



Tielaitos

Siltojen kuormat

Sillansuunnittelu

Helsinki 1999

TIEHALLINTO
Siltayksikkö

Siltojen kuormat

Tielaitos
TIEHALLINTO

Helsinki 1999

ISBN 951-726-538-2
TIEL 2172072-99

Edita Oy
Helsinki 1999

Julkaisua myy
Tielaitos, julkaisumyynti
puhelin 0204 44 2053
telefaksi 0204 44 2652

Tielaitos
TIEHALLINTO
Siltayksikkö
PL 33
0521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 44 150



Vastaanottaja

Tiepiirit
Tuotanto, tuotantoalueet
Tuotannon konsultointi, alueyksiköt

SÄÄDÖSPERUSTA
TL 117 §

KORVAA
Siltojen kuormat
11.4.1991

KOHDISTUVUUS
Tielaitos

VOIMASSA
1. 1.2000 - toistaiseksi

ASIASANAT

ohjeet, sillat, sillansuunnittelu, siltojen kuormat

Siltojen kuormat (TIEL 2172072-99)

Ohjeessa Siltojen kuormat esitetään tiesiltojen suunnittelussa käytettävät kuormat ja niiden käyttöä koskevat varmuusperusteet.

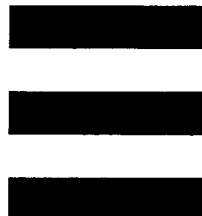
Ohjeeseen sisältyy pysyvät kuormat, ajoneuvoliikenteen ja kevyen liikenteen siltojen liikennekuormat, siltoihin kohdistuvat luonnonkuormat sekä kuormien yhdistelyä koskevat säännöt.

Apulaisjohtaja
Siltayksikkö

Juhani Vähäaho

Diplomi-insinööri

Matti Kuusivaara



JAKELU

Aulis Nironen (kirje + alkusanat)
Jukka Isotalo (kirje + alkusanat)
Tiepiirit
Tiepiirit, siltainsinöörit
Htl, Hte
Hsi:n tekninen henkilökunta
Tuotantoalueet
Tuotannon sillansuunnittelijat
Kirjasto 2 kpl
TIEL:n ulkopuolinen jakelu

LIITE

Siltojen kuormat, TIEL 2172072-99

ALKUSANAT

Ohjeessa Siltojen kuormat esitetään tiesiltojen suunnittelussa käytettävät kuormat ja niiden käyttöä koskevat varmuusperusteet eri mitoitusmenetelmien yhteydessä.

Ohje perustuu Pohjoismaisen Tietekillisen Liiton (PTL) raporttiin 4:1980 Lastbestemmelser for vegbroer ja ympäristöministeriön julkaiseman Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykseen B1 Rakenteiden varmuus ja kuormitukset.

Toiseen painokseen tehtiin muutoksia ja tarkistuksia. Tähän painokseen on tehty vähäisiä tarkistuksia.

Ohjetta käsitelleen toimikunnan jäseninä ovat olleet Matti Kuusivaara (pj.), Reino Hevonoja, Markku Nousiainen ja Hannu Utti tiehallituksen sillansuunnittelusta.

Helsingissä, joulukuussa 1999

Tiehallinto
Siltayksikkö

SISÄLTÖ

1	YLEISTÄ	9
1.1	Ohjeen käyttö	9
1.2	Ohjeen sisältö	10
1.3	Liikennekuorman merkintä	10
2	PYSYVÄT KUORMAT	10
2.1	Yleistä	10
2.2	Rakennösten paino	10
2.3	Maanpaine	11
2.4	Vedenpinnan aseman huomioonottaminen	11
2.5	Betonin kutistuminen ja viruminen	11
2.6	Jännevoima	12
3	MUUTTUVAT KUORMAT	12
3.1	Ajoneuvoliikenteen sillan liikennekuorma	12
3.1.1	Pystysuorat kuormat	12
3.1.1.1	Ajorata ja piennar	12
3.1.1.2	Jalkakäytävä ja pyörätie	16
3.1.1.3	Keskikaista ja vastaavat alueet	16
3.1.1.4	Pystysuora liikennekuorma tiepenkereellä	16
3.1.1.5	Pystysuora kuorma vaihtorasitustarkasteluissa	17
3.1.2	Vaakasuurat kuormat	17
3.1.2.1	Jarrukuorma	17
3.1.2.2	Sivukuorma	18
3.1.2.3	Keskipakokuorma	18
3.1.3	Törmäyskuormat	19
3.2	Kevyen liikenteen sillan liikennekuorma	19
3.2.1	Pystysuorat kuormat	19
3.2.2	Vaakasuurat kuormat	20
3.2.2.1	Kuorma sillan pituussuunnassa	20
3.2.2.2	Sivukuorma	20
3.2.3	Törmäyskuorma	20
3.3	Liikennekuorman aiheuttama maanpaine	21
3.4	Laakerikitka	21
3.5	Lämpötilan muutos ja epätasainen lämpötila	21
3.6	Tuulikuorma	22
3.7	Jääkuorma	23
3.8	Törmäyskuorma	25
3.8.1	Ajoneuvoliikenteen törmäys	25
3.8.1.1	Törmäys alusrakenteisiin	25
3.8.1.2	Törmäys päällysrakenteeseen	26
3.8.2	Junaliikenteen törmäys	26
3.8.3	Aluksen törmäys	26
3.9	Tukien siirtyminen	27
3.10	Avattavaa siltaa koskevat erityisohjeet	27

4	KUORMIEN YHDISTELY	28
4.1	Yleistä	28
4.2	Rajatilamitoitus	28
4.3	Mitoitus sallittuja jännityksiä käyttäen	30
4.4	Kokonaisvarmuuskerroinmenetelmä	31

1 YLEISTÄ

1.1 Ohjeen käyttö

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

Ohjeessa on määritetty kaksi kuormaluokkaa ajoneuvoliikenteelle tarkoitettujen siltojen liikennekuormalle. Kuormaluokkaa I käytetään yleisten teiden silloissa ja niissä yksityisteiden silloissa, jotka todennäköisesti muuttuvat yleisten teiden silloiksi. Luvanvaraisiin erikoiskuljetuksiin varaudutaan tarkistamalla rakenne kuormakaaviolle raskas erikoiskuorma 1 tai eräissä poikkeustapauksissa vähäliikenteisillä teillä kuormakaaviolle raskas erikoiskuorma 2.

Kuormaluokkaa II käytetään muissa valtion avustusta saavissa yksityisteiden silloissa. Näissä silloissa harkitaan luvanvaraisten erikoiskuljetusten tarve erikseen ja tarvittaessa varaudutaan niihin tarkistamalla sillan mitoitus kuormakaaviolle raskas erikoiskuorma 2.

Erikoistapauksissa kuten raskaiden erikoiskuljetusten reittien silloissa voidaan tapauskohtaisesti määrätä käytettäväksi suurempia suunnittelu-kuormia kuin tässä ohjeessa on esitetty.

Kuormaluokille I ja II suunniteltujen siltojen kantavuus ilman raskasta erikoiskuormaa:

Kuormaluokka	I	II
Kantavuus (t)		
akselipaino	16	12
2-aks. teli	21 (24)	16 (18)
3-aks. teli	27 (30)	21 (24)
kokonaispaino	75	60

(suluissa akselivälin $\geq 1,3$ m mukaan lasketut telipainot)

Kevyen liikenteen siltojen kuormalle suunniteltu silta kantaa seuraavat ajoneuvot:

Ajoneuvo	Etuakseli (t)	Akseliväli (m)	Taka-akseli (tai teli) (t)
Tiehyölyä	6	5	6+6
Aura-auto	7	4	7
Traktori	6	2,5	6

1.2 Ohjeen sisältö

Ohje määrittelee kuormat siltojen suunnittelua varten.

Kuormien ominaisarvot on esitetty luvuissa 2 ja 3.

Kantavien rakenteiden yleiset suunnitteluperusteet ja eri mitoitusmenetelmiä koskevat perusteet on määritelty sisäasianministeriön julkaiseman Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksessä B1 "Rakenteiden varmuus ja kuormitukset". Sen pohjalta on määritelty luvussa 4 kuormien yhdistelyperiaatteet eri mitoitusmenetelmien yhteydessä sekä kuormien osavarmuuskertoimet rajatilamitoituksen yhteydessä. Liikennekuorman osavarmuuskertoimen on valittu ottaen huomioon kuorman suuruudessa esiintyvän hajonnan ja muita epävarmuustekijöitä.

1.3 Liikennekuorman merkintä

Liikennekuorman merkinnässä ilmoitetaan kuormaluokka, Lk I tai Lk II, tarkistuskuorma raskaita erikoiskuljetuksia varten, Ek 1 tai Ek 2 sekä viittaus tähän ohjeeseen TIEL 91. Esim. Lk I, Ek 1/TIEL 91

Kevyen liikenteen sillan liikennekuormasta käytetään merkintää Klk/TIEL 91.

2 PYSYVÄT KUORMAT

2.1 Yleistä

Pysyviksi kuormiksi katsotaan rakenneosien paino ja muu rakenteeseen vaikuttava muuttumaton kuorma kuten täytteet ja päällysteet, maanpaine sekä kuorma, joka aiheutuu alivedenkorkeudella olevasta vedestä. Jännevoima sekä kutistuminen ja viruminen otetaan myös huomioon pysyvänä kuormana.

2.2 Rakenneosien paino

Rakenneosien paino lasketaan yleensä käyttäen nimellismittoja ja aineiden keskimääräistä tilavuuspainoa.

Rakenneosien painoa laskettaessa käytetään seuraavia tilavuuspainoja

Betoni, raudoitettu	25 kN/m ³
Betoni, raudoittamaton	24 kN/m ³
Teräs	77 kN/m ³
Puu	6 kN/m ³
Asfalttibetoni	24 kN/m ³

Valuasfaltti, mastiksi	20 kN/m ³
Murske- tai soratäyte	21 kN/m ³
KevytSORabetoni K 8	11 kN/m ³
KevytSORabetoni K 15	14 kN/m ³

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

2.3 Maanpaine

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

Maanpaine, joka aiheutuu maan pintaan kohdistuvasta kuormasta luokitellaan samalla tavalla kuin kuorma, joka sen aiheuttaa.

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.

Maanpainetta on käsitelty tarkemmin ohjeessa TIEL 2172068 "Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa".

2.4 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.

2.5 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.

Betonin kutistuman ja viruman arvot lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen B4 Betonirakenteet mukaan ottaen huomioon Tielaitoksen ohjeessa Betonirakenneohjeet, TIEL 2172073 esitetyt täydennykset.

Ulkoilmassa sijaitseville rakenteille loppukutistuman perusarvona käytetään arvoa $\varepsilon_{\text{CSO}} = 0,4 \cdot 10^{-3}$ ja virumaluvun perusarvona käytetään arvoa $\varphi_0 = 2$.

2.6 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.

Jännevoiman kitka- ja jännityshäviöt lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen B4 Betonirakenteet mukaan.

3 MUUTTUVAT KUORMAT

3.1 Ajoneuvoliikenteen sillan liikennekuorma

3.1.1 Pystysuorat kuormat

3.1.1.1 Ajoina ja piennar

Ajoneuvokuorma sysäyksistä aiheutuva lisäys mukaanluettuna, määritetään käyttäen kuormakaavioita 1, 2 ja 3. Rakenteen jokainen osa mitoitetaan sille kaavioille, joka antaa määrävän vaikutuksen.

Kuormakaavioiden 1 ja 2 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 (ajoina ja piennareet ks. kuva 2).

Erityistapauksissa (esim. ajorampit tienristeyksien läheisyydessä, leveät yksiajokaistaisten teiden sillat jne.) määritetään kuormakaistojen lukumäärä erikseen.

Erityisen raskaiden ajoneuvojen aiheuttama kuorma määritetään käyttämällä lisäksi kuormakaaviota, raskas erikoiskuorma, jonka ei oleteta esiintyvän samanaikaisesti kuormakaavioiden 1, 2 tai 3 kanssa.

Kaksiajorataisella sillalla voidaan kuitenkin raskaan erikoiskuorman otaksua kuormittavan toista ajorataa samanaikaisesti kun kuormakaavio 1 kuormittaa toista ajorataa.

Kuormakaavio 1

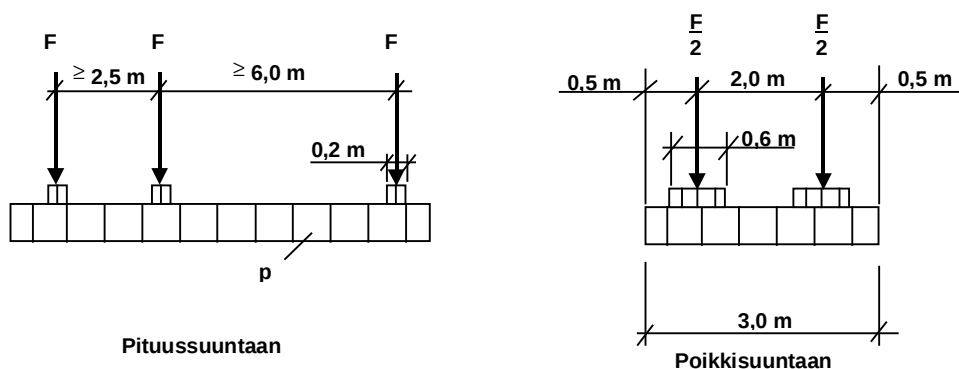
Kuormakaavio 1 käsittää tasaisesti kuormakaistan leveydelle jakautuneen kuorman p ja kolmen akselin F muodostaman akseliryhmän, jonka akselivälit ovat $\geq 2,5$ m ja $\geq 6,0$ m.

Akselikuorman F ja nauhakuorman p suuruus kuormaluokissa I ja II on seuraava:

Kuormaluokka	I	II
Akselikuorma F (kN)	210	160
Nauhakuorma p (kN/m)	9	6

Akselikuormiin sisältyy yleensä sysäyksistä johtuva lisäys. Pääkannattajien uloketta kuormittavan akseliryhmän yhdessä akselissa otetaan kuitenkin huomioon sysäyksistä aiheutuva lisäys, jonka suuruus on 40 %.

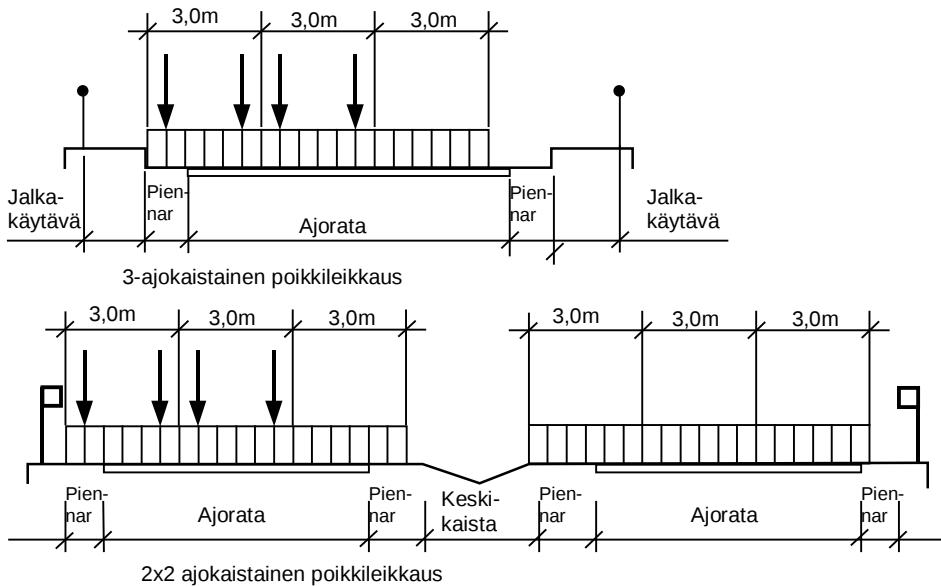
Akselikuormat muodostuvat kahdesta pyöräkuormasta, joiden keskiöväli on 2,0 m. Pyöräkuorman suorakaiteen muotoisen kosketuspinnan suuruus on 0,2 m ajosuunnassa ja 0,6 m kohtisuoraan tätä vastaan. Pyöräkuormat sijaitsevat keskeisesti kuormakaistassa (kuva 1).



Kuva 1. Kuormakaavio 1

Akseliryhmällä kuormitetaan enintään kaksi kuormakaistaa. Kullekin kuormakaistalle sijoitetaan vain yksi kolmen akselin kuormaryhmä.

Kuormakaistat sijoitetaan määräävään asemaan sillan poikkisuunnassa koko ajoradan leveydelle (mukaanluettuina pientareet ja muut pinnat ajoradan tasossa). Ne osat tästä alueesta, jotka jäävät kuormakaistojen ulkopuolelle (leveys < 3 m), jätetään kuormittamatta. Esimerkkejä kuormakaistojen sijoituksesta esitetään kuvassa 2. Kuormakaavio sijoitetaan sillan pituussuunnassa siten, että saadaan epäedullisin kuormavaikutus.



Kuva 2. Esimerkki kuormakaistojen sijoituksesta

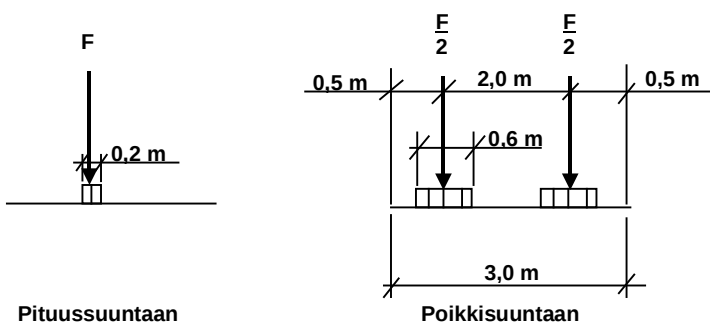
Kuormakaavio 2

Kuormakaavio 2 käsittää yhden akselikuorman F , jonka muodostaa kaksi pyöräkuormaa, joiden keskiöväli on 2,0 m.

Akselikuorman F suuruus kuormaluokissa I ja II on seuraava:

Kuormaluokka	I	II
Akselikuorma F (kN)	260	200

Pyöräkuorman suorakaiteen muotoisen kosketuspinnan suuruus on 0,2 m ajosuunnassa ja 0,6 m kohtisuoraan tätä vastaan. Pyöräkuormat sijaitsevat keskeisesti kuormakaistassa (kuva 3).



Kuva 3. Kuormakaavio 2

Akselikuormalla kuormitetaan enintään kaksi kuormakaistaa.

Akselikuorma sijoitetaan sillan pituus- ja poikkisuunnassa siten, että saadaan epäedullisin kuormavaikutus.

Kuormakaavio 3

Kuormakaavio 3 muodostuu yhdestä pyöräkuormasta, jonka suuruus ja kosketuspinnan ala on sama kuin pyöräkuormalla kuormakaavio 2:ssa. Pyöräkuorma sijoitetaan mielivaltaisesti sillan poikkisuunnassa. Kosketuspinnan pienin keskiöetäisyys kaiteeseen tai muuhun esteeseen on 0,5 m.

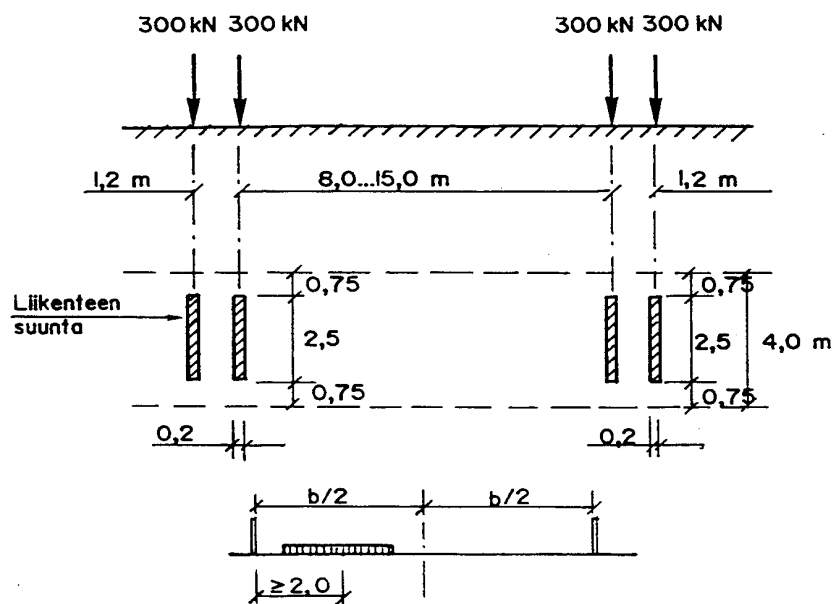
Raskas erikoiskuorma

Raskas erikoiskuorma on kuvissa 4 (kuormaluokka I) ja 5 (kuormaluokka II) esitetyn kaavion mukainen ajoneuvo, jonka kokonaisleveys on 4 m ja jonka akselistot muodostuvat kahdesta akselistasta (teli).

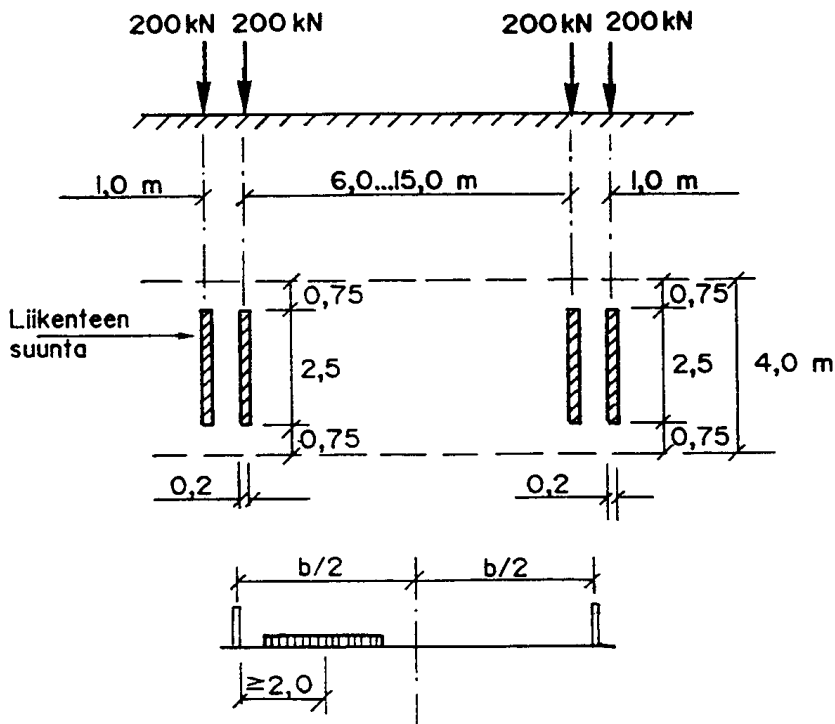
Ajoneuvon otaksutaan kulkevan siten, että sen keskilinjän etäisyys ajoradan reunasta (sillan kaiteesta) on $\geq 2,0$ m.

Sysäyksistä ja tärinästä johtuva pystysuora lisäkuorma otetaan huomioon raskaan erikoiskuorman lisäyksenä seuraavasti:

- rakennetta välittömästi tai enintään 0,5 m paksun täyterokosen välityksellä kuormitettaessa on sysäyslisän suuruus 40 %.
- rakennetta 0,5...3,0 m paksun täyterokosen välityksellä kuormitettaessa on sysäyslisän suuruus 40...0 % suoraviivaisesti interpoloiden.
- puusilloissa sysäyslisä on aina 20 %
- pääkannattajan uloketta kuormittavan kaavion yhdessä akselissa 100 % ja muissa 40 %.



Kuva 4. Raskas erikoiskuorma 1 kuormaluokassa I (ilman sysäyslisiä)



Kuva 5. Raskas erikoiskuorma 2 kuormaluokassa II (ilman sysäyslisiä)

3.1.1.2 Jalkakäytävä ja pyörätie

Ajoneuvoliikenteen kuormittamalla sillalla välittömästi ajorataan liittyvä jalkakäytävä tai pyörätie suunnitellaan yleensä kohdan 3.1.1.1 mukaisilla kuormilla, jolloin varaudutaan siihen, että ne otetaan myöhemmin ajoneuvoliikenteen käyttöön. Jos jalkakäytävän tai pyörätien ottaminen ajoneuvoliikenteen käyttöön on epätodennäköistä tai mahdotonta esim. sillan rakenteesta johtuen, mitoitetaan ne kohdan 3.2.1 mukaiselle kuormalle ja tarkistetaan niiden mitoitus myös kuormakaavio 2:lla tai 3:lla. Kuormakaavio 2 tai 3 ovat tällöin onnettomuuskuormia. Kun kohdan 3.2.1 mukainen kuorma vaikuttaa yhdessä kohdan 3.1.1.1 mukaisen ajoradan kuorman kanssa, voidaan toinen niistä ottaa huomioon puolella arvolla.

3.1.1.3 Keskikaista ja vastaavat alueet

Keskikaista ja muu sillan pinta, jota ei voida pitää ajoratana, pientareena, jalkakäytävänä tai pyörätienä kuormitetaan kuten jalkakäytävä, elleivät erityiset olosuhteet anna aihetta toisenlaiseen kuormaan.

3.1.1.4 Pystysuora liikennekuorma tiepenkereellä

Pystysuoran liikennekuorman vaikutus maassa olevaan rakenteeseen (pengerlaatta, paaluhattu) voidaan arvioida otaksumalla paineen maassa jaukautuvan kaltevuudessa 2:1.

Kun rakenteen syvyys maanpinnasta on $\geq 1,5$ m voidaan pystysuora liikennekuorma ottaa huomioon tasaisena pintakuormana q , jonka suuruus on seuraava kuormaluokissa I ja II ja kevyen liikenteen tien penkereellä.

Pengermassan korkeus z (m)	q (kN/m ²)		
	LkI	LkII	Klk
1,5	30	22	10
2	25	18	9
3	20	15	7
4	16	12	5
≥ 5	15	11	5

Laskettaessa liikennekuorman aiheuttamaa maanpainetta voidaan pystysuoran liikennekuorman arvoksi penkereellä sillan takana otaksua kuormaluokassa I 20 kN/m² ja kuormaluokassa II 15 kN/m² ja kevyen liikenteen tien penkereellä 5 kN/m². Kuorma vaikuttaa koko sillan hyödyllisellä leveydellä. Paikalliset vaikutukset pyöräkuorman läheisyydessä selvitetään erikseen, jos niillä on vaikutusta rakenteen mitoitukseen.

3.1.1.5 Pystysuora kuorma vaihtorasitustarkasteluissa

Pystysuoran liikennekuorman vaihtorasitustarkasteluissa käytettävä osuus määritellään materiaalihojeissa.

3.1.2 Vaakasuorat kuormat

3.1.2.1 Jarrukuorma

Ajoneuvon jarrutuksen ja kiihdytyksen aiheuttaman vaakasuoran kuorman (jarrukuorman) suuruus kuormaluokissa I ja II on seuraava:

Kuormaluokka	Jarrukuorma P (kN)	
	I	II
Siltapituus $L \leq 10$ m	200	150
Siltapituus $L \geq 40$ m	500	375

Kun siltapituus on välillä 10 m ... 40 m, määritetään P suoraviivaisesti interpoloimalla.

Jarrukuorman oletetaan vaikuttavan tien pituussuunnassa ajoradan tasossa ja sen voidaan olettaa jakaantuvan tasaisesti koko ajoradan leveydelle.

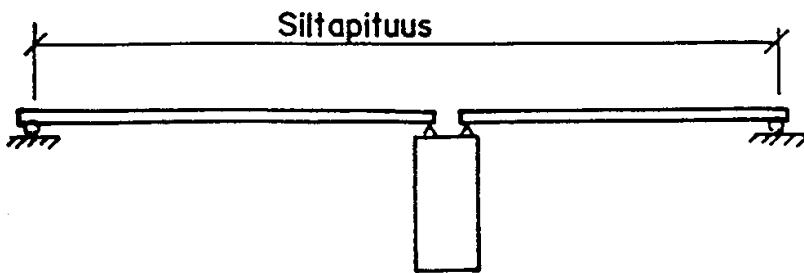
Jarrukuorman kanssa samanaikaisesti otaksutaan siltaa kuormitettavan kuormakaavion 1 nauhakuorman p , kuitenkin enintään 40 m:n matkalla.

Mitoitettaessa rakenteita, jotka voidaan edellyttää kuormitetuiksi vain yhdellä akselikuormalla (liikuntasaumalaitteet jne.) jarrukuorma P oletetaan jaetuksi kahdeksi osakuormaksi, joiden suuruus on $P/2$ ja keskiöetäisyys 2,0 m ja joiden jakautuminen sivusuunnassa vastaan samanaikaisesti vaikuttavan kuormakaavio 2:n pyöräkuorman jakautumista.

Määriteltäessä jarrukuormaa tarkoitetaan siltapituudella 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 jarrukuormalle P riippuen siltapituudesta, joka määritetään siinä tapauksessa niiden periaatteiden mukaan, jotka on selvitetty edellä.

Esimerkkinä niistä on kuva 6, joka esittää kahdelle sillan osalle yhteistä pilaria kiinteine laakereineen. Määritettäessä pilarille jarrukuormaa käytetään siltapituutena yksittäisten sillan osien pituuksien summaa.



Kuva 6.

Tiepenkereestä voi kohdistua maatuen yläreunaan jarrukuorma, jonka suuruus on kuormaluokassa I 200 kN ja kuormaluokassa II 150 kN. Tämän kuorman ei otaksuta vaikuttavan samanaikaisesti sillalta tulevan jarrukuorman kanssa.

3.1.2.2 Sivukuorma

Ajoneuvon vinoon tapahtuvan tai epäsymmetrisen jarrutuksen, sivusysäyksen tms aiheuttaman vaakasuoran kuorman (sivukuorman) P suuruus on 25 % kohdassa 3.1.2.1 määritellystä jarrukuormasta.

Sivukuorman oletetaan vaikuttavan ajoradan tasossa sillan mielivaltaisessa kohdassa kohtisuoraan tien pituussuuntaan vastaan.

3.1.2.3 Keskipakokuorma

Ajoneuvojen aiheuttaman vaakasuoran keskipakokuorman P_c oletetaan esiintyvän samanaikaisesti kuormakaavio 1 kanssa.

Keskipakokuorman suuruus on $P_c = \frac{40}{R} V$, kuitenkin enintään 0,2 V,

missä R on vaakasuoran kaarteiden säde (m) ja V on kuormaryhmästä ja tasaisesti jakautuneesta kuormasta aiheutuvat pystysuorat kuormat.

Keskipakokuorman oletetaan vaikuttavan ajoradan tasossa.

Keskipakokuormaa ei tarvitse ottaa huomioon, kun $R > 1500$ m.

3.1.3 Törmäyskuormat

Törmäyskuormat määritetään kohdan 3.8 mukaan.

3.2 Kevyen liikenteen sillan liikennekuorma

3.2.1 Pystysuorat kuormat

Jalankulku- ja polkupyöräliikenteen sekä kunnossapidosta aiheutuvan huoltoliikenteen aiheuttamat kuormat sysäyksistä johtuva lisäys mukaanluettuina määritetään käyttäen kuormakaaviota 1 ja 2. Kuormakaaviot 1 ja 2 ovat vaihtoehtoisia.

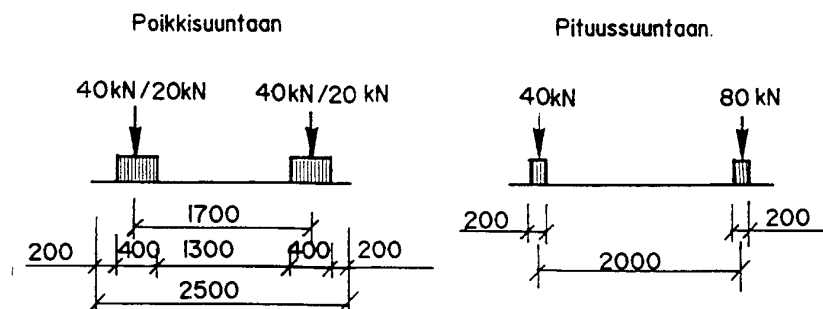
Rakenteen jokainen osa mitoitetaan sille kaaviolle, joka antaa määrävän vaikutuksen.

Kuormakaavio 1

Tasainen pintakuorma, jonka suuruus on 4 kN/m^2 , on liikkuva kuorma ja se sijoitetaan sillan pituus- ja poikkisuunnassa siten, että saavutetaan määrävä vaikutus.

Kuormakaavio 2

Kuormakaavio 2 on telikuorma, joka muodostuu kahdesta akselikuormasta, joiden suuruus on 40 ja 80 kN. Akselien väli on 2,0 m ja pyörien keskiöväli 1,7 m. Pyörän suorakaiteen muotoisen kosketuspinnan suuruus on 0,2 m ajosuunnassa ja 0,4 m kohtisuorassa tätä vastaan (kuva 7).



Kuva 7. Kuormakaavio 2

Kuormakaavio 2 sijoitetaan sillan pituus- ja poikkisuunnassa siten, että saavutetaan määräävä vaikutus. Kosketuspinnan pienin keskiöetäisyys kaiteeseen tai muuhun esteeseen on 0,4 m.

Jos sillan hyötyleveys on pienempi kuin 2,5 m tai jos sillan keskiosa ei muusta syystä tule kuormitetuksi kuormakaaviolla 2, sijoitetaan sillalle pyöräkuorma 20 kN, jonka kosketuspinnan ala on 0,2 m * 0,2 m. Jos sillan päissä on portaat siten, että sillalle ajaminen on mahdotonta, voidaan käyttää 20 kN:n kuormaa mitoituskuormana myös silloille, joiden hyötyleveys on suurempi kuin 2,5 m. Pyöräkuorma voi sijaita missä tahansa sillalla, ei kuitenkaan 0,4 m lähempänä kaidetta tai muuta estettä.

Pystysuoran liikennekuorman vaihtorasitustarkasteluissa käytettävä osuus määritellään siltakohtaisesti siltaa käyttävän ajoneuvoliikenteen perusteella.

Jos siltaa kuormittavat kevyen liikenteen lisäksi ainoastaan huoltoajoneuvot, voidaan vaihtorasitustarkasteluissa käyttää kuormakaaviota 2 ja otaksua sen ylitysmääräksi $5 \cdot 10^5$.

3.2.2 Vaakasuorat kuormat

3.2.2.1 Kuorma sillan pituussuunnassa

Ajoneuvon jarrutuksen tai kiihdytyksen aiheuttaman tai muun sillan pituussuuntaisen, vaakasuoran kuorman P suuruus on

- 50 kN, kun sillan hyötyleveys $\geq 2,5$ m
- 20 kN, kun sillan hyötyleveys $< 2,5$ m tai kun sillalle ajaminen on mahdotonta portaiden tai muun syyn takia.

Vaakakuorman oletetaan vaikuttavan tien pituussuunnassa ajoradan tasossa ja sen voidaan olettaa jakautuvan tasaisesti koko ajoradan leveydelle. Mitoitettaessa yksittäisiä rakenneosia esim. liikuntasaumalaitteita, voidaan vaakakuorma jakaa kahdeksi erilliseksi yhtä suureksi osakuormaksi, joiden keskiöetäisyys on 1,7 m.

3.2.2.2 Sivukuorma

Sivukuorman suuruus on 25 % kohdassa 3.2.2.1 määritellystä vaakakuormasta. Sivukuorman oletetaan vaikuttavan ajoradan tasossa, sillan mielivaltaisessa kohdassa, kohtisuoraan tien pituussuuntaa vastaan.

3.2.3 Törmäyskuorma

Jos on olemassa ajoneuvon törmäysvaara, mitoitetaan sillan rakenteet kohdassa 3.8.1 määritellylle törmäyskuormalle.

3.3 Liikennekuorman aiheuttama maanpaine

Liikennekuorman aiheuttama maanpaine voidaan yleensä koko rakennetta koskevissa tarkasteluissa laskea käyttäen kohdassa 3.1.1.4 esitettyjä pinta-kuorman arvoja.

Tarkasteltaessa liikennekuorman paikallisia vaikutuksia, selvitetään tarvittaessa pyöräkuormien jakautumista tarkemmin.

3.4 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.

Kumilevylaakerin sivuvastus määritetään ohjeen "Kumilevylaakerien suunnittelu" mukaan (ks. ohje Sillansuunnittelun täydentävät ohjeet).

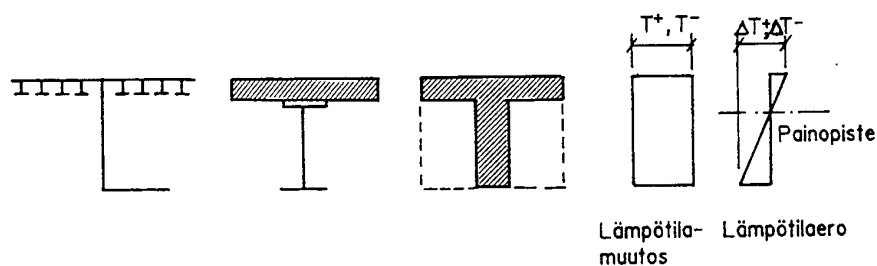
3.5 Lämpötilan muutos ja epätasainen lämpötila

Rakenteen ylin ja alin keskilämpötila T^+ ja T^- voidaan arvioida taulukon 1 avulla. (Arvot T^+ ja T^- ovat luonteeltaan ääriarvoja ja soveltuvat sellaisenaan liikevarojen mitoittamiseen).

Rakenteen ylä- ja alapinnan välinen lämpötilaero ΔT^+ ja ΔT^- voidaan arvioida kuvan 8 ja taulukon 1 avulla. Lämpötilaeron voidaan yleensä olettaa jakautuvan suoraviivaisesti. Liittopalkkisilloissa otaksutaan vaihtoehtoisesti hyppäyksellinen ero $+5^\circ\text{C}$ tai -5°C betonilaatan ja teräspalkin välillä. Rakenteissa, joissa lämpötilaerolla on suuri merkitys verrattuna muihin kuormiin, arvioidaan lämpötilaeron jakautuminen tarkemmin.

Teräsosista ja betonista kootussa rakenteessa, kuten betonikaareissa, jossa on teräksinen vetotanko, otaksutaan lämpötilaeroksi osien välillä 20°C .

Betonisessa rakenneosassa, kuten kotelopalkin seinässä, otaksutaan lämpötilaeroksi sisä- ja ulkopintojen välillä 5°C .



Kuva 8. Lämpötilaero ΔT^+ ja ΔT^-

Taulukko 1. Rakenteen keskilämpötila ja lämpötilaero

Rakennetyyppi (Pääkannattimet)	Rakenteen ylin ja alin keski- lämpötila (°C)		Lämpötilaero (°C) (positiivisen lämpö- tilan ollessa korke- ampi yläreunassa)	
	T^+	T^- Alue1 Alue2	ΔT^+	ΔT^-
Teräskantinen teräksinen kotelopalkki tai I-palkki	+45	-35 -40	+20	-5
Betonikantinen teräksinen kotelopalkki tai I-palkki	+35	-30 -35	+10	-5
Betoninen laattapalkki tai kotelopalkki Betonilaatta	+25	-25 -30	+10	-5

Alue 1: Linjan Oulu-Kuopio-Lappeenranta länsipuoli

Alue 2: Edellä mainitun linjan itäpuoli

3.6 Tuulikuorma

Silloille, joiden korkeus ympäröivästä maanpinnasta tai vedenpinnasta on korkeintaan 30 m, käytetään seuraavia yksinkertaistettuja sääntöjä. Tuulikuormaksi otaksutaan $w = 1,6 \text{ kN/m}^2$ 10 metrin korkeuteen asti ja $w = 2,0 \text{ kN/m}^2$ 30 metrin korkeudella ympäröivästä maan tai vedenpinnasta. Tuulikuormat tältä väliltä olevalla korkeudella saadaan suoraviivaisesti interpoloidulla.

Toistuviin peräkkäisiin rakenteisiin voidaan otaksua kohdistuvan tuulikuorman, jonka suuruus on

$0,5 \cdot w$, kun suojaavan rakenteen eheyssuhde on $m \geq 0,6$

$1,0 \cdot w$, kun suojaavan rakenteen eheyssuhde on $m \leq 0,1$.

Väliarvot saadaan interpoloimalla suoraviivaisesti.

Eheyssuhde $m = \frac{A_c}{A_u}$, jossa

A_c = rakenteen projektiopinta-ala ja

A_u = rakenteen ääriviivojen sisäpuolelle jäävä pinta-ala.

Siltaan, jolla on ajoneuvoja, otaksutaan vaikuttavan 50 % edellä mainituista arvoista. Ajoneuvojen otaksutaan vastaavan suorakaiteen muotoista pintaa, jonka korkeus on 2 metriä ajoradan yläpinnasta.

Jos vaarallisempi vaikutus saavutetaan, otaksutaan tuulikuorman 30 %:lla vähennettynä vaikuttavan suuruutensa ja sijaintinsa puolesta mielivaltaisesti valittuihin pintoihin.

Tuulikuorman otaksutaan pääsääntöisesti vaikuttavan kohtisuoraan pintaa vastaan.

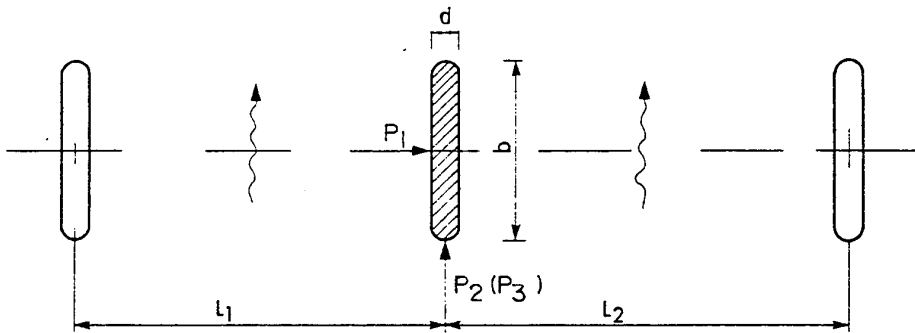
Erikoisrakenteisissa silloissa kuten riippu- ja vinoköysisilloissa määritetään tuulikuorma tapauskohtaisesti.

3.7 Jääkuorma

Siltarakenne mitoitetaan 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 9). Jääkuormien P_1 ja P_2 ei oleteta vaikuttavan samanaikaisesti.



Kuva 9. Jääkuorma

Jääkuorman P_1 suuruus määritetään kaavasta

$$P_1 = b \cdot i_1$$

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 :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

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

jossa

l_1 ja l_2 ovat etäisyydet tarkasteltavalta pilarilta viereisiin pilareihin

i_2 = 20 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

$$P_3 = 1000 \cdot h \cdot d \text{ (kN)}$$

jossa

h = jään paksuus tarkasteltavassa kohdassa (m)

Jään paksuudeksi ei kuitenkaan oleteta enempää kuin 1,0 m

d = siltapilarin paksuus (m)

Rakenteeseen tarttuva jää aiheuttaa vedenpinnan korkeuden vaihdellessa näille pystysuoria kuormia. Kuormien suuruus arvioidaan tapauskohtaisesti.

3.8 Törmäyskuorma

3.8.1 Ajoneuvoliikenteen törmäys

3.8.1.1 Törmäys alusrakenteisiin

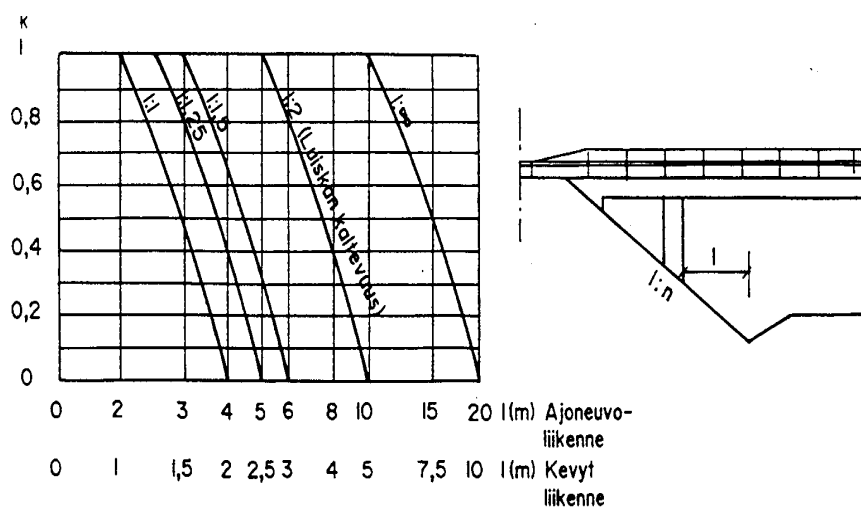
Jos on olemassa raskaan ajoneuvon törmäysvaara sillan alusrakenteisiin, otetaan törmäyksestä aiheutuva kuorma huomioon mitoittamalla rakenteet staattiselle vaakasuoralle törmäyskuormalle. Kuorman suuruus tien pituussuunnassa 1000 kN ja kohtisuoraan tätä vastaan 500 kN ajoneuvoliikenteen teillä ja 150 kN kevyen liikenteen teillä. Kuormien otaksutaan vaikuttavan 1 m:n korkeudella ajoradan pinnasta, eikä niiden otaksuta vaikuttavan samanaikaisesti.

Törmäysvaaraa ei katsota olevan

- ajoneuvoliikenteen tiellä, kun rakennetta suojaa korkea sillankaide
- kevyen liikenteen tiellä, kun rakennetta suojaa tiekaide

Jos rakennetta suojaa tiekaide ajoneuvoliikenteen tiellä, voidaan törmäyskuorma ottaa huomioon puolella arvolla.

Sillan alusrakenteen sijaitessa kaukana ajoradan reunasta tai ylöspäin viettävässä luiskassa, voidaan törmäyskuormaa pienentää kertomalla kohdassa 3.8.1.1 mainitut arvot kertoimella k , jonka suuruus saadaan kuvasta 10.



Kuva 10. Törmäyskuorman pienennyskerroin k
Mitta l on sillan alusrakenteen kohtisuora etäisyys luiskan juuresta tai, maanpinnan ollessa vaakasuora, pientareen ulkoreunasta.

3.8.1.2 Törmäys päällysrakenteeseen

Sillan päällysrakenne, joka sijaitsee vähemmän kuin 1 m alitse kulkevalle tielle määritellyn vapaan korkeuden yläpuolella, mitoitetaan tapauskohtaisen harkinnan perusteella törmäyskuormalle, jonka suuruus on 300 kN ajoneuvoliikenteen tiellä ja 45 kN kevyen liikenteen tiellä.

Päällysrakenteeseen kohdistuva törmäysvaara voidaan poistaa rakenteellisilla esteillä.

3.8.2 Junaliikenteen törmäys

Junaliikenteestä aiheutuva törmäyskuorma määritellään Ratahallintokeskuksen Rautatiesiltojen suunnitteluohjeissa (RSO).

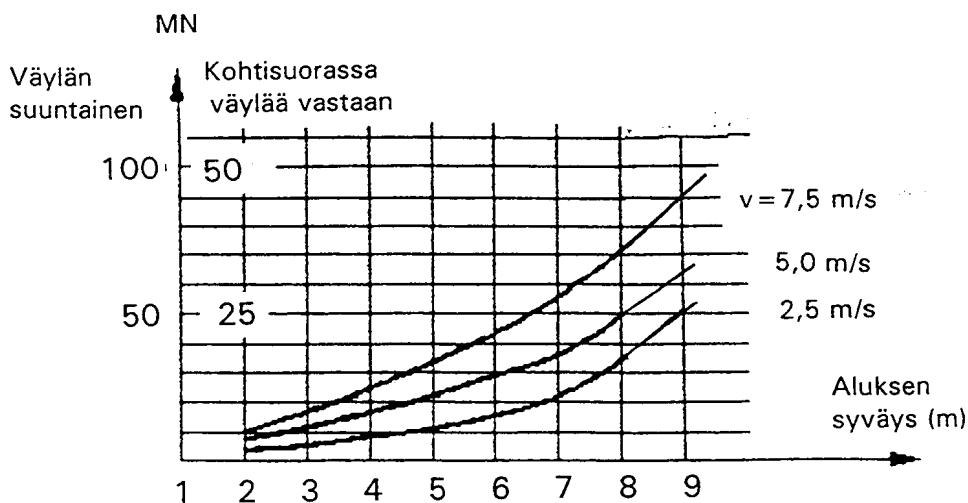
3.8.3 Aluksen törmäys

Jos on olemassa vaara, että alus törmää siltapilariin, mitoitetaan pilari törmäykselle.

Törmäyskuorman suuruus riippuu aluksen muodosta ja koosta, kuormasta, nopeudesta, törmäyssuunnasta sekä siltarakenteen massasta ja joustavuudesta.

Törmäyskuormien oletetaan vaikuttavan vedenpinnan tasossa joko pilarin pituus- tai poikkisuuntaan. Törmäyskuorman suuruus määritetään tapauskohtaisen harkinnan perusteella väylää käyttävien alusten perusteella.

Merialueella voidaan apuna käyttää kuvan 11 mukaisia kuormia. (Sisävesien alusten törmäyskuormista on tekeillä selvitys).



Kuva 11. Törmäyskuorman suuruus aluksen törmätessä siltapilariin

Aluksen törmäysvaaraa siltapilariin voidaan vähentää laivajohteilla.

3.9 Tukien siirtyminen

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.

Maanpaineen tai muiden vaakasuorien kuormien rasittamien maanvaraisten perustusten siirtymät arvioidaan erikseen. Kalliolle perustetut tuet oletetaan vaakasuunnassa siirtymättömiksi. Maanvaraisten maatumien siirtymän vaakasuorassa suunnassa oletetaan olevan aina vähintään 10 mm.

3.10 Avattavaa siltaa koskevat erityisohjeet

Sysäykset

Siltaa avattaessa ja suljettaessa esiintyvistä epätasaisesta liikkeestä aiheutuvan sysäyksen suuruudeksi otaksutaan kentittäin 10 % rakenteen painosta. Sysäyksen oletetaan vaikuttavan tukirakenteisiin saman suuruisena, mutta vastakkaissuuntaisena. Onnettomuuskuormana otetaan huomioon käyttöhäiriöistä aiheutuvat törmäykset puskureihin. Käyttöhäiriöstä johtuen määrätyillä siltatyypeillä saattaa siltaa avattaessa tai suljettaessa esiintyä tilanteita, joissa sillan jarrutus ei toimi, jolloin silta voi kulkea täydellä nopeudella kiinni- tai aukiasentoon. Esimerkiksi kääntösilloissa on silta voitava pysäyttää sellaisilla laitteilla, jotka ottavat sillan liike-energian. Laitteet on valittava siten, että törmäyksessä syntyvien voimien vaikuttaessa sillalla on riittävä varmuus murtoon ja vakavuuden menetykseen nähden.

Tuulikuorma

Avatun sillan tuulikuormaksi oletetaan $1,0 \text{ kN/m}^2$. Koneistoja mitoitettaessa oletetaan tuulikuormaksi $0,50 \text{ kN/m}^2$, jolla kuormalla silta on voitava avata. Koneiston on pidettävä silta paikoillaan tuulikuorman arvolla $1,0 \text{ kN/m}^2$.

Lumikuorma

Lumikuorman suuruudeksi oletetaan kentittäin läppäsilloissa $0,25 \text{ kN/m}^2$ ja kääntösilloissa $0,15 \text{ kN/m}^2$.

Päällysteen kuluminen

Läppäsiltoihin rakennetaan sillan tasapainon säätö esim. rakenteeseen sijoitetuilla irtopainoilla. Säätömahdollisuus mitoitetaan vastaamaan sillan kulumisen ja uudelleen päällystämisen vaikutusta. Laskelmissa käytetään seuraavia arvoja:

- päällysteen kuluminen $0,15 \text{ kN/m}^2$
- päällysteen painon lisäys $0,10 \text{ kN/m}^2$

4 KUORMIEN YHDISTELY

4.1 Yleistä

Useiden kuormien vaikuttaessa samanaikaisesti on kuormayhdistelmät ja varmuuskertoimet sekä kuormien sijoittelu valittava siten, että eri rakenteille ja rakenneosille tulee suurimmat mahdolliset vaikutukset.

Kuormat, jotka ovat suoranaisesti riippuvaisia toisistaan ja usein esiintyvät samanaikaisesti maksimiarvolla kun ne esiintyvät, lasketaan yhdistelyissä yhdeksi kuormaksi.

Kuormia, jotka sulkevat pois toisensa, ei oteta mukaan samaan kuormayhdistelmään.

Pystysuoran liikennekuorman kaaviot 1, 2 tai 3 sekä raskas erikoiskuorma ovat vaihtoehtoisia kuormia, joiden ei otaksuta esiintyvän samanaikaisesti.

Pystysuora liikennekuorma voi esiintyä sillan kannella samanaikaisesti kuin liikennekuorma tiepenkereellä.

Pystysuora liikennekuorma voi esiintyä kuormayhdistelmissä ilman liikenteestä aiheutuvia vaakasuoria kuormia tai yhdessä niiden kanssa. Yhdistelyissä vaakasuorat kuormat kuuluvat ryhmään "Muu muuttuva kuorma".

Yleensä liikenteestä aiheutuva vaakasuora kuorma ei vaikuta ilman samanaikaisesti esiintyvää pystysuoraa liikennekuormaa. Ne eivät kuitenkaan aina kuormita samaa rakenneosaa. Esim. jarrukuorma voi välittyä kauempana sillalla olevasta ajoneuvosta tai maanpaine voi aiheutua liikenteestä, joka on maatuen peruslaatan takana eikä aiheuta maatukeen pystysuoria kuormia.

4.2 Rajatilamitoitus

Murtorajatilatarkasteluissa rakenteet mitoitetaan vaarallisimmalle kuormayhdistelmälle. Mitoituskuorma q_d määritetään kaavasta

$$q_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} g_i + \gamma_{q1} q_{k1} + \gamma_{q2} q_{k2} + \sum_{i=3}^n \gamma_{qi} q_{ki} \quad (4.1 \text{ a})$$

Kaavan merkinnät on määritelty taulukossa 4.1.

Kaavan 4.1 a mitoitusehdon lisäksi rakenne tarkastellaan mitoituskuormalle

$$q_d = 1,35 \sum_{i=1}^m g_i \quad (4.1 \text{ b})$$

Taulukko 4.1 Kuorman osavarmuuskertoimet murtorajatilatarkasteluissa

Kuorma	Kuorman symboli	Osavarmuuskertoimen symboli	Osavarmuuskerroin
Pysyvä kuorma	g_i	γ_{gi}	1,2 tai 0,9
Pystysuora liikennekuorma	q_{k1}		
- kaaviot 1, 2, 3		γ_{q1}	1,8
- raskas erikoiskuorma		γ_{q1}	1,4
- kuorma tiepenkereellä		γ_{q1}	1,8
- kevyen liikenteen sillan liikennekuorma		γ_{q1}	1,8
Yksi muu muuttuva kuorma	q_{k2}		
- muuttuva kuorma yleensä		γ_{q2}	1,6
tai			
- jääkuorma		γ_{q2}	1,3
Muut muuttuvat kuormat	q_{ki}	γ_{qi}	0,8

Vaihtoehtoisista pysyvän kuorman osavarmuuskertoimista valitaan koko rakenteelle se, joka antaa määrävän vaikutuksen. Saman rakenteen eri osille käytetään aina samaa pysyvän kuorman osavarmuuskerrointa.

Jos kuormayhdistelmään kuuluu onnettomuuskuorma, määritetään mitoituskuorma kaavasta

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_a + \sum_{i=1}^n 0,5q_{ki} \quad , \quad \text{jossa} \quad (4.2)$$

q_a on onnettomuuskuorma.

Muut merkinnät ovat kaavan 4.1 mukaiset. Kuormayhdistelmään otetaan kerrallaan vain yksi onnettomuuskuorma. Kuormiin q_{ki} otetaan mukaan ne muuttuvat kuormat, joiden pitkäaikaisosuus on $\geq 50 \%$.

Käyttörajatilatarkasteluissa mitoituskuorma q_d määritetään seuraavasti:

Pitkäaikaiset vaikutukset

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + \sum_{i=1}^n \psi_i q_{ki} \quad (4.3)$$

ψ_i = muuttuvan kuorman pitkäaikaisosuus

Lyhytaikaiset vaikutukset

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_{k1} + q_{k2} + \sum_{i=3}^n 0,5 q_{ki} \quad (4.4)$$

Kaavojen 4.3 ja 4.4 merkinnät ovat samat kuin kaavan 4.1 merkinnät. Rakenne tarkistetaan tarvittaessa erikseen pitkäaikaiselle ja lyhytaikaiselle kuormayhdistelmälle. Eri kuormien pitkäaikaisosuudet on annettu taulukossa 4.2.

Käyttörajan raja-arvot (esim. sallittu taipuma, sallittu halkeaman leveys) annetaan kyseistä rakennusainetta koskeissa kantavien rakenteiden ohjeissa.

Taulukko 4.2 Kuormien pitkäaikaisosuudet

Kuorma	Pitkäaikaisuus
Pysyvä kuorma	1
Pystysuora liikennekuorma lisineen	0 tai 0,3 ¹⁾
Jarrukuorma, sivukuorma	0
Keskipakokuorma	0 tai 0,3 ¹⁾
Liikennekuorman aiheuttama maanpaine	0 tai 0,3 ¹⁾
Laakerikitka	0,5
Lämpötilaero	0
Lämpötilan vaihtelu	0
Tuuli	0
Jääkuorma	0,2
Tukien siirtyminen	1
Törmäyskuorma	0

¹⁾ Arvoista valitaan määräävä

4.3 Mitoitus sallittuja jännityksiä käyttäen

Mitoitettaessa rakenteita sallittuja jännityksiä käyttäen mitoituskuorma määritetään kaavasta.

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_{k1} + q_{k2} + \sum_{i=3}^n 0,5 q_{ki} \quad (4.5)$$

Kaavan 4.5 merkinnät ovat samat kuin kaavan 4.4 merkinnät. Sallitut jännitykset ja muut tarvittavat materiaaliarvot annetaan asianomaisen rakennusaineen kantavien rakenteiden ohjeissa tai asianomaisia rakenteita koskevis-
sa ohjeissa.

Raskaan erikoiskuorman osalta voidaan käyttää 0,85-kertaisia ominaiskuorman arvoja.

Onnettomuuskuorma lasketaan kaavasta 4.2.

4.4 Kokonaisvarmuuskerroinmenetelmä

Mitoituskuorma määritetään kuten kohdassa 4.3.