).
- Kansallinen viranomainen voi määrätä ensiksi mahdolliset maanjäristystilanteet.

G.A2.4 Käyttöraja-tila

Standardin SFS-EN 1990 muutoksen A1 (liite A2) kohdassa A2.4.1 (2) viitataan tähän sovellusohjeeseen kohtaan.

Käyttöraja-tiloissa kuormien mitoitusarvoina käytetään taulukon G8 arvoja. Kyseinen taulukko vastaa liitteen A2:n taulukkoa A2.6 ja siihen on kirjoitettu Suomen kansalliset valinnat.

| | Esijännitys | | Määrästä muuttuva kuorma | | Määrästä muuttuva kuorma |
|---|-------------|---|---|--|---|
| G | 1,00 | P | (määrästä muuttuva kuorma) | | $\psi_{0,1}$ - (muut muuttavat kuormat) |
| G | 1,00 | P | $\psi_{1,1}$ - (määrästä muuttuva kuorma) | | $\psi_{2,1}$ - (muut muuttavat kuormat) |
| G | 1,00 | P | $\psi_{2,1}$ - (määrästä muuttuva kuorma) | | $\psi_{3,1}$ - (muut muuttavat kuormat) |

Standardin suositusarvoja
tehtävät tarkastelut on määritetty materiaali-kohtaisissa

Taulukko G8:

| | Pysyvät kuormat | | Esijännitys | | Määrästä muuttuva kuorma | Määrästä muuttuva kuorma |
|----------------------------|-----------------|---|-------------|---|---|---|
| | | | | | | |
| Ohimenoajayhdistelmä 6.14 | 1,00 | G | 1,00 | P | (määrästä muuttuva kuorma) | $\psi_{0,1}$ - (muut muuttavat kuormat) |
| Tasallinen yhdistelmä 6.15 | 1,00 | G | 1,00 | P | $\psi_{1,1}$ - (määrästä muuttuva kuorma) | $\psi_{2,1}$ - (muut muuttavat kuormat) |
| Pitkäaikayhdistelmä 6.16 | 1,00 | G | 1,00 | P | $\psi_{2,1}$ - (määrästä muuttuva kuorma) | $\psi_{3,1}$ - (muut muuttavat kuormat) |

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja
- Eri käyttöraja-tiloissa tehtävät tarkastelut on määritetty materiaali-kohtaisissa sovellusohjeissa

Siltojen kuormat ja kuormitusyhdistelyt, 2.12.2009 - Heikki Lilja, Tiehallinto

Siltojen kuormat
KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2)

39

- Tuikupainuma ja vedenpinnan asema MW-tasossa rinnastetaan pysyvään kuormaan
- Liikennekuorman osavarmuusluku on 1,30 / 0
- Yhdistelykertoimet (ψ_i) ks. taulukot G1...G3.
-

G.A2.3.2 Onnettomuus- ja maanjäristysmitoitustilanteet

Onnettomuus- ja maanjäristysmitoitustilanteissa murtorajatilan kuormien mitoitusarvot saadaan tässä kappaleessa esitetystä taulukosta G7. Kyseinen

40

Siltojen kuormat
KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2)

Taulukko G8:

| | Pysyvät kuormat | | Esiääntynyt | | Määrästä muuttuva kuorma | Maat samaaikaisten muuttavat kuormat |
|----------------------------|-----------------|---|-------------|---|--|--|
| Ominaisyhdistelmä 6.14 | 1,00 | G | 1,00 | P | (määrästä muuttava kuorma) | Ψ_{21} - (muut muuttavat kuormat) |
| Tavallinen yhdistelmä 6.15 | 1,00 | G | 1,00 | P | Ψ_{11} - (määrästä muuttava kuorma) | Ψ_{21} - (muut muuttavat kuormat) |
| Pitkäaikayhdistelmä 6.16 | 1,00 | G | 1,00 | P | Ψ_{21} - (määrästä muuttava kuorma) | Ψ_{21} - (muut muuttavat kuormat) |

G.A2.4.3.2 Kevyen liikenteen mukavuuskriteerit

| Onnettomuus-kuorma | k_{11} a/b | 1,00 | G | 1,00 | P | (Onnettomuuskuorma) | (muut muuttavat kuormat) |
|---------------------|-----------------|------|---|------|---|----------------------------------|--|
| Maanjäristys-kuorma | 6.12 a/b | 1,00 | G | 1,00 | P | A_{L2} (Maanjäristyskuorma) | Ψ_{21} - (muut muuttavat kuormat) |

- Taulukossa käytetään standardin suositusarvoja
- Onnettomuusmitoitussyhdistelmissä määrävälle muuttuvalle kuormalle annetaan sen tavallinen arvo (ψ_1) mikäli kyseessä on liikennekuorma, muuten pitkäaikaisarvo (ψ_2). Muille muuttuville kuormille annetaan pitkäaikaisarvo (ψ_2).
- Kansallinen viranomaisen voi määrätä erikseen mahdolliset maanjäristystilanteet.

G.A2.4 Käyttörajatila

Standardin SFS-EN 1990 muutoksen A1 (liite A2) kohdassa A2.4.1 (2) viitataan tähän soveliusohjeen kohtaan.

Käyttörajatiloissa kuormien mitoitusarvoina käytetään taulukon G8 arvoja. Kyseinen taulukko vastaa liitteen A2:n taulukkoa A2.6 ja siihen on kirjoitettu Suomen kansalliset valinnat.

soveliusohjeen kohtaan.

Ulkona sijaitsevien kevyen liikenteen siltojen jalankulkijoista aiheutuva sillan pystysuuntaisen värähtelyn kiihtyvyys ei saa olla mitoitusherätteillä suurempi kuin 0,5 m/s². Kaikille kevyen liikenteen silloille lasketaan alin ominaistaajuus (taivutusmuoto). Kiihtyvyys on laskennallisesti tarkistettava, jos sillan alin ominaistaajuus on alle 3,5 Hz.

Näille värähtelyn kannalta kriittisille silloille on tarvittaessa määritettävä myös alle 3,5 Hz:n alueella olevat ylempiä taivutusmuotoja sekä vääntömuotoja vastaavat ominaistaajuudet ja niitä vastaavat kiihtyvyydet.

Mitoitusherätteenä käytetään jalankulkijamäärittään normaaleilla silloilla taajuusalueella $f_1 < 2,3$ Hz kahden kävelijän herätettä ja taajuusalueella $2,3 \leq f_1 < 3,5$ Hz yhden juoksijan aiheuttamaa herätettä. Jalankulkijan painoksi oletetaan 70 kg.

Herätevoima määritetään lausekkeesta:

$$F = k \times \alpha \times P$$

missä k on määräkerroin, $k = n^{0,5}$ (jalankulkijat epätahdissa)
 n on jalankulkijoiden määrä, normaalitapauksessa 2 kävelijää tai 1 juoksija
 α on kuormakerroin
 P on yhden kävelijän paino (700 N)

Kuormakerroin lasketaan kaavoilla

$$\alpha = 0,83 \times e^{-0,35 \times f} \leq 0,45 \text{ kävelyherätteelle ja}$$

$$\alpha = 5,25 \times e^{-0,45 \times f} \leq 1,50 \text{ juoksuherätteelle.}$$

missä f on rakenteen ominaistaajuus.

41

Siltojen kuormat
KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2)

Jos kevyen liikenteen silta sijaitsee kävelijämäärältään erittäin vilkkaalla reitillä, on suositeltavaa mitoittaa silta suuremmalle kävelijäryhmälle. Tällöin voidaan kävelijämäärää suurentaa esim. arvoon $n = 5$.

Vaimennussuhteena käytetään arvoa $\zeta = 0,01$, ellei toisin ole sovittu. Jos sillan ominaistajuus vaakatasossa on alle 2,5 Hz on myös vaakasuuntainen kiihtyvyys tutkittava. Kiihtyvyys ei saa ylittää arvoa $0,25 \text{ m/s}^2$ käytettäessä herätteenä 10 %:a edellä mainituista herätevoiman F arvosta.

Lisäohjeita voidaan antaa myös materiaaliakohtaisissa sovellosohjeissa. Asiantomainen viranomainen voi antaa hankekohtaisesti lisäohjeita mukavuuskriteerejä koskien.

42

KOODIN SOVELTAMISALAN ULKOPUOLLELLE JÄÄVÄT KUORMAT JA MUUT
FT

Siltojen kuormat

H EUROKOODIN SOVELTAMISALAN ULKOPUOLLELLE JÄÄVÄT KUORMAT JA MUUT LISÄOHJEET

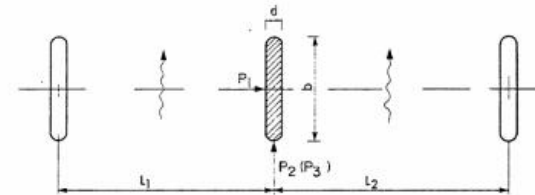
Standardin SFS-EN 1990 muutoksen A1 (liite A2) kohdissa A2.2.1 (2) ja A2.3.1 (7) viitataan tähän sovellosohjeen kohtaan.

H.1 Jääkuormat

Siltarakenne mitoitetetaan jääkuormalle ottamalla huomioon paikalliset olosuhteet ja rakenteen muotoilu. Tavallisessa jokien jääolosuhteissa siltojen jääkuormat voidaan määrittää seuraavassa esitetyllä tavalla. Näitä arvoja pienempiä arvoja voidaan käyttää helpoissa olosuhteissa, esim. jos siltapilarit ovat joka puolelta jääpeitteen ympäröimiä ja jää sulaa paikoilleen. Erityisen vaikeissa olosuhteissa käytetään suurempia jääkuorman arvoja.

Rakenteisiin kohdistuvien jääkuormien oletetaan vaikuttavan vedenpinnan tasossa vaakasuorassa suunnassa.

Siltapilariin kohdistuu jääkuorma P_1 , joka aiheutuu ensisijaisesti pysyvän jääpeitteen lämpötilan muutoksesta, ja jääkuorma P_2 , joka aiheutuu virran paineesta kiinteään jääpeitteeseen. Kuorman P_1 , otaksutaan vaikuttavan kohtisuoraan pilarin sivupintaa vastaan ja kuorman P_2 virran suunnassa. (Kuva H1). Jääkuormien P_1 ja P_2 ei oleteta vaikuttavan samanaikaisesti.



Kuva H1

Jääkuorman P_1 suuruus määritetään kaavasta

$$P_1 = b \times i_1$$

jossa b = siltapilarin leveys
 i_1 = 100 kN/m linjan Kemi-Kajaani eteläpuolella
150 kN/m linjan Kemi-Kajaani pohjoispuolella

Jos pilarin molemmin puolin on kiinteä jääpeite, P_1 :n arvoa voidaan pienentää.

Jos vesistön rannat siltapaikan alueella ovat niin jyrkät, että jääkenttä saa täyden tuen vastareunaltaan, (esim. kallioranta 1:1 tai jyrkempi) kerrotaan jääkuorman P_1 arvo kertoimella 1,5.

Jääkuorman P_2 suuruus määritetään kaavasta

Siltojen kuormat
KUORMIEN YHDISTELY (EN 1990/A1 LIITE A2)

41

Jos kevyen liikenteen silta sijaitsee kävelijämäärältään erittäin vilkkaalla reitillä, on suositeltavaa mitoittaa silta suuremmalle kävelijäryhmälle. Tällöin voidaan kävelijämäärää suurentaa esim. arvoon $n = 5$.

Vaimennussuhteena käytetään arvoa $\zeta = 0,01$.
Jos sillan ominaistajuus vaakatasossa on alle tainen kiihtyvyyttä tutkittava. Kiihtyvyyttä ei saa ylittää herätteenä 10 %:a edellä mainituista herät

Lisäohjeita voidaan antaa myös materiaali-kohtaanomaisen viranomaisen voi antaa hankekohtaisista kriteereistä koskien.

42

KOODIN SOVELTAMISALAN ULKOPUOLLELLE JÄÄVÄT KUORMAT JA MUUT
LISÄOHJEET

H EUROKOODIN SOVELTAMISALAN ULKOPUOLLELLE JÄÄVÄT KUORMAT JA MUUT LISÄOHJEET

1 (liite A2) kohdissa A2.2.1 (2) ja A2.3.1 (7) viitataan

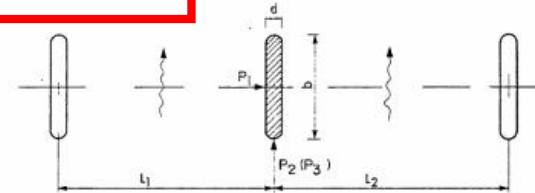
H.1 Jääkuormat

...malle ottamalla huomioon paikalliset olosuhteet ja olosuhteissa jokien jääolosuhteissa siltojen jääolosuhteissa esitetyllä tavalla. Näitä arvoja pie... helpoissa olosuhteissa, esim. jos siltapilarit ovat joka puolelta jääpeitteen ympäröimiä ja jää sulaa paikoilleen. Erityisen vaikeissa olosuhteissa käytetään suurempia jääkuorman arvoja.

Rakenteisiin kohdistuvien jääkuormien oletetaan vaikuttavan vedenpinnan tasossa vaakasuorassa suunnassa.

Siltapilariin kohdistuu jääkuorma P_1 , joka aiheutuu ensisijaisesti pysyvän jääpeitteen lämpötilan muutoksesta, ja jääkuorma P_2 , joka aiheutuu virran paineesta kiinteään jääpeitteeseen. Kuorman P_1 , otaksutaan vaikuttavan... vastainta vastaan ja kuorman P_2 virran suunnassa. ja P_2 ei oleteta vaikuttavan samanaikaisesti.

KUTEN NYKYOHJEISSA



Kuva H1

Jääkuorman P_1 suuruus määritetään kaavasta

$$P_1 = b \times i_1$$

jossa b = siltapilarin leveys
 i_1 = 100 kN/m linjan Kemi-Kajaani eteläpuolella
150 kN/m linjan Kemi-Kajaani pohjoispuolella

Jos pilarin molemmin puolin on kiinteä jäänpeite, P_1 :n arvoa voidaan pienentää.

Jos vesistön rannat siltapaikan alueella ovat niin jyrkät, että jääkenttä saa täyden tuen vastareunaltaan, (esim. kallioranta 1:1 tai jyrkempi) kerrotaan jääkuorman P_1 arvo kertoimella 1,5.

Jääkuorman P_2 suuruus määritetään kaavasta

43

Siltojen kuormat
EUROKOODIN SOVELTAMISALAN ULKOPUOLLELLE JÄÄVÄT KUORMAT JA MUUT LISÄOHJEET

$$P_2 = 0,5(l_1 + l_2) i_2$$

jossa l_1 ja l_2 ovat etäisyydet tarkasteltavalta pilanilta viereisiin pilareihin
 $i_2 = 20 \text{ kN/m}$ linja Kemi-Kajaani eteläpuolella
 30 kN/m linjan Kemi-Kajaani pohjoispuolella

Jos siltapaikan alueella esiintyy liikkuvaa jäätä, tarkistetaan siltapilarit lisäksi virran suunnassa vaikuttavalle kuormalle P_3 , joka määritetään kaavasta

$$P_3 = 1000 \times h \times d \text{ [kN]}$$

jossa h = jään paksuus tarkasteltavassa kohdassa (m)
Jään paksuudeksi ei kuitenkaan oleteta enempää kuin 1,0 m
 d = siltapilarin paksuus (m)

H.2 Tukipainuman huomioon otto

Jos pääty- ja välituet perustetaan siten, että on odotettavissa perustusten painumia, arvioidaan painumaerot geoteknisten laskelmien perusteella. Kalliolle perustetut tuet oletetaan painumattomiksi. Maanvaraisten tukien painumaeroksi oletetaan aina vähintään 10 mm.

Tukipainuma otaksutaan pysyväksi kuormaksi.

Maanpaineen tai muiden vaakasuorien kuormien rasiittamien maanvaraisten perustusten siirtymät arvioidaan erikseen. Kalliolle perustetut tuet oletetaan vaakasuunnassa siirtymättömiksi. Maanvaraisten maatuukien siirtymän vaakasuorassa suunnassa oletetaan olevan aina vähintään 10 mm (joka otetaan huomioon liikuntasaumalaitteiden ja laakeriden liikevaroissa).

H.3 Laakerikitka

Liikkuvan laakerin kitka määritetään valmistajan suositusten mukaisesti ottaen huomioon materiaaliominaisuuksien ajasta riippuvat muutokset sekä laakerin mahdollinen likaantuminen ja syöpyminen. Riittävien tietojen puuttuessa määritetään kitkavoima kokeilla.

Teräksisten rullalaakerien laakerikitkan otaksutaan olevan 6 % pysyvän kuorman tukireaktiosta. Liukulaakereissa, joissa kitkapinnat ovat polytetrafluoretyleniä (PTFE), laakerikitka vaihtelee riippuen mm. lämpötilasta ja pintapaineesta. Ellei tarkempia selvityksiä ole käytettävissä kitkan voidaan otaksua olevan niissä 6 % pysyvän kuorman tukireaktiosta kun keskimääräinen pintapaine laakerissa on 20 MN/m^2 ja 10 % kun pintapaine on 10 MN/m^2 . Väliarvot saadaan interpoloimalla suoraviivaisesti.

Ks. myös standardin EN 1993-2 liite A.

44

Siltojen kuormat
EUROKOODIN SOVELTAMISALAN ULKOPUOLLELLE JÄÄVÄT KUORMAT JA MUUT LISÄOHJEET

H.4 Maanpaineen käsittely

Lepopaine katsotaan yleensä pysyväksi kuormaksi. Jos joku osa maata voidaan otaksua poistettavaksi rakenteen käyttöaikana, lasketaan poistamisen vaikutus muuttuvana kuormana.

Lepopaine, joka aiheutuu maan pintaan kohdistuvasta kuormasta, luokitellaan samalla tavalla kuin kuorma, joka sen aiheuttaa (yhdistelykerroin ja varmuuskerroin aiheuttavan kuorman mukaan).

Siltojen maa- ja välituet mitoitetaan vähintään lepopaineen suuruiselle maanpaineelle ja tarkistetaan myös 0,7 kertaa lepopaineen suuruiselle paineelle.

Jos rakenne pakotetaan liikkumaan maata vastaan, mitoitetaan se suuremmalle maanpaineelle kuin lepopaine (passiivipaine). Passiivipaineen tapauksessa yhdistelykerroin määräytyy aiheuttavan kuorman mukaan ja varmuuskerroin pysyvän kuorman mukaan.

H.5 Vedenpinnan aseman huomioonottaminen

Vedenpinnan raja-arvoina käytetään alivedenpintaa (NW) ja ylivedenpintaa (HW). Vedenpaine ja veden aiheuttama noste voidaan käsitellä pysyvänä kuormana alivedenpinnan NW-tasolla ja HW-tason ja NW-tason väliseltä osalta muuttuvana kuormana, joka otetaan huomioon koko arvolla kuormia yhdisteltäessä.

H.6 Betonin kutistuminen ja viruminen

Betonin kutistuminen ja viruminen voidaan yleensä ottaa huomioon suunnittelussa loppuarvolla. Tilanne, jossa vain osa kutistumisesta ja virumisesta on tapahtunut, tutkitaan tarvittaessa. Liikennekuorman kuormittaessa rakennetta voidaan otaksua vähintään 50 % kutistumasta ja virumasta tapahtuneeksi.

Kuormayhdistelyissä kutistuminen ja viruminen otetaan huomioon pysyvänä kuormana.

H.7 Jännevoima

Jännevoiman vaikutus lasketaan välittömästi jännittämisen jälkeen hetkellä $t = 0$ ja kaikkien häviöiden tapahduttua hetkellä $t = \infty$. Tarvittaessa tarkastellaan jännevoiman vaikutus ajanhetkellä $t = t_1$, jolloin silta kuormitetaan ja vasta osa häviöistä on tapahtunut.

Siltojen kuormat
EUROKODIN SOVELTAMISALAN ULKOPUOLLELLE JÄÄVÄT KUORMAT JA
LISÄOHJEET

43

44

Siltojen kuormat
EUROKODIN SOVELTAMISALAN ULKOPUOLLELLE JÄÄVÄT KUORMAT JA MUUT
OHJEET

H.2 Tukipainuman huomioon otto

H.3 Laakerikitka

H.7 Jännevoima

H.5 Vedenpinnan aseman huomioonottaminen

H.6 Betonin kutistuminen ja viruminen

KUTEN NYKYOHEJEISSA

30 kN/m linjan Kemi-Kajaani pohjoispuolella

sen vaikutus muuttuvana kuormana.

H.4 Maanpaineen käsittely

Lepopaine katsotaan yleensä pysyväksi kuormaksi. Jos joku osa maata voidaan otaksua poistettavaksi rakenteen käyttöaikana, lasketaan poistamisen vaikutus muuttuvana kuormana.

Lepopaine, joka aiheutuu maan pintaan kohdistuvasta kuormasta, luokitellaan samalla tavalla kuin kuorma, joka sen aiheuttaa (yhdistelykerroin ja varmuuskerroin aiheuttavan kuorman mukaan).

Siltojen maa- ja välituet mitoitetaan vähintään lepopaineen suuruiselle maanpaineelle ja tarkistetaan myös 0,7 kertaa lepopaineen suuruiselle paineelle.

Jos rakenne pakotetaan liikkumaan maata vastaan, mitoitetaan se suuremmalle maanpaineelle kuin lepopaine (passiivipaine). Passiivipaineen tapauksessa yhdistelykerroin määräytyy aiheuttavan kuorman mukaan ja varmuuskerroin pysyvän kuorman mukaan.

LIITE 1. MERKINNÄT:

Tässä liitteessä on esitetty sillansuunnittelussa tarvittavat kuormitusyhdistelyt murto- ja käyttörajatiloissa.

- Kuormitusyhdistelyjä muodostettaessa on otettu huomioon kaikki standardin EN 1990 muutoksen A1 (EN 1990/A1 Liite A2) ja sen kansallisen liitteen vaatimukset ja erityisehdot.
 - Kuormien yhdistelykerrointaulukot A2.1(FI) ja A2.2(FI)
 - Murtorajatilan kuormitusyhdistelytaulukot A2.4(A) (FI), A2.4(B) (FI)
 - Käyttörajatilan kuormitusyhdistelytaulukko A2.6
 - Onnettomuuskuormitusyhdistelytaulukko A2.5
 - Standardissa esitetyt vaatimukset ja rajaukset (mm. kappaleet A2.2.2...A2.2.4)

- Kuormitusyhdistelyt on muodostettu vuorottelemalla kutakin muuttuvaa kuormaa määräävänä muuttuvana kuormana, ainoastaan määräävimmit kuormitusyhdistelyt tulee tarkastaa.

**”KUN KÄYTÄT NÄITÄ YHDISTELYJÄ
 ET VOI MENNÄ HARHAAN
 (TYÖELÄMÄSSÄ)”**

TAULUKKOJEN MERKINNÄT

| | |
|------------|---|
| gr | Kuormaryhmä |
| F_{wk} | Tuulikuorma |
| F_{wk}^* | Tuulikuorma (samanaikaisesti liikennekuorman kanssa) |
| T_k | Lämpötilakuorma |
| BF | Laakerikitka |
| IL | Jääkuorma |
| S | Tukipainuma |
| W | Vedenpinnan asema |
| dW | Vedenpinnan muuttuva osa |
| TLEP | Liikennekuorman maanpaine |
| SL1 | Lumikuorma (toteuttamisen aikana) |
| SL2 | Lumikuorma (samanaikaisesti liikennekuorman kanssa) |
| Q_c | Rakentamisesta johtuvat kuormat |
| 1... | Kuormitusyhdistelyn juokseva numero (murtorajatila) |
| 1a... | Kuormitusyhdistelyn juokseva numero ('a' = käyttörajatilan ominaisyhdistelmä) |
| 1b... | Kuormitusyhdistelyn juokseva numero ('b' = käyttörajatilan tavallinen yhdistelmä) |
| 1c | Kuormitusyhdistelyn numero ('c' = käyttörajatilan pitkäaikaisyhdistelmä) |

LIITE 1. TIESILLAT, MURTORAJATILA

EUROKOODIN SOVELLUSOHJEET
Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet

LIITE 1

2/5

YHDISTELYKERTOIMET:

VARMUUSKERTOIMET

Taulukko 1: Tiesillat – murtorajatila:

| | | TIESILLAT - MURTORAJATILA - Set A: A2.4 (A), Set B: A2.4 (B) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|----------------|---------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | | KUORMITUSYHDISTELYN MAARAAVA MUUTTUVIA KUORMIA (8.10b) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| | | 6.10a | gr1a | gr1b | gr2 | gr3 | gr4 | gr5 | F _{wk} | T _k | BF | IL | TLEP | | | | |
| SET A (EQU) | Omapaino | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,1 / 0,9 | - | - | - | - | - | |
| | Esijännitys | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,1 / 0,9 ¹⁾ | - | - | - | - | - | |
| SET B (STR/EQU) | Ompaino | 1,35 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,15 / 0,9 | - | - | - | - | - | |
| | Esijännitys | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,10 / 0,90 ¹⁾ | - | - | - | - | - | |
| SET A (EQU) & SET B (STR/EQU) | gr1a | - | 1,35 | - | - | - | - | - | - | - | 1,35 x 0,4 | - | - | 1,35 x 0,4 | - | - | |
| | gr1b | - | - | 1,35 | - | - | - | - | - | - | x 0,4 | - | - | - | - | - | |
| | gr2 | - | - | - | 1,35 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | gr3 | - | - | - | - | 1,35 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | gr4 | - | - | - | - | - | 1,35 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | gr5 | - | - | - | - | - | - | 1,35 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | F _{wk} 1) | - | 1,5 x 0,8 | - | - | - | - | - | 1,5 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 |
| | F _{wk} 2) | - | 1,5 | 1 | - | - | - | - | - | 1,5 x 1 | - | - | 1,5 x 1 | - | - | 1,5 x 1 | - |
| | T _k 2) | - | 1,5 x 0,8 | - | - | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | - | 1,5 x 0,8 | 1,5 | 1,5 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 |
| | BF | - | 1,5 x 0,6 | - | - | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | - | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 | 1,5 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 |
| IL | - | 1,5 x 0,7 | - | - | 1,5 x 0,7 | 1,5 x 0,7 | 1,5 x 0,7 | - | 1,5 x 0,7 | 1,5 x 0,7 | 1,5 x 0,7 | 1,5 x 0,7 | 1,5 x 0,7 | 1,5 | 1,5 | 1,5 x 0,7 | |
| S 3) | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | |
| W 3) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| dW 3) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| TLEP | - | 1,5 | 0,4 | 1,5 x 0,4 | 1,5 x 0,4 | 1,5 x 0,4 | 1,5 x 0,4 | - | 1,5 x 0,75 | 1,5 x 0,4 | 1,5 x 0,75 | 1,5 x 0,4 | 1,5 x 0,75 | 1,5 x 0,4 | 1,5 x 0,75 | 1,5 | |
| SL1 | - | 1,5 x 0,8 | - | - | - | - | - | - | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | |
| SL2 | - | 1,5 x 0,8 | - | - | - | - | - | - | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | 1,5 x 0,8 | |
| Qc | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |

- 1) Tuulikuormasta: kun yhdistetään tuulta liikennekuorman kanssa valitaan yhdistelyyn arvo 0,6 F_{wk}, mutta ei kuitenkaan suurempaa arvoa kuin 1 F_{wk}
 - 2) Lämpötilakuormakukin arvo voidaan jättää pois murtorajatilayhdistelystä mikäli rakenteella on riittävästi muodonmuutoskykyä (ks. materiaalkohtaiset sovellusohjeet)
 - 3) vedenpinnan asema yhdistetään pyyväin kuorman kanssa (varmuusluku pyyväin kuorman varmuusluku)
 - 4) stabiileetti 1,30 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (2) Huom]]
 - 5) paikalliset vaikutukset 1,20 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (3) Huom]]
- passiivipaineen yhdistelykerroin aiheuttavan kuorman mukaan ja varmuuskerroin pyyväin kuorman mukaan

esim:

KAAVA 0: $1,35 \cdot \text{Omapaino} + 1,2 \cdot S$

KAAVA 1: $1,35 \cdot \text{gr1a} + 1,5 \cdot (0,6 \cdot F_{wk} \text{ (max. } 1,5 \cdot 1 \cdot F_{wk}^* \text{)}) + 0,6 \cdot T_k + 0,6 \cdot BF + 0,7 \cdot IL + 1,2 \cdot S + 0,4 \cdot TLEP + 0,8 \cdot SL2$

LIITE 1. TIESILLAT, KÄYTTÖRAJATILA, ONNETTOMUUSYHDISTELMÄ

EUROKOODIN SOVELLUSOHJEET
Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet
Kuormitusyhdistelyt

YHDISTELYKERTOIMET:

'a' = ominaisyhdistelmä

'b' = tavallinen yhdistelmä

'c' = pitkäaikaisyhdistelmä

3/5

Taulukko 2. Tiesillat – käyttörajatilat ja onnettomuusyhdistelmä:

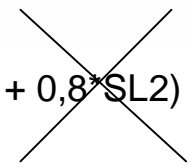
| | | (6.14) | | | | | | | | | | | | | | (6.15) | | | | | | | | (6.16) | |
|--------------------|--|--|------|-----|-----|-----|-----|-----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|-----------------|----|-----|-----|------|-----|-----|-----|--------|-----|
| | | KUORMITUSYHDISTELYN MAARAAVA MUUTTUVA KUORMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1a | 2a | 3a | 4a | 5a | 6a | 7a | 8a | 9a | 10a | 11a | 12a | 13a | 14a | 1b | 2b | 5b | 7b | 8b | 10b | 12b | 14b | 1c | |
| | | gr1a | gr1b | gr2 | gr3 | gr4 | gr5 | F _{wk} | T _k | BF | IL | TLEP | gr1a | gr1b | gr4 | F _{wk} | T | BF | IL | TLEP | - | | | | |
| Oma paino | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Esijännitys | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gr1a | | 1 | - | - | - | - | - | - | 0,75 | - | 0,75 | - | 0,75 | - | - | 0,75 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,3 |
| gr1b | | - | 1 | - | - | - | - | - | 0,4 | - | 0,4 | - | 0,4 | - | - | 0,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| gr2 | | - | - | 1 | - | - | - | - | 0,4 | - | 0,4 | - | 0,4 | - | - | 0,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| gr3 | | - | - | - | 1 | - | - | - | 0,4 | - | 0,4 | - | 0,4 | - | - | 0,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| gr4 | | - | - | - | - | 1 | - | - | 0,4 | - | 0,4 | - | 0,4 | - | - | 0,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| gr5 | | - | - | - | - | - | 1 | - | 0,4 | - | 0,4 | - | 0,4 | - | - | 0,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| F _{wk} 1) | | 0,6 | - | - | - | - | - | 1 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | - | - | - | 0,2 | - | - | - | - | - | - |
| F _{wk} 1) | | < | - | - | - | - | - | < | < | < | < | < | < | < | < | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| T _k | | 0,6 | - | 0,6 | 0,6 | 0,6 | - | 0,6 | 1 | 1 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | - | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| BF | | 0,6 | - | 0,6 | 0,6 | 0,6 | - | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 1 | 1 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | - | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| IL | | 0,7 | - | 0,7 | 0,7 | 0,7 | - | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1 | 1 | 0,7 | 0,2 | - | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| S 2) | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| W 2) | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| dW 2) | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TLEP | | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | - | 0,4 | 0,4 | 0,75 | 0,4 | 0,75 | 0,4 | 0,75 | 0,75 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,75 | - |
| SL1 | | 0,8 | - | 0,8 | 0,8 | 0,8 | - | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,2 | - | - | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| SL2 | | 0,8 | - | 0,8 | 0,8 | 0,8 | - | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,2 | - | - | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Qc | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| Tiesillat | |
|-----------------------|--------------------|
| Onnettomuusyhdistelmä | |
| Ad | 1 |
| Ompaino | 1 |
| Esijännitys | 1 |
| gr1a | 0,75 0,4 0,4 |
| gr1b | - |
| gr2 | - |
| gr3 | - |
| gr4 | - |
| gr5 | - |
| F _{wk} 1) | - |
| F _{wk} 1) | - |
| T _k 2) | 0,5 |
| BF | 0,4 |
| IL | 0,2 |
| S 2) | - |
| W 3) | - |
| dW 3) | - |
| TLEP | - |
| SL1 | - |
| SL2 | 0,2 |
| Qc | - |

esim:

KAAVA 1a: $gr1a + 0,6 \cdot F_{wk} (\max. 1 \cdot F_{wk}^*) + 0,6 \cdot T_k + 0,6 \cdot BF + 0,7 \cdot IL + 0,4 \cdot TLEP + 0,8 \cdot SL2)$

KAAVA 2b: $0,75 \cdot gr1b$



LIITE 1. KEVYEN LIIKENTEEEN SILLAT, MURTORAJATILA

YHDISTELYKERTOIMET:

VARMUUSKERTOIMET

4/5

Taulukko 3: Kevyen liikenteen sillat – murtorajatila:

| KEVYEN LIIKENTEEEN SILLAT - MURTORAJATILA - Set A: A2.4 (A), Set B: A2.4 (B) | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|------|------|-----------------|----------------|---------------------------|-----|-----------|-----------|-----------|
| KUORMITUSYHDISTELYN MAÄRAÄVÄ MUUTTUVU KUORMA (6.10b) | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 6.10a | | gr1 | gr2 | F _{wk} | T _k | BF | IL | TLEP | | |
| SET A (EQU) | Oma paino | - | - | - | - | 1,05 / 0,95 | - | - | - | |
| | Esijännitys | - | - | - | - | 1,05 / 0,95 ³⁾ | - | - | - | |
| SET B (STR/EQU) | Ompaino | 1,35 | - | - | - | 1,15 / 1,00 | - | - | - | |
| | Esijännitys | 1 | - | - | - | 1,10 / 0,90 ⁴⁾ | - | - | - | |
| SET A (EQU) & SET B (STR/EQU) | gr1 | - | 1,35 | - | 1,35 x 0,4 | - | - | - | - | |
| | gr2 | - | - | 1,35 | - | - | - | - | - | |
| | F _{wk} | - | 1,5 | 0,3 | 1,5 | 0,3 | 1,5 | 1,5 x 0,3 | 1,5 x 0,3 | 1,5 x 0,3 |
| | T _k 1) | - | 1,5 | 0,6 | 1,5 | 0,6 | 1,5 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 |
| | BF | - | 1,5 | 0,6 | 1,5 | 0,6 | 1,5 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 | 1,5 x 0,6 |
| | IL | - | 1,5 | 0,7 | 1,5 | 0,7 | 1,5 | 1,5 x 0,7 | 1,5 | 1,5 x 0,7 |
| | S 1) | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| | W 2) | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | dW 2) | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | TLEP | - | 1,5 | 0,4 | 1,5 | 0,4 | 1,5 | 1,5 x 0,4 | 1,5 x 0,4 | 1,5 |
| | SL1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Qc | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

- 1) Lämpötilakuorma/tukipainuma voidaan jättää pois murtorajatilayhdistelystä mikäli rakenteella on riittävästi muodonmuutoskykyä
 - 2) vedenpinnan asema yhdistellään pysyvän kuorman kanssa (varmuusluku pysyvän kuorman varmuusluku)
 - 3) stabiliteetti 1,30 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (2) Huom)]
 - 4) paikalliset vaikutukset 1,20 [EN 1992-1-1: 2.4.2.2 (3) Huom)]
- passiivipaineen yhdistelykerroin aiheuttavan kuorman mukaan ja varmuuskerroin pysyvän kuorman mukaan

esim:

KAAVA 0: $1,35 \cdot \text{Omapaino} + 1,2 \cdot S$

KAAVA 1: $1,35 \cdot \text{gr1} + 1,5 \cdot (0,3 \cdot F_{wk} + 0,6 \cdot T_k + 0,6 \cdot \text{BF} + 0,7 \cdot \text{IL} + 1,2 \cdot S + 0,4 \cdot \text{TLEP})$

EURONORMIEN MUKAAN OVIKAPPU
ON HUOSTETTAVA SUORASIVUISIEN
SUORAKÄYDEN MUOTOISESTA PAPERIMATE-
RIIPUSTIESTA.
KÄSITÄMÄ VIESTISSÄ TULEE OLLA LUETTA-
VISSA $\leq 1,1 \%$ TILASSA.

EURONORMIEN KÄYTTÄMIS TARKOITUKSI
JOUKKO VAIN HUOSTITON

25.11
EUROK. SEMINAARI
HANGSAARI

VASTAANOTTO
EUROLOGI
H. LILJA

"VASTUU ON KOULIJALLA"

2009 ELI
NEUROKODI SPEJIA-
LISTIEN KOKOUS
SEMINAARISSA OLU-
TAN SAARESSA.
PALUU VIRKASTUN TAPA-
TUN KIRKASTUMISEN
JÄLKEEN ...
... TÄSIN TUNNETTU-
NEENA.

T. ARTIMEL - ILE

THE END