



BETONIELEMENTTIEN KULJETUS: KUORMAN VARMISTAMINEN

- Tiivistelmä kuljettajalle

betoni

Betonielementtien kuljetus: kuorman varmistaminen

- Tiivistelmä kuljettajalle

Betonielementtien kuljettaminen vaatii erikoiskalustoa ja osaamista. Liikenteen ja kuljetushenkilöstön turvallisuudesta on pidettävä huolta. Tämä toteutetaan huolehtimalla lastaus- ja purkuolosuhteista, kalustosta, sidontavälineistä, riittävistä tuotekohtaisista käsittelyohjeista ja kuljetuksiin osallistuvan henkilöstön koulutuksesta sekä erityisesti riittävästä tiedonsiirrosta eri osapuolten välillä elementin suunnittelijasta aina työmaalla toimiviin alamiehiin ja elementtiasentajiin asti.



Ohjeen on kirjoittanut Tom Johnsson Betoniteollisuus Ry:n tilauksesta työryhmässä, johon ovat kuuluneet seuraavat henkilöt:

Janne Kihula, pj.	Betoniteollisuus ry
Marko Leskinen HY	Transport Oy
Rauno Lind	Rakennuskuljetus Teuvo Lind ky
Toni Torpakko	Consolis Parma Oy
Pekka Ruotsalainen	Lujabetoni Oy
Juha Merjama	Tapaturva Oy
Tom Johnsson	Tapaturva Oy

Tammikuu 2025
Betoniteollisuus ry

Sisältö

1	Lait, määräykset ja säännöt.....	3
1.1	Työturvallisuus ja kuljettajien toiminta.....	4
2	Betonielementtien varmistaminen kuljetuksen aikana	5
2.1	Ohjeessa käytettyjä yksiköitä ja termejä:.....	5
2.2	Kuorman ja kuljetusalustan välinen kitka on pyrittävä maksimoimaan.	5
2.3	Kuorman varmistamiseen käytetyt rakenteet ja välineet tulee olla kunnossa.....	6
2.4	Kuorman varmistamista koskevat yleiset vaatimukset	7
2.5	Kuorman varmistamisen mitoitusperusteet tässä ohjeessa	8
2.6	Ylisidonta (kitkasidonta).....	9
2.7	Suorasidontamenetelmät	11
2.7.1	Pituus- tai poikittaissuuntainen vinosidonta.....	11
2.7.2	Ristikkäisvinosidonta.....	13
2.7.3	Valjassidonta	14
3	Tuoteryhmäkohtaiset kuljetus- ja sidontaohjeet.....	16
3.1	Ontelo-, kuori- ja massiivilaatat	16
3.2	TT- ja HTT-laatat	17
3.3	Teräsbetoniset palkit, pilarit ja paalut.....	18
3.4	Jännebetoniset suorakaide- ja leukapalkit.....	18
3.5	Jännebetoniset I- ja HI-palkit	19
3.6	Seinäelementit.....	20
3.7	Ratapölkkyt, maatalouden siilo- ja säiliöelementit.....	22

1 Lait, määräykset ja säännöt

Maantieliikenteessä elementtikuorma tulee olla varmistettuna siten, etteivät elementit pääse liikkumaan tai kaatumaan kuljetuksen aikana kuormaan vaikuttavien voimien vaikutuksesta. Elementtikuormat on maantiekuljetuksissa tuettava ja sidottava standardin EN-12195-1 mukaisesti.

Lähtetäjän, kuljetusliikkeen ja kuljettajan vastuusta ja tehtävistä annetaan Tieliikennelaissa ja Työturvallisuuslaissa seuraavia ohjeita:

- **Lähtetäjä** vastaa tuotteen lastauksen ja purun käsittelyohjeista sekä siitä, että tuotteissa olevat elementin valmistajan määrittämät sidontapisteen kestävät kuljetuksen aikana niihin kohdistuvat voimat.
- **Kuljetusliike** vastaa lähtetäjän toimittamien tuotetietojen perusteella siitä, että kuljetukseen käytettävä ajoneuvo, kalusto ja välineet soveltuvat tehtävään ja kuljetettavalle tavaralle.
- **Kuljettajan** on mahdollisuuksien mukaan arvioitava tehtaalla valmiiksi niputettujen elementtien valmiskuormien tieliikennekelpoisuus. Tällaisen nipun hajoamisen estämiseen sidonnalla tulee kiinnittää erityistä huomiota. Valmiskuormien osalta myös lähtetäjällä voi olla vastuita liittyen mm. valmiskuormien niputuksessa käytettyjen välineiden kuntoon sekä kuljettajalta piiloon jäävistä epäkohdista nipussa. Esimerkiksi irtotavaraa, joka voi irrota liikenteessä ei saa olla.
- **Lähtetäjän ja kuljetusliikkeen** on huolehdittava siitä, että heidän palveluksessaan olevilla kuormaukseen ja kuljetukseen osallistuvilla henkilöillä on oikeat ja riittävät tiedot kuormattavasta tavarasta, ajoneuvosta ja välineistä sekä siitä, että henkilöt tuntevat työtehtäviensä koskevat kuormausta ja kuljetusta koskevat ohjeet, säännökset ja määräykset.

Yleiset ohjeet lähtetäjän ja kuljettajan vastuista tieliikenneturvallisuudesta:

1. Kuljettaja kuormaa tavarankokonaan itse (nostaa lavalle, sijoittaa ja kiinnittää/tukee)
=> kuljettaja vastaa kuorman liikenneturvallisuudesta
2. Lastaaja nostaa/siirtää tavarankokonaan kuljettajan lastausohjeiden mukaisesti. Kuljettaja kiinnittää ja tukee lastin
=> kuljettaja vastaa kuorman liikenneturvallisuudesta
3. Lastaaja tai kuljettaja kuormaa tavarankokonaan ja tukee tai kiinnittää sen toimeksiantajan ohjeiden mukaisesti. (tällainen tilanne voi syntyä erityistapauksissa betonielementtien kuljetuksessa)
=> sekä ohjeiden antaja että kuljettaja vastaavat kuorman liikenneturvallisuudesta
4. Kuljettajalle jää velvollisuuksia silloinkin, kun joku muu on kuorman nostanut ja sijoittanut tavarankokonaan.
=> kuljettajan on mahdollisuuksien mukaan aina varmistuttava, ettei kuorman sijoittelussa ja kiinnityksessä ole selvästi havaittavia puutteita, jotka voivat vaarantaa liikenneturvallisuutta.

Kuljettajalla on oikeus ja velvollisuus kieltäytyä kuljettamasta liikenneturvallisuutta tai kuorman laillisuutta vaarantavaa kuormaa.

Kuljettajan tehtävänä on varmistaa kuorman purun turvallisuus niiltä osin, kun se kuljettajalle on mahdollista. Kuljettajan tulee esimerkiksi varmistaa, että purku tapahtuu oikeassa järjestyksessä eikä sidontaa avata, jos sen avaaminen voi vaarantaa purkutapahtuman.

- Kuljettaja voi kiinnittää nostoapuvälineen työmaan valvonnassa ja vastuulla, mutta alamiehen on oltava työmaalta. Tällaisessa tapauksessa kuljettajalla on oltava oman työnantajansa kirjallinen lupa asennusnosturissa olevan nostoapuvälineen kiinnittämiseen.
- Työmaan alamies antaa ohjeet työmaan nosturille. Eli vastuu nostoista on työmaalla koko purkutapahtuman ajan.
- Kuljettajan on keskeytettävä nosto, mikäli hän havaitsee puutteen esim. nostoelimestä, nostovälineestä tai työympäristössä.
- Betonteollisuuden alamiesohje: https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/06/Alamiesohje_16-6-2020.pdf.

Kuljettajan osallistuminen kuorman purkuun on syytä sopia kirjallisesti etukäteen.

Työmaaperehdytys

Kuljettaja on perehdytettävä purkupaikkaan niiltä osin, kun se liittyy kuorman purkuun kuten purkupaikan välineisiin, purkupaikkaan putoamissuojauksineen, ajoneuvon saapumiseen/kääntämiseen/poistumiseen työmaalta, liikenteenohjauskäytännöt, kuljetusdokumenttien käsittely ja työmaan edellyttämät varusteet.

1.1 Työturvallisuus ja kuljettajien toiminta

Kuljettajalla tulee olla lastaus- ja purkupaikalla työn edellyttämien henkilönsuojainten lisäksi aluetta hallinnoivan työnantajan vaatimat varusteet ja todistukset. Rakennustyömaalla aina edellytetyjä henkilönsuojaimia ovat leukahihnalla varustettu kypärä, silmiensuojaimet, turvakengät ja näkyvä 2-luokan vaatetus yläosassa. Tie- ja katualueilla työskenneltäessä on oltava 3-luokan näkyvä vaatetus, jossa heijastimia myös lahkeissa (SFS-EN ISO 20471).

Kadulta purettaessa tulee olla varoitusvilkut. Purkualueen rajausta tulee tehdä työmaan toimesta ja sivullisten pääsy purun vaara-alueelle on oltava estettynä. Kadulta purettaessa työmaan on hankittava purkuun lupa. Jos ajaminen purkupaikalle tai sieltä pois edellyttää peruuttamista muun liikenteen sekaan, järjestää työmaa liikenteen ohjauksen. Lisäksi järjestelyissä on huomioitava muut lähellä olevat työt.

Kuljettaja ilmoittautuu työmaalla ja esittää kuormakirjan. Mahdollisesta myöhästymisestä ilmoitetaan ensi tilassa vastaanottajalle sekä kuljetussuunnittelijalle. Vastaanottokuittaus, mahdolliset varaumat ja odotukset merkitään kuormakirjaan. Kuljettaja ei ota kantaa tuotelaatuun, vaan soittaa tarvittaessa toimittajalle.

Elementtien nosto kuormasta tapahtuu yrityskohtaisten asennusohjeiden mukaan. Koukkua kiinnittävällä tulee olla oman työnantajansa kirjallinen lupa, yrittäjäkuljettaja voi kirjoittaa luvan itselleen. Elementtien tulee olla sidottuina loppuun asti, ts. oikea purkujärjestys (kallistukset, painopiste) on otettava huomioon. Käytännössä kuljettaja päättää purkujärjestyksen kuormasta ja irrottaa sidonnat vasta, kun elementti on luotettavasti kiinnitetty nosturiin.

Kuljettajan on viipymättä ilmoitettava havaitsemistaan turvallisuuspuutteista omalle työnantajalleen.

Kuljettajan on noudatettava lähettäjän turvallisuusohjeita lastauspaikalla ja vastaanottajan turvallisuusohjeita kuorman purkupaikalla, oman työnantajansa turvallisuusohjeiden lisäksi.

2 Betonielementtien varmistaminen kuljetuksen aikana

Ajoneuvossa oleva kuorma ei saa kuljetuksen aikana siirtyä, kaatua tai pudota. Kuorma varmistetaan yleensä tukemalla ja sitomalla. Elementtikuormien maantiekuljetuksissa kuljetuksen aikainen tärinä aiheuttaa sitomattoman kuorman liikkumista.

Betonielementit tulee tukea ja sitoa eteenpäin voimalla, joka on 80 % kuorman painosta sekä sivulle ja taaksepäin voimalla, joka on 50 % kuorman painosta tai jos kuorma voi kaatua 60 % kuorman painosta.

Kuorma asetetaan lähtökohtaisesti kiinni kuormakorissa oleviin tukirakenteisiin. Yleisessä tuennassa tyhjät kohdat täytetään tukimateriaalilla, joka ei muuta muotoaan tai kutistu pysyvästi. Betonielementtien ja muunlaisten tiiviiden ja jäykkien kuorman osien väliin ei saa jäädä tyhjää tilaa tai muuten jokainen kuorman osa on sidottava erikseen.

2.1 Ohjeessa käytettyjä yksiköitä ja termejä:

- LC-arvo = sidontakyky, joka yleensä annetaan voiman yksikössä daN (dekaNewton).
- S_{TF} -arvo = sidontavälineen kiristysvoima, kun se on kiristetty sidontavälineen kiristimellä normaaliin käsikireyteen. Yleensä annettu voiman yksikössä daN. S_{TF} -arvo eri sidontavälineillä on yleensä välillä $0,1 \times LC - 0,5 \times LC$ ja määräytyy sidontaketjun ja siinä käytetyn kiristimen perusteella valmistajan ilmoituksen mukaisesti.
- S_{HF} -arvo = kiristimen normaali käsikireys, yleensä 50 daN.
- Eräitä yksikkömuunnoksia: $1 \text{ daN} \approx 1 \text{ kg}$
 $1 \text{ tonni (1 000 kg)} \approx 1 \text{ 000 daN} = 10 \text{ kN (kiloNewton)} = 10 \text{ 000 N (Newton)}.$

Huom! Tässä ohjeessa on käytetty sidontavoimia laskettaessa useista muista ohjeista poikkeavia kuormanvarmistuksen sidontakulmia. Mikään ei estä käyttämästä sidontavoimien määrittämiseen muita standardin EN-12195-1 mukaisia ohjeita kuorman varmistamiseksi, kunhan noudatetaan niissä esitettyjä sidontakulmia.

2.2 Kuorman ja kuljetusalustan välinen kitka on pyrittävä maksimoimaan.

Kuljetusalustan pinta saa olla kuiva tai märkä mutta sen tulee olla puhdas: ei öljyä, rasvaa tai muuta vastaavaa likaa kuten mutaa, pölyä tai hiekkaa. Kitkaa voidaan parantaa tarkoitusta varten valmistetuilla kitkamatoilla ja -materiaaleilla, mutta myös silloin pintojen on oltava puhtaat. Talviolosuhteissa on lavan ja kuorman väliseen kitkaan syytä kiinnittää erityistä huomiota mm. poistamalla lavalla ja kuorman tukipinnoilla oleva lumi ja jää.



Kuva 1. Kitkamatto valitaan sen valmistajan ilmoittaman kuormituskestävyyden perusteella (esim. 290 tonnia/m²) huomioimalla kuorman paino ja sen kosketuspinta-ala kitkamatonle.

Päällekkäin kuljetettavissa elementeissä (esim. ontelolaatat) elementtien väliin ja alle asennetaan puutuet (välipuut) sahatavarasta. Väli- ja aluspuut eivät saa keikahtaa, eli ne eivät saa olla korkeampia kuin mitä ne ovat leveitä. Muutoksiin korkeus-/leveysuhteessa voi johtaa esimerkiksi kitkamateriaalien käyttö kontaktipinnoilla. Lisäksi väli- ja aluspuiden tulee olla hyväkuntoiset (esim. ei lahoja, kulmat pyöristyneitä tai jäisiä). Sidonta koko sidontavoimalle tehdään yleensä ylimmän elementtikerroksen yli välipuiden kohdalta. Pinossa välissä olevien elementtien kitka riittää pitämään elementit paikoillaan, jos käytetyt välipuut ovat sahatavarasta. Metallipankkoa ei saa asentaa suoraan metallialustalle, vaan väliin laitetaan kitkamatto. Elementtien tukemiseksi ei kuorman välipuita tai aluspuita saa pinota päällekkäin tai tehdä muita tukivirityksiä. Kaikissa erikoistapauksissa tuenta on suunniteltava erikseen yhteistyössä elementin valmistajan kanssa.

Yleisesti elementtikuljetuksissa käytössä olevista kuljetusalustoista voidaan antaa seuraavia SFS-EN 12195-1 mukaisia arvioita kitkakertoimista:

- **Puisilla tai vaneripintailla** kuljetusalustan pinnoilla saavutetaan yleensä parhaat kitkakertoimen arvot
 - Kitkakerroin on puu- tai vaneripintailla kuljetusalustoilla 0,45, kun betonielementtien välissä on puiset välipuut ja alla aluspuut sahatavarasta tai teräksestä
- **Teräksillä** kuljetusalustoilla kitkakertoimet ovat yleensä liian pienet ilman lisätoimenpiteitä, jolloin on käytettävä kitkamattoja tai -materiaaleja kitkan parantamiseksi
 - Kitkakerroin on teräspintailla kuljetusalustoilla 0,45, kun betonielementtien välissä on puiset välipuut sahatavarasta ja kitkamatto kuljetusalustalla. Käytettäessä aluspuina terästukia (teräspankkoja) kitkamateriaali tulee laittaa molemmin puolin terästukea (sekä teräsalustaa että elementtiä vasten).
- Kun edellä mainituilla kuljetusalustoilla on käytetty aluspuina ja/tai välipuina terästukia (teräspankkoja), joiden päälle on betonielementtiä suojaamaan asetettu suojapuu sahatavarasta, on kitkakerroin 0,3 edellyttäen, että teräksistä kuljetusalustaa vasten asetetun terästuen alla on kitkamatto. Lähtökohtaisesti kitkamateriaalia laitetaan molemmin puolin terästukia, jolloin savutetaan edellisissä kohdissa mainitut kitkakertoimet.
- Talviolosuhteissa riippumatta alustasta tai kitkamattojen käytöstä on kitkakerroin enintään 0,2, kun jäätä tai lunta ei saada kokonaan poistettua kontaktipinnoilta.

2.3 Kuorman varmistamiseen käytetyt rakenteet ja välineet tulee olla kunnossa

Ajoneuvon kuormakorissa ja kuljetusalustassa olevien rakenteiden, kuten kuorman varmistamiseen käytettävien tukitolppien, etu- ja takaseinien sekä muiden tukien ja sidontapisteiden suoritusarvot tulee olla kuorman varmistuksen toteuttavan henkilön tiedossa. **Kuorman varmistamiseen saa hyödyntää vain sellaisia tukia, kiinnityspisteitä ja sidontavälineitä, joiden suoritusarvot tunnetaan.**

Suoritusarvot tulee olla myös merkittyinä kuormakorissa ja/tai ajoneuvon dokumentaatiossa. Kuorman varmistamiseen käytettyjen sidontavälineiden, kuten ketjujen ja kiristimien, suoritusarvot tulee olla merkittyinä välineeseen. Sidontatarve eri sidontamenetelmillä lasketaan kuorman varmistamiseen käytettyjen tukien, sidontavälineiden ja sidontapisteiden suoritusarvojen perusteella.



Kuva 2. Sidontapisteiden ja sidontavälineiden suoritusarvot merkittyinä välineisiin. Välineiden on oltava kunnossa. Eri sidontavälinevalmistajat ovat määritelleet ketjuille ja kiristimelle niiden suoritusarvot, jotka ovat merkittyinä välineisiin. Valmistajan ilmoittamia suoritusarvoja sekä käyttöohjeita on noudatettava kuormansidonnassa.

Lisäksi tiettyjen betonielementtityyppien kuljetuksissa käytetään kuorman sidonnassa betonielementeissä olevia kiinnityspisteitä. Tällaisissa tapauksissa myös betonielementeissä olevien kiinnityspisteiden suoritusarvot on tunnettava, koska ne voivat muodostua rajoittavaksi tekijäksi kuorman varmistamisessa. Nämä tiedot ilmoittaa valmistaja.

Sidontavälineiden ja tukien käyttö kuorman varmistamiseksi ei saa aiheuttaa vaurioita tuotteisiin, tuotteet onkin suojattava sopivalla tavalla, esimerkiksi kulmasuojilla: mikäli sidonta rikkoo tuotteen, vaikuttaa se myös kuorman varmistukseen, jos sidonta löystyy.

Käyttäjän tulee tarkastaa sidontapisteet, sidontavälineet ja muut tukirakenteet silmämääräisesti ennen jokaista käyttökertaa, viallisia ei saa käyttää. Kiristimet (vantit) vaativat huoltoa (mm. niiden puhtaanapito ja öljyäminen).

2.4 Kuorman varmistamista koskevat yleiset vaatimukset

- Kuorman sitomiseen käytettävät sidontavälineet sekä sidontapisteeet ja tuet kuljetusalustassa ovat kunnossa.
- Sidontavälineiden suoritusarvot tulee olla merkittyinä välineeseen.
- Kuljetusalustassa olevien sidontapisteiden ja tukien suoritusarvot tulee olla merkittyinä sidontapisteeseen ja tukeen tai kuljetusalustassa tai ajoneuvon mukana olevissa tiedoissa.
- Vain sellaisia sidontavälineitä, sidontapisteitä ja tukia saa käyttää kuorman sitomiseen ja tukemiseen, joiden suoritusarvot tunnetaan. Sidontapisteiden kielletyt vetokulmat on huomioitava.
- Yhteen sidontapisteeseen saa kiinnittää vain yhden sidontavälineen, mikäli sidontapisteen todistuksista ja tiedoista ei muuta johdu.
- Sidontavälineet kiristetään käsivoimin niiden käyttöohjeen mukaisesti ja huolehditaan, että niiden kuormaan kohdistama voima kohdistuu oikein. Edellinen ei toteudu, jos esimerkiksi sidontaketju ei pääse vapaasti kiristymään kuorman yli. Sidontavälineiden kireys on tarkastettava kuljetuksen aikana ja aina vähintään ensimmäisen kuljetuskilometrin jälkeen - esim. ennen tehdasalueelta poistumista.
- Sidontavälineen S_{TF} -arvo kertoo sidonnan standardinmukaisen kiristysvoiman, kun sidontavälineen kiristin on kiristetty normaaliin käsikireyteen (yleensä 50 daN). Tätä suoritusarvoa käytetään kuorman ylisidonnassa, jota kutsutaan myös kitkasidonnaksi (Standard Tension Force, EN 12195-2, -3 ja -4).
- Sidontavälineen LC-arvo kertoo sen sidontakyvystä. Tätä suoritusarvoa käytetään suorasidonnassa sekä valjas- ja silmukkasidonnassa (Lashing Capacity, EN 12195-2, -3 ja -4).
- Sidontapisteen on kestävä sidontavälineen sidontapisteeseen kohdistama voima vetosuunnassa. Jos sidontapisteen kestävä voima on pienempi kuin sidontavälineen, käytetään sidontapisteelle määritettyä sidontakykyä sidontojen laskennassa.
- Jos kuorman sidonnassa käytetään elementeissä olevia kiinnityspisteitä (esimerkiksi elementtien nostolenkit, vaijerinostolenkit, hajateräkset, parvekkeiden tms. sisäkiekureankureissa olevia pultteja, kiinnitysraudat jne.) voivat näiden suoritusarvot muodostua sidontavoimaa rajaaviksi. Nämä siis eivät ole automaattisesti kuormansidontaan soveltuvia sidontapisteitä ilman valmistajan lupaa.
- Yksittäisen siteen tai kiinnittimen irtoaminen, vaurioituminen tai löystyminen ei saa heikentää muuta kuorman sidontaa.
- Sidontavälineen kiristyslaitteet on sijoitettava niin, etteivät ne lisää ajoneuvon leveyttä.
- Sidontavyö (kuormaliina) ei saa olla ajoneuvon tai kuorman terävää reunaa vasten. Tarvittaessa sidontaväline on suojattava sopivalla tavalla, esimerkiksi kulmasuojilla.
- Myös sidontaketjut voivat vaurioitua terävistä reunoista ja tarvittaessa ketjut sekä kuorma on suojattava (Kuva 3). Kulmasuojien käyttö helpottaa myös sidontaketjujen tasaista kiristymistä reunojen yli. Lisäksi sidonta löystyy, mikäli kuormassa oleva tuote murtuu sidontaketjun vaikutuksesta kuljetuksen aikana.



Kuva 3. Sekä sidontaketjut että kuorma suojataan vaurioitumiselta.

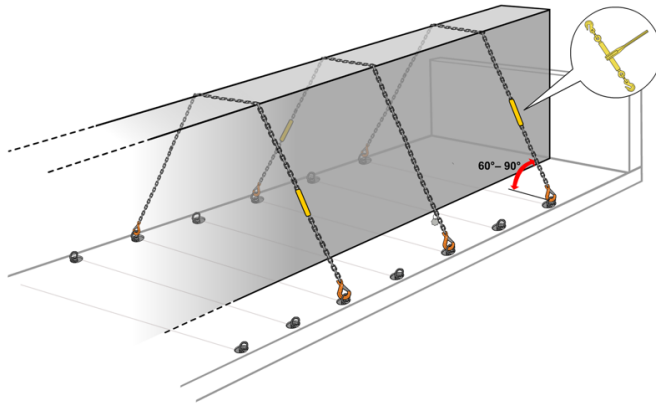
2.5 Kuorman varmistamisen mitoitusperusteet tässä ohjeessa

- Kitkakerroin puu- tai vanerialustalla ja välipuut sahatavarasta: 0,45
- Kitkakerroin teräsalustalla tai puualustalla, kun on käytössä kitkamatto ja välipuut sahatavarasta: 0,45
- Kitkakerroin puu- tai vanerialustalla tai teräsalustalla, kun käytössä on kitkamatto ja terästuen (teräsrankon) ja elementin välissä on suojapuu sahatavarasta: 0,3
- Kitkakerroin talviolosuhteissa, jos kontaktipintoja ei saada puhdistettua kokonaan lumesta ja jäätystä: 0,2 (tai alle)
- Varmistamisessa käytettyjen sidontavälineiden sidontakulmat on noudatettava tässä ohjeessa esitettyjä
- Ylisidonnassa (kitkasidonta) sidontavälineen valinnassa käytetään sen tehollista kiristysvoimaa (S_{TF} -arvo). Ylisidonnassa sidontavälineet kulkevat kohtisuoraan kuorman yli. Pystysuora kulma kuormalavan vaakatasoon nähden on välillä 60°- 90°. Lähtökohtaisesti kuorma, joka on pidempi kuin se on leveä, sidotaan vähintään kahdella ylisidonnalla.
- Valjassidonnassa sidontavälineen valinnassa käytetään sen sidontakykyä (LC-arvo). Sidonnassa eteen- ja taaksepäin sidontavälineiden kiinnityskulma molemmiin puolin kuormaa on vaakatasoon nähden enintään 60° ja kulma kuorma-alustan pituussuunnassa välillä 30°- 0°. Kaksi sidontavälinettä ristiin kuorman edestä tai takaa on valjassidonnassa yksi muoto.
- Suorasidonnassa (kuormassa olevista sidontapisteistä) sidontavälineen valinnassa käytetään sen sidontakykyä (LC-arvo).
- Ohjeessa esitetyt sidontavoimat eri sidontamenetelmille noudattavat esitettyjä sidontakulmia, mikäli muuta ei ole mainittu. Jos esitetyistä sidontakulmista joudutaan poikkeamaan pakottavasta syystä, on sidontalaskelmat tehtävä standardin 12195-1 kaavojen avulla.
- Jos sidontavälineen LC-arvo suora- tai valjassidonnassa on suurempi kuin kiinnityspisteen LC-arvo, käytetään mitoitusarvona kiinnityspisteen sidontakyvyn arvoa (LC-arvo).
- Jos suora- ja valjassidonnoissa on lupa hyödyntää elementeissä olevia kiinnityspisteitä, voivat näiden suoritusarvot muodostua sidontavoimaa rajaaviksi. Näiden kiinnityspisteiden suoritusarvot ilmoittaa elementin valmistaja.
- Yleinen kaava kuljetusalustassa olevien tukien tuentakyvyn huomioimiseksi: kuorman massa (tonnia) = tuen tuentakyky (kN)/9,81/($c_{x,y}$ -kitkakerroin), jossa $c_{x,y}$ on 0,8 eteen, 0,5 taakse ja sivuille tai 0,6, jos kuorma voi kaatua.
- Kuorman kaatumisen estämiseksi tuen on yletyttävä riittävän korkealle (n. 2/3 kuorman korkeus), muutoin on kaatumisen estämiseksi käytettävä sidontaa.
- Yleisin betonielementtien kuljetuksissa käytetty sidontaväline on lyhytahloinen ketju (luokka 8), jonka lenkin halkaisija on 10 mm, sidontakyky (LC) 6 300 daN ja kiristysvoima (S_{TF}) 1 575 daN siihen sopivalla kiristimellä, joka on kiristetty käyttäen normaalia käsivoimaa (50 daN). Lisäksi betonielementtien kuljetuksissa käytetään 8 mm (luokka 8) sidontaketjuja (LC 4 000 daN, S_{TF} 1 000 daN).
- **HUOM! eri sidontavälinevalmistajat ovat määritelleet ketjuille ja kiristimelle niiden suoritusarvot, jotka ovat merkittynä välineisiin. Esimerkiksi kun käytetään luokan 10 tai 12 ketjuja niiden suoritusarvot poikkeavat yllä ja ohjeessa esitetyistä. Valmistajan ilmoittamia suoritusarvoja sekä käyttöohjeita on noudatettava kuormansidonnassa.**
- Ohjeessa esitetyt sidontavoimat on laskettu tyypillisen kuljetuskaluston kiinnityspisteiden sidontakykyjen (LC daN) sekä eniten käytettyjen kuormansidontaketju-kiristinyhdistelmien sidontakykyjen (LC) sekä niiden tehollisten kiristysvoimien (S_{TF}) perusteella. Mikäli kaluston ja/tai sidontavälineiden suoritusarvot poikkeavat esitetyistä voidaan taulukkojen arvot korjata kertoimella, joka lasketaan alla esitetyllä tavalla.
- Mikäli sidontavälineen kiristysvoima (S_{TF}) poikkeaa ohjeen taulukoissa esitetyistä, voidaan taulukon tonnimäärät sarakkeessa S_{TF} 1 000 daN korjata kertomalla kertoimella, joka muodostetaan seuraavasti: *Todellinen sidontavälineen kiristysvoima (S_{TF}) daN / 1 000 daN*
- Mikäli sidontavälineen TAI kuljetusalustan sidontapisteen TAI elementissä olevan sidontapisteen sidontakyky (LC) poikkeaa ohjeen taulukoissa esitetyistä, voidaan taulukon tonnimäärät kohdassa LC 2 000 daN korjata kertoimella, joka muodostetaan seuraavasti: *Pienin arvo todelliselle sidontavälineen tai sidontapisteen sidontakyvylle (LC) daN / 2 000 daN.*

Tässä ohjeessa on käytetty sidontavoimia laskettaessa useista muista ohjeista poikkeavia kuormanvarmistuksen sidontakulmia. Mikään ei estä käyttämästä sidontavoimien määrittämiseen muita standardin EN-12195-1 mukaisia ohjeita kuorman varmistamiseksi, kunhan noudatetaan niissä esitettyjä sidontakulmia.

2.6 Ylisidonta (kitkasidonta)

Ylisidonnalla estetään kuorman liukuminen sivuille, eteen- ja taaksepäin sidontavälineen tuottaman kiristysvoiman avulla. Lisäksi ylisidonnalla voidaan estää kuormaa kaatumasta. Elementtikuormat sidotaan yleensä vähintään kahden ylisidonnan avulla.



Kuva 4. Kitkasidonta eli ylisidonta

Ylisidonnassa sidontaketju viedään kohtisuoraan kuorman yli ja kiinnitetään molemmin puolin kuljetusalustassa oleviin sidontapisteesiin. Ylisidonnat asetetaan symmetrisesti eli tasaisin välein koko kuorman pituudelta ja sidontavälineiden kiristimet asetetaan vuorotellen eri puolille kuormaa. Nipuissa olevissa kuormissa, kuten ontelolaattakuormissa, ylisidontakohdat sijaitsevat nippujen välipuiden kohdalla. Sidontaväline kiristetään käsin sidontavälineen kiristimen ominaiseen käsikireyteen. Kuorma ja ketjut suojataan tarvittaessa kulmasuojilla. Ylisidonnassa sidontaketjun sidontakulma kuljetusalustan ja ketjun välillä tulee olla välillä 60°-90°, jotta tässä ohjeessa esitetyt sidontavälineiden lukumääriä voidaan käyttää. Jos kulma on välillä 30°-60° kaksinkertaistetaan esitetyt sidontavälineiden lukumäärät. Alle 30° sidontakulmaa ei tule käyttää ylisidonnassa.

Taulukko 1 esittää sidontavälineiden tarpeen ylisidonnalla, kun halutaan estää kuorman liukuminen sivusuunnassa käytettäessä elementtikuormille tyypillisiä kitkakertoimia ja kahden eri sidontaketjun standardinmukaisella kiristysvoimalla (S_{TF}). Samasta taulukosta löytyy myös tieto kuorman painosta, jonka ylisidonta estää liukumasta eteenpäin. Tätä tietoa käytetään arvioimaan, tarvitaanko kuorman eteenpäin liukumisen estämiseksi lisäksi esim. suorasisidontaa tai tumentaa. Elementtikuormat tarvitsevat usein lisätuentaa tai -sidontaa. Tämä korostuu erityisesti, kun kitka kuorma-alustan tai nippujen välissä on alhainen (esim. teräsalustat).

Taulukko 1. Kuorman massa tonneissa, jonka ylisidonta estää liukumasta sivulle, taakse ja eteen, kun käytetään sidontavälinettä, jonka kiristysvoima (S_{TF}) on 1000 daN tai sidontavälinettä, jonka kiristysvoima (S_{TF}) on 1575 daN. Taulukossa esitetyt arvot pätevät vain, kun sidontaketju on kohtisuorassa kuormaa kohden, kulma ketjun ja kuljetusalustan välillä on 60°-90° välillä (Kuva 4) ja sidontaketjut on kiristetty kiristysvälineen mukaiselle käsikireydelle kuorman yli.

Kuorma tonneissa, jonka ylisidonta estää liukumasta sivuille ja taakse.						
Sidontavälineet, lukumäärä	Kitkakerroin 0,45		Kitkakerroin 0,3		Kitkakerroin 0,2	
	S_{TF} 1000 daN	S_{TF} 1575 daN	S_{TF} 1000 daN	S_{TF} 1575 daN	S_{TF} 1000 daN	S_{TF} 1575 daN
2	29	46	4,8	8	2,1	3,4
3	43	68	7,2	11	3,2	5,1
4	58	91	9,6	15	4,3	6,7
5	72	110	12	19	5,4	8,4
6	87	130	14	22	6,4	10
8	116	180	19	30	8,6	13
Kuorma tonneissa, jonka ylisidonta estää liukumasta eteenpäin.						
Sidontavälineet, lukumäärä	Kitkakerroin 0,45		Kitkakerroin 0,3		Kitkakerroin 0,2	
	S_{TF} 1000 daN	S_{TF} 1575 daN	S_{TF} 1000 daN	S_{TF} 1575 daN	S_{TF} 1000 daN	S_{TF} 1575 daN
2	3,6	5,7	1,7	2,7	0,94	1,5
3	5,4	8,6	2,5	4,0	1,4	2,2
4	7,3	11	3,3	5,3	1,9	3
5	9,1	14	4,2	6,7	2,4	3,7
6	11	17	5,1	8,0	2,8	4,4
8	14	22	6,8	10	3,8	5,9

Tämän jälkeen tarkastetaan korkeiden kuormien osalta, että elementtikuorma ei pääse kaatumaan sivuille, eteen tai taakse (Taulukko 2 ja Taulukko 3).

Taulukko 2. Sivulle kaatumisen estäminen ylisidonnalla. Taulukossa on esitetty eri korkeuden ja leveyden suhteilla kuorman massa tonneina, jonka yksi sidontaväline estää kaatumasta (kirstusvoima S_{TF} 1000 tai 1575 daN, kun kuorman painopiste sijaitsee keskellä kuormaa korkeus- ja leveyssuunnassa). Taulukossa esitetyt luvut pätevät vain, kun sidontaketju on kohtisuorassa kuormaa kohden ja kulma ketjun ja kuljetusalustan välillä on 60°-90° (Kuva 4) ja sidontaketjut on kiristetty kirstysvälineen mukaiselle käsikireydelle kuorman yli. Useamman vierekkäisen rivin tapauksessa kuorman kappaleet oltava sijoitettuna tiiviisti toisiaan vasten, esimerkiksi kaksi (2) ontelolaattanippua kuormassa vierekkäin.

Kuorma tonneissa, jonka yksi ylisidonta estää kaatumasta sivulle, kun kuorman painopiste on keskellä*.								
Korkeus/ Leveys	1 rivi		2 riviä		3 riviä		4 riviä	
	1000 daN	1575 daN	1000 daN	1575 daN	1000 daN	1575 daN	1000 daN	1575 daN
0,6	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	13	21
0,8	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	11	18	4,9	7,8
1	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	5,0	7,9	2,9	4,7
1,2	vakaa	vakaa	9,4	14,8	3,1	4,9	2,1	3,3
1,4	vakaa	vakaa	5,1	8,14	2,3	3,6	1,6	2,6
1,6	vakaa	vakaa	3,4	5,42	1,8	2,8	1,3	2,1
1,8	vakaa	vakaa	2,5	4,07	1,4	2,3	1,1	1,8
2	vakaa	vakaa	2,0	3,25	1,2	1,9	0,99	1,5
2,2	10	15	1,7	2,71	1,1	1,7	0,88	1,3
2,4	7,2	11	1,4	2,32	0,97	1,5	0,78	1,2
2,6	5,3	8,4	1,2	2,03	0,87	1,3	0,71	1,1
2,8	4,0	6,3	1,1	1,8	0,79	1,2	0,65	1,0
3	3,2	5,0	1,0	1,62	0,72	1,1	0,59	0,94
3,2	2,6	4,2	0,9	1,48	0,66	1,0	0,55	0,87

Taulukko 3. Eteen ja taakse kaatumisen estäminen ylisidonnalla, kun sidontavälineet on sijoitettu symmetrisesti kuorman pituussuunnan kaatumispisteiden väliin. Taulukossa on esitetty eri korkeuden ja pituuden suhteilla kuorman massa tonneissa, jonka yksi sidontaväline estää kaatumasta (kirstusvoima S_{TF} 1000 tai 1575 daN), kun kuorman painopiste sijaitsee keskellä kuormaa. Taulukossa esitetyt luvut pätevät vain, kun sidontaketju on kohtisuorassa kuormaa kohden ja kulma ketjun ja kuljetusalustan välillä on 60°-90° (Kuva 4) ja sidontaketjut on kiristetty kirstysvälineen mukaiselle käsikireydelle kuorman yli.

Kuorma (tonneissa), jonka yksi ylisidonta estää kaatumasta eteen tai taakse*.				
Korkeus/ Pituus	Eteen		Taakse	
	1000 daN	1575 daN	1000 daN	1575 daN
1,2	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
1,4	11	18	vakaa	vakaa
1,6	5,0	7,9	vakaa	vakaa
1,8	3,2	5,0	vakaa	vakaa
2	2,3	3,7	vakaa	vakaa
2,2	1,8	2,9	16	25
2,4	1,5	2,4	8,0	12
2,6	1,3	2,0	5,3	8,4
2,8	1,1	1,7	4,0	6,3
3	1,0	1,5	3,2	5,0
3,2	0,9	1,4	2,6	4,2

* Betonielementtikuormat tulee yleensä sitoa vähintään kahdella ylisidonnalla, jotka on sijoitettu symmetrisesti kuorman pituudelta.

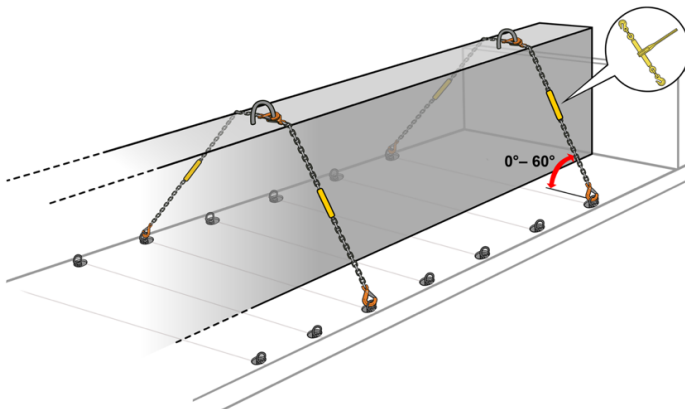
Mikäli ylisidonnalla ei voida varmistaa koko kuormaa, käytetään kuorman varmistamiseksi suorasisidonnan eri menetelmiä, jotka esitetään seuraavassa.

2.7 Suorasidontamenetelmät

Suorasidontamenetelmillä elementit kiinnitetään elementeissä olevista, elementin valmistajan määrittämistä kiinnityspisteistä sidontaketjujen avulla suoraan kuljetusalustaan TAI sidontavälineet viedään kuorman ympärille estämään kuorman liukuminen ja kaatuminen tiettyyn suuntaan.

2.7.1 Pituus- tai poikittaissuuntainen vinosidonta

Kun vinosidonta tehdään kohtisuoraan kuormaa kohti symmetrisesti kuorman eri puolilta kahdella saman lujuisella ketjuilla samassa pystykulmassa ja ketjut kiinnittyvät elementissä olevaan sidontapisteeseen (Kuva 5), käytetään sidontatarpeen määrittämiseen Taulukko 4 ja Taulukko 5 arvoja. Käytännössä tämä sidontamenetelmä edellyttää, kuorman varmistamiseksi kaikkiin suuntiin yhteensä kahdeksan (8) sidontaketjua, kaksi (2) jokaiselle puolelle kuormaa. Tätä menetelmää käytettäessä elementtikuormissa pyritään "nollaamaan" elementin kiinnityspisteisiin kohdistuvaa voimaa kiinnittämällä kohtisuoraan eri suuntiin vaikuttavien sidontaketjujen koukut samaan kuormassa olevaan sidontapisteeseen.



Kuva 5. Poikittaissuuntainen vinosidonta kuormassa olevista sidontapisteistä kohtisuoraan kuormaa kohden sivuille liukumisen ja kaatumisen estämiseksi. Sidontavälineet sijoitetaan symmetrisesti kappaleen painopisteen ympärille samassa pystysuuntaisessa sidontakulmassa. Mikäli kuvan mukaisessa sidonnassa sidontakulma on yli 60°, käytetään sidontatarpeen määrittämiseksi ylisidonnalle laskettuja taulukkoja (Taulukko 1 - Taulukko 3).

Taulukko 4. Liukumisen estäminen pituus- tai poikittaissuuntaisella vinosidonnalla, jossa käytetään kahta saman lujuista sidontaa yhden akselin suunnassa ja sidontavälineet on sijoitettu symmetrisesti painopisteen ympärille samassa pystysuuntaisessa sidontakulmassa 0°-60° (Kuva 5).

Kuorma tonneissa, jonka yksi kohtisuora suorasidonta kuorman takaa olevista sidontapisteistä estää liukumasta eteenpäin. Pystysuuntainen sidontakulma 0°-60°			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	3,4	2,4	1,9
4 000 daN	6,9	4,9	3,9
5 000 daN	8,7	6,1	4,9
6 300 daN	11	7,7	6,2
Kuorma tonneissa, jonka yksi kohtisuora suorasidonta kuorman edestä olevista sidontapisteistä estää liukumasta taaksepäin. Pystysuuntainen sidontakulma 0°-60°			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	9,9	5,1	3,6
4 000 daN	19	10	7,3
5 000 daN	24	12	9,1
6 300 daN	31	16	11
Kuorma tonneissa, jonka yksi kohtisuora suorasidonta kuorman sivusta estää liukumasta sivulle (Kuva 2). Pystysuuntainen sidontakulma 0°-60°			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	9,9	5,1	3,6
4 000 daN	19	10	7,3
5 000 daN	24	12	9,1
6 300 daN	31	16	11

- Käytännössä kuorma sidotaan yleensä kahdella (2) ketjulla joka suuntaan symmetrisesti kappaleen painopisteen ympärille, jolloin taulukon arvot kerrotaan kahdella.
- Erilaisia elementtikuorman tuentarakenteissa (pukit) olevia sidontapisteitä käytettäessä voi olla mahdollista käyttää pienempää pystysuoraa sidontakulmaa. Jos sidontakulma on välillä 0-30° voidaan taulukon tonnimäärät kertoa kertoimella 1,3.

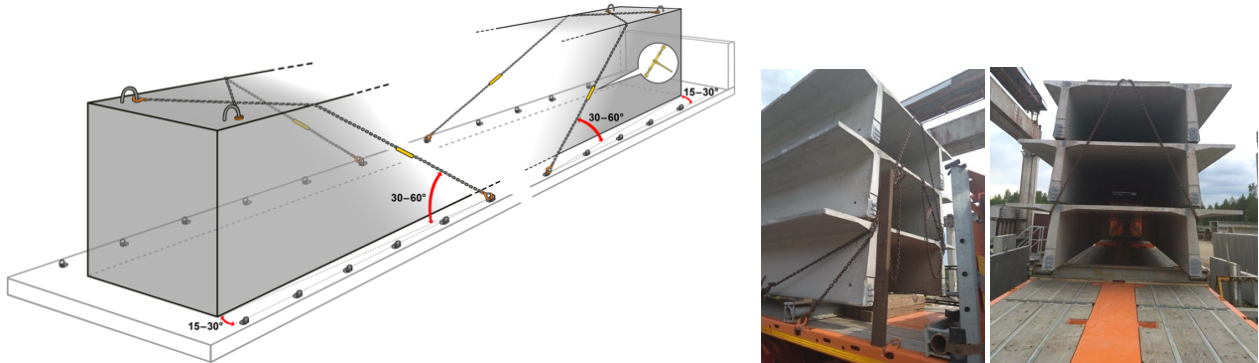
Taulukko 5. Kaatumisen estäminen pituus tai poikittaissuuntaisella vinosidonnalla ja kuorman sidontapiste on kuorman yläosassa (Kuva 5). Sidonnassa käytetään kahta saman lujuista sidontavälinettä yhden akselin suunnassa ja sidontavälineet on sijoitettu symmetrisesti painopisteen ympärille samassa pystysuuntaisessa sidontakulmassa, joka on enintään 60°.

Kuorma tonneissa, jonka yksi kohtisuora suorasidonta kuorman sidontapisteestä takaa, edestä tai sivusta estää kaatumasta eteen, taakse tai sivulle												
Korkeus / Pituus tai Leveys	2000 daN			4000 daN			5000 daN			6300 daN		
	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Taakse	Sivulle
1,2	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
1,4	20	vakaa	vakaa	40	vakaa	vakaa	50	vakaa	vakaa	64	vakaa	vakaa
1,6	9,4	vakaa	vakaa	18	vakaa	vakaa	23	vakaa	vakaa	29	vakaa	vakaa
1,8	6,4	vakaa	vakaa	12	vakaa	vakaa	16	vakaa	vakaa	20	vakaa	vakaa
2	5	vakaa	vakaa	10	vakaa	vakaa	12	vakaa	vakaa	16	vakaa	vakaa
2,2	4,2	32	10	8,5	65	20	10	81	25	13	100	32
2,4	3,7	17	7,8	7,5	34	15	9,4	43	19	11	54	24
2,6	3,3	12	6,5	6,7	24	13	8,4	30	16	10	38	20
2,8	3,1	9,6	5,6	6,2	19	11	7,8	24	14	9,8	30	17
3	2,9	8,1	5,0	5,8	16	10	7,2	20	12	9,1	25	16
3,2	2,7	7,1	4,6	5,4	14	9,3	6,8	17	11	8,6	22	14

- Käytännössä kuorma sidotaan yleensä kahdella (2) ketjulla joka suuntaan symmetrisesti kuorman painopisteen ympärille, jolloin taulukon arvot kerrotaan kahdella.
- Erilaisia elementtikuorman tuentarakenteissa (pukit) olevia sidontapisteitä käytettäessä voi olla mahdollista käyttää pienempää pystysuoraa sidontakulmaa. Jos sidontakulma on välillä 0 - 30°, voidaan taulukon tonnimäärät kertoa kertoimella 1,3.

2.7.2 Ristikkäisvinosidonta

Ristikkäisvinosidontaa kuormassa olevista määritetyistä sidontapisteistä käytetään estämään elementtikuormaa liukumasta eteen, taakse ja sivuille. Tällöin, jotta tässä ohjeessa esitetyjä sidontataulukoita voidaan käyttää, vinosidonta vedetään 30°- 60° pystykulmassa vinosti eteen- tai taaksepäin 15°- 30° kulmassa kuormalavan pituusakselin suunnassa symmetrisesti kuorman eri puolilta saman lujuisilla ketjuilla (Kuva 6).



Kuva 6. Ristikkäisvinosidonta eteen, taakse ja sivuille liukumisen estämiseksi kuormassa olevista sidontapisteistä kahdella eri tavalla esitettynä kaaviomaiselle kappaleelle. Oikealla esitetty sovellusesimerkki TT-laatoille. Elementissä olevien sidontapisteiden oltava suunniteltu sidonnan niihin kohdistamalle voimalle sidonnan suunnassa ja kuljettajan on saatava tieto, miten hän tunnistaa kyseiset sidontapisteet. Ristikkäisvinosidonta yhdistetään yleensä muiden sidontamuotojen, kuten ylisidonnan, kanssa.

Sidontatarpeen määrittämiseen ristikkäisvinosidonnalle sidontavälineparilla eteen- tai taaksepäin liukumisen ja kaatumisen estämiseksi käytetään myöhemmin valjassidonnalle esitetyjä taulukoita (Taulukko 7 ja Taulukko 8).

Mikäli sidonnan pystysuuntainen kulma on vähintään 30° ja kuormalavan pituusakselin suuntainen kulma on vähintään 15° astetta (Kuva 6), voidaan sidonnan sivulle liukumisen ja kaatumisen estävä vaikutus huomioida elementtikuormien varmistamisessa (Taulukko 6). Taulukossa esitetään varmistettu kuorma tonneissa, kun sidontaketjupari on kiinnitetty elementissä oleviin sidontapisteisiin symmetrisesti painopisteen ympärille molemmiin puolin kuormaa huomioiden taulukossa sekä Kuva 6:ssä esitetyt sidontakulmat.

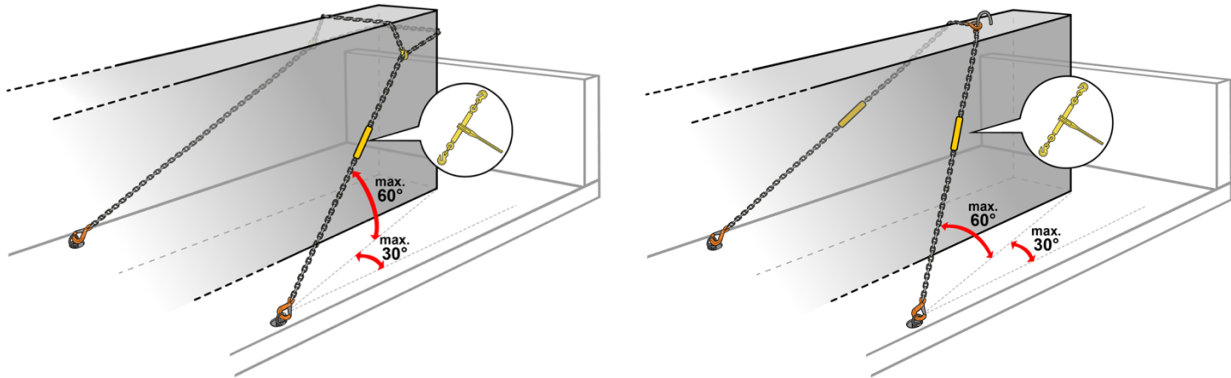
Taulukko 6. Sivulle liukumisen ja kaatumisen estämisen huomioiminen ristikkäisvinosidonnalla käyttäen seuraavia sidontakulmia: Pystykulma 30°– 60° vinosti eteen- tai taaksepäin ja pituussuuntainen kulma on välillä 15°- 30°. Kuorman sidontapiste sijaitsee kuorman yläosassa (Kuva 6).

	Kuorma tonneissa, jonka yksi ristikkäisvinosidonnan sidonta kuormassa olevasta kiinnityspisteestä estää liukumasta sivulle, kun kuorman painopiste on keskellä			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2	
2 000 daN	4,9	2,5	1,7	
4 000 daN	9,8	4,9	3,4	
5 000 daN	12	6,2	4,3	
6 300 daN	15	7,8	5,4	
Kuorma (tonneissa), jonka yksi ristikkäisvinosidonnan sidonta kuormassa olevasta kiinnityspisteestä estää kaatumasta sivulle, kun sidonta ylettyy kuorman yläosaan ja kuorman painopiste on keskellä				
Korkeus / Leveys	Kaatuminen sivulle			
	2000 daN	4000 daN	5000 daN	6300 daN
2	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
2,2	2,6	5,3	6,6	8,3
2,4	2,0	4,1	5,1	6,4
2,6	1,7	3,4	4,2	5,3
2,8	1,5	2,9	3,7	4,6
3	1,3	2,6	3,3	4,2
3,2	1,2	2,4	3,0	3,8

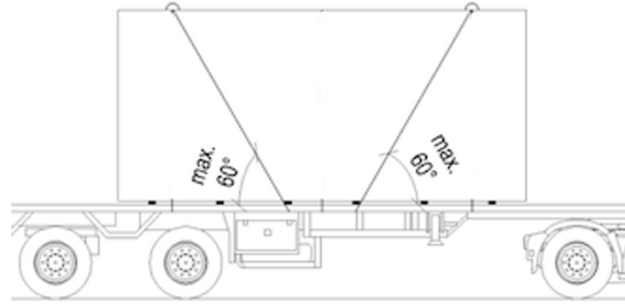
- Käytännössä sidonnassa käytetään aina sidontavälineparia, jolloin taulukossa esitetyt kuormat kerrotaan kahdella.
- Jos kuorma-alustan välinen pituussuuntainen kulma on välillä 30 - 60° kasvatetaan sivulle liukumisen taulukon arvoja 50 % ja sivulle kaatumisen estämisen taulukon arvoja 90 %.

2.7.3 Valjassidonta

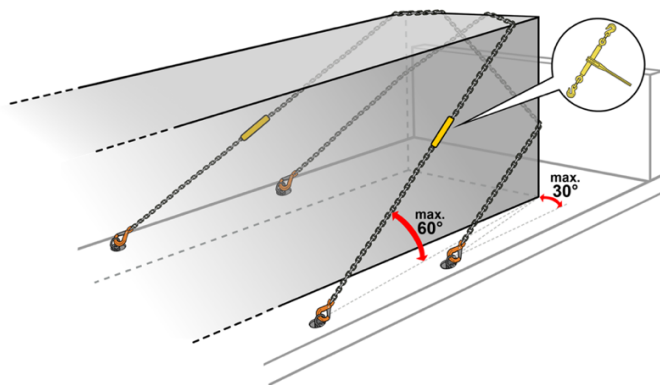
Valjassidonnassa sidontaväline on vedetty kuorman ympäröi sen edestä tai takaa riippuen mihin suuntaan kuorman liikkuminen halutaan estää (Kuva 7). Valjassidonnaksi lasketaan myös, kun kaksi sidontavälinettä sidotaan ristiin kuorman edestä tai takaa (Kuva 8). Nipuissa ja/tai riveissä olevien kuormien valjassidonnassa on sidottava jokainen nipuissa ja riveissä oleva elementti. Valjassidonnalla estetään kuorman liikkuminen sidottuun suuntaan sidontaketjun sidontakyvyn (LC) tai sidontapisteen sidontakyvyn ja kuormaan vaikuttavan kiristysvoiman avulla. Lisäksi valjassidonnalla voidaan estää korkea kuormaa kaatumasta sidottuun suuntaan.



Kuva 7. Valjassidonta kuorman eteenpäin liukumisen ja kaatumisen estämiseksi. Kuvaesimerkeissä on käytetty apuketjua ja elementissä olevia sidontapisteitä sidontaketjun paikallaan pitämiseksi.



Esimerkki valjassidonnasta HI-palkin edestä vasemmalla ja oikealla valjassidonta elementin sidontapisteen läpi.



Kuva 8. Valjassidonta sitomalla kaksi ketjua ristiin kuorman edestä.

Valjassidonnassa sidontaketju viedään tyypillisesti elementtikuorman edestä tai takaa ja kiinnitetään molemmiin puolin kuljetusalustassa oleviin sidontapisteisiin. Tämä edellyttää, että kuormassa on edessä ja takana sidontavälineen paikallaan pitävä rakenne tai käytetään sopivaa apuvälinettä (Kuva 7). Sidontavälineet kiristetään käsin sidontavälineen ominaiselle käsikiristysvoimalle. Valjassidonnassa sidontaketjun sidontakulma kuljetusalustan ja ketjun välillä tulee olla 0°-60° molemmiin puolin kuormaa, jotta tässä ohjeessa esitettyjä sidontavälineille esitettyjä laskelmia voidaan käyttää. Isompaa kulmaa ei saa käyttää. Lisäksi sidontavälineen ja kuorma-alustan välinen pituussuuntainen sidontakulma tulee olla välillä 0°-30° molemmiin puolin kuormaa. Valjassidonnassa ei huomioida sidonnan sivulle liukumisen tai kaatumisen estävää vaikutusta, koska se on pieni ja perustuu pääasiassa kitkaan, joten sivulle liukuminen ja kaatuminen pitää estää muilla menetelmin esim. tukemalla ja ylisidonnalla.

Taulukko 7. Betonielementtikuorman valjassidonta tyyppillisillä sidontaketjujen ja -pisteiden sidontakyvyillä (LC daN). Taulukossa esitetyt kuormat pätevät vain, kun sidontakulma sidontaketjun ja kuljetusalustan välillä on 0°-60° SEKÄ ketjun ja kuljetusalustan pituussuuntainen sidontakulma on välillä 0°-30° molemmin puolin kuormaa (Kuva 7).

Kuorma tonneissa, jonka yksi valjassidonta kuorman edestä estää liukumasta eteenpäin			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	6,3	4,4	3,5
4 000 daN	12	8,9	7,0
5 000 daN	15	11	8,8
6 300 daN	20	14	11
Kuorma tonneissa, jonka yksi valjassidonta kuorman takaa estää liukumasta taaksepäin			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	18	9,3	6,5
4 000 daN	36	18	13
5 000 daN	45	23	16
6 300 daN	57	29	20

- Jos valjassidonta toteutetaan sitomalla kaksi sidontavälineettä ristiin kuorman edestä tai takaa, voidaan taulukon arvot kertoa kahdella (Kuva 8). Huom! kun käytetään ristikkäisvinosidontaa kuormassa olevista sidontapisteistä taulukon arvoja EI SAA kertoa kahdella (Kuva 6).
- Jos kuljetusalustan pituussuuntainen sidontakulma on välillä 30 - 60°, puolitetaan taulukon arvot.

Taulukko 8. Kuorman kaatumisen estäminen eteenpäin tai taaksepäin valjassidonnalla tyyppillisillä sidontavälineiden ja -pisteiden sidontakyvyillä (LC daN). Taulukossa esitetyt kuormat pätevät vain, kun sidontakulma sidontaketjun ja kuljetusalustan välillä on 0°-60° SEKÄ ketjun ja kuljetusalustan pituussuuntainen sidontakulma on välillä 0°-30° molemmin puolin kuormaa SEKÄ valjassidonta ylettää vähintään 2/3 kuorman korkeudelle ja kuorman painopiste on keskellä (Kuva 7).

Kuorma tonneissa, jonka yksi valjassidonta kuorman edestä tai takaa estää kaatumasta, kun sidonta ylettyy kuorman yläosaan ja kuorman painopiste on keskellä.								
Korkeus / Pituus	Eteen				Taakse			
	2000 daN	4000 daN	5000 daN	6300 daN	2000 daN	4000 daN	5000 daN	6300 daN
1,2	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
1,4	41	82	100	120	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
1,6	20	40	50	63	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
1,8	14	28	36	45	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
2	11	23	29	37	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
2,2	10	20	25	32	77	150	190	240
2,4	9,2	18	23	29	42	84	100	130
2,6	8,5	17	21	26	30	61	76	96
2,8	8,0	15	19	25	24	49	61	77

- Jos valjassidonta toteutetaan sitomalla kaksi sidontavälineettä ristiin kuorman edestä tai takaa, voidaan taulukon arvot kertoa kahdella (Kuva 8). Huom! kun käytetään ristikkäisvinosidontaa kuormassa olevista sidontapisteistä taulukon arvoja EI SAA kertoa kahdella (Kuva 6).
- Jos kuljetusalustan pituussuuntainen sidontakulma on välillä 30° - 60° vähennetään taulukossa esitetyistä arvoista 75 %.

3 Tuoteryhmäkohtaiset kuljetus- ja sidontaohjeet

3.1 Ontelo-, kuori- ja massiivilaatat

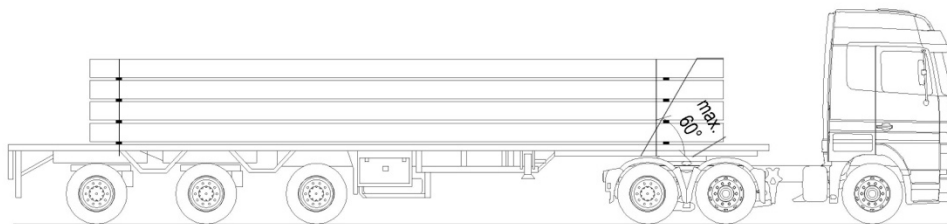
Päällekkäisten elementtien väliin laitetaan välipuut ja kuljetusalustaa vasten aluspuut, tarvittaessa kitkamatto. Alemmat elementit pysyvät paikallaan ylisidonnalla kiristysvoiman avulla.

Sivusuuntaan kuorma varmistetaan ylisidonnoilla, joiden sidontakulma on välillä 60° - 90° . Suositeltava sidontakulma on noin 80° . Kuorma varmistetaan aina vähintään kahdella (2) ylisidonnalla. Ylisidonta tehdään kuorman aluspuiden kohdalta. Tarkastettava, että ylisidonnalla kiristysvoima on riittävä myös kuorman taaksepäin liukumisen estämiseksi.

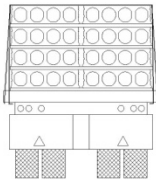
Pituussuuntaan ontelolaattakuorma varmistetaan eteenpäin sitomalla kaksi (2) ketjua ristiin kuorman edestä. Kuorilaatta- ja massiivilaattaelementtikuormat varmistetaan valjassidonnalla ketjuilla, jotka viedään nostolenkkien läpi. Ketjujen pystysuora sidontakulma kuljetusalustan suhteen saa olla enintään 60° (suositeltava kulma on alle 45°). Lisäksi vaakasuora sidontakulma kuljetusalustan pitkittäissuunnassa tulee olla välillä 30° - 0° .

Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet saadaan: Ylisidonta - Taulukko 1; Ristiin sidonta kuorman edestä tai valjassidonta - Taulukko 7.

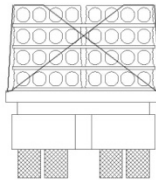
Mikäli kuorma koostuu useammasta laattapinosta, kukin pino sidotaan erikseen samalla tavalla.



TAKAA



EDESTÄ

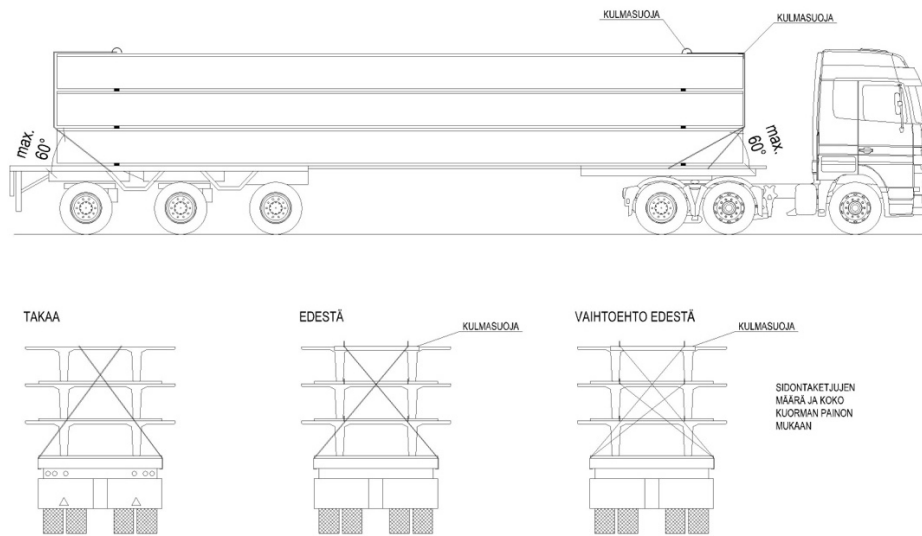


3.2 TT- ja HTT-laatat

Pituussuuntaan TT-laattakuorma sidotaan ketjuilla, jotka viedään pinon ylimmän laatan nostolenkkiin ristiin kuorman edestä ja takaa. Päällekkäisten elementtien väliin laitetaan välipuut ja kuljetusalustaa vasten aluspuut sekä tarvittaessa kuminen kitkamatto. Ketjujen pystysuora sidontakulma lavaa kohden $60^\circ - 30^\circ$ ja vaakasuora sidontakulma lavan pitkittäissuunnassa $30^\circ - 15^\circ$. Sivuttaistuenta päällekkäisten elementtien välissä varmistetaan korvakkeilla, joihin TT-laatan rivat tukeutuvat.

Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet saadaan: Eteen ja taakse Taulukko 7.; Sivuille Taulukko 6.

TT- laattojen kansilaatan reunat tulee suojata ketjun kohdalta vahvikkeilla. Mikäli kuorma koostuu useammasta laattapinosta, sidotaan jokainen pino erikseen samalla tavalla.



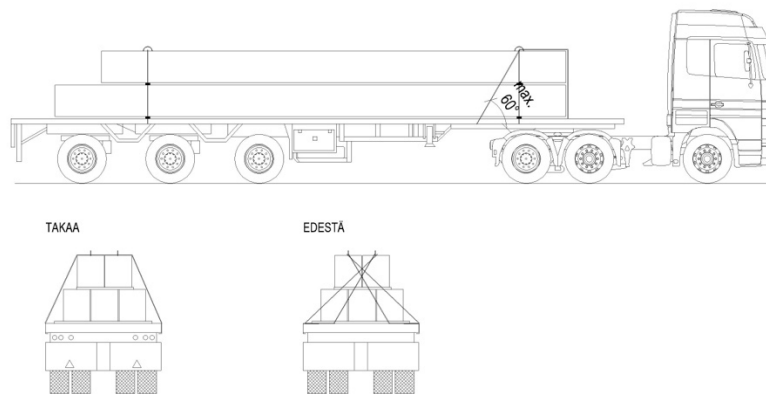
3.3 Teräsbetoniset palkit, pilarit ja paalut

Päällekkäisten elementtien väliin laitetaan välipuut ja kuljetusalustaa vasten aluspuut sekä tarvittaessa kitkamatto. Alemmat elementit pysyvät paikallaan ylisidonnalla kiristysvoiman avulla.

Sivusuuntaan kuorma varmistetaan ylisidonnalla ketjuilla, joiden sidontakulman on oltava välillä $60^\circ - 90^\circ$. Suositeltava sidontakulma on noin 80° . Kuorma varmistetaan aina vähintään kahdella (2) ylisidonnalla. Ketjut kiinnitetään alustaan molemmin puolin kuormaa, ylisidonnat tehdään välipuiden kohdalta.

Pituussuuntaan kuorma sidotaan ketjuilla, jotka viedään valjassidontana nostolenkkien läpi tai konsolien takaa. Ketjujen pystysuora sidontakulma lavaa kohden saa olla enintään 60° , suositeltava kulma on alle 45° . Lisäksi vaakasuora sidontakulma lavan pitkittäissuunnassa pitää olla välillä $30^\circ - 0^\circ$. Edessä suositellaan 2 ketjun sitomista ristiin - vaihtoehtoisesti sekä edessä että takana olevat ketjut on sidottu valjassidonnalla nostokorvakkeista. Jos valjassidontaa ei tehdä elementtien takaa, on tarkastettava, että ylisidonnalla kiristysvoima on riittävä myös kuorman taaksepäin liukumisen estämiseksi.

Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet saadaan: Sivulle - Taulukko 1; Eteen ja taakse - Taulukko 7.



3.4 Jännebetoniset suorakaide- ja leukapalkit

Sidonnat tehdään kuten teräsbetonipalkeilla. Palkit tuetaan välipuilla mahdollisimman läheltä palkin päätä, sidonnat tulee aina tehdä tukilinjojen sisäpuolelta.

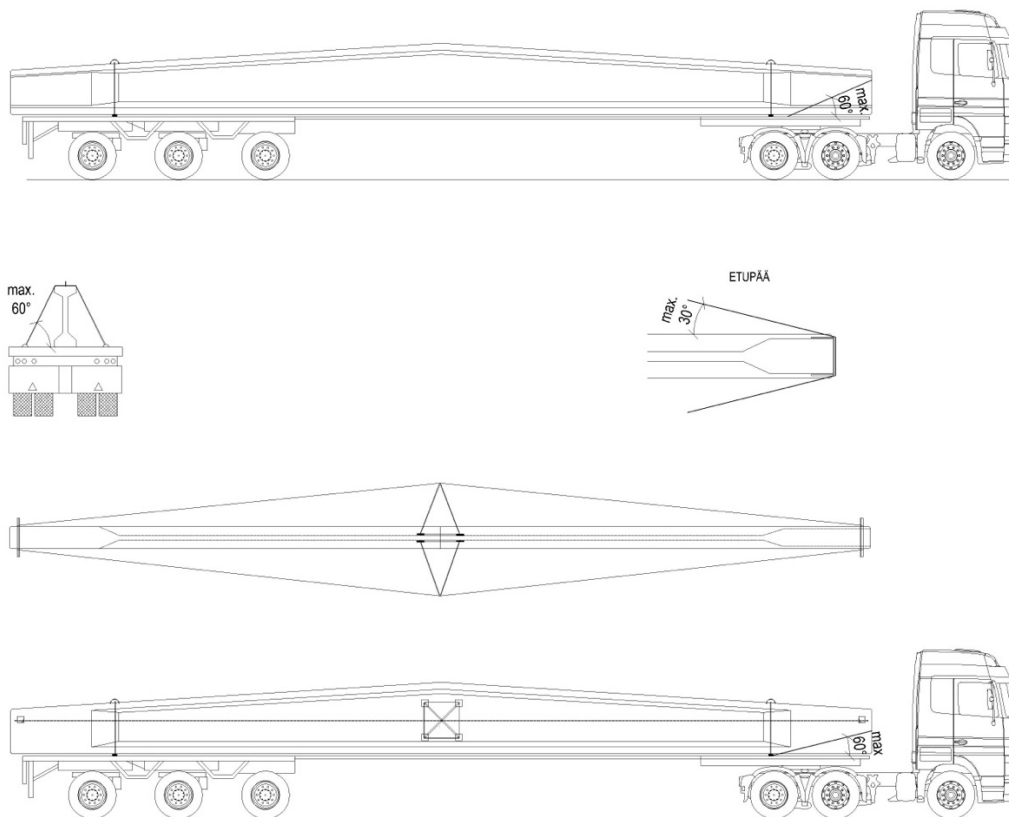
3.5 Jännebetoniset I- ja HI-palkit

Sivusuuntaan palkki sidotaan ketjuilla nostokorvakkeista, vähintään 2 ketjua per puoli symmetrisesti painopisteen ympärille. Sidontakulma kuljetusalustaa kohden enintään 60° . Lisäksi korkeissa, pitkissä palkeissa tarvitaan alareunan tuki. Kuorma "elää" matkan aikana, tuilla estetään alareunan sivusiirtymä ja palkin kallistuminen. Korkeat palkit tuetaan sivusuuntaan ylisidonnalla, jolloin sidontakulman kuljetusalustaa kohden on oltava yli 60° .

Pituussuuntaan sidonta tehdään ketjuilla palkin pään kautta. Ketjujen suositeltava sidontakulma kuljetusalustaa kohden on mahdollisimman pieni ja enintään 30° . Vaakasuora sidontakulma lavan pitkittäissuunnassa pitää olla välillä $30^\circ - 0^\circ$. Tarvittaessa käytetään lisäksi valjassidontaa nostokorvakkeista.

Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet saadaan: Sivulle - Taulukko 4 (korkeat palkit sivulle - Taulukko 1); Eteen ja taakse - Taulukko 7.

Pitkät HI-palkit on harustettava kuljetuksen ja asennuksen ajaksi. Harustus asennetaan tehtaalla ennen palkin kuormaamista ja poistetaan, kun palkki on asennettu paikoilleen ja palkin sivuttaisjäykistys varmistettu asennusaikaisella tuennalla tai vesikattorakenteilla. Harustustarpeen määrittää palkkien tuotesuunnittelija.



3.6 Seinäelementit

Allasautoissa olevat elementit on oltava tuettuina ja/tai sidottuna, jotta ne eivät pääse liikkumaan kuljetuksen aikana. Tuennan/sidontojen tulee estää kaikkien kyydissä olevien elementtien liikkuminen. Tämän mahdollistamiseksi saatetaan tarvita kuljetustukia (mm. välipuita) elementtien väliin ja elementtien sidontaa toisiinsa ja ajoneuvon rakenteisiin. Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet määräytyvät allasautojen ja niissä olevien irtopohjien tarjoaman tuen perusteella. Sidontamenetelminä käytetään (kuormasta riippuen) yli- ja suorasideonnan eri muotoja.



Vasemmassa kuvassa elementit varmistettu kampaan tukemalla ja sitomalla ketjuilla. Oikealla olevassa kuvassa esimerkki suunnittelijan määrittämästä kirveskiven kuljetustuesta.

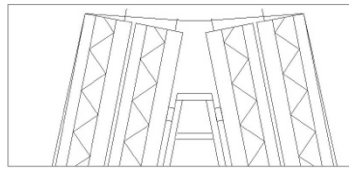
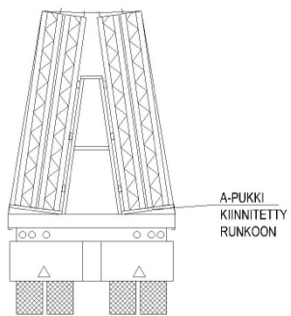
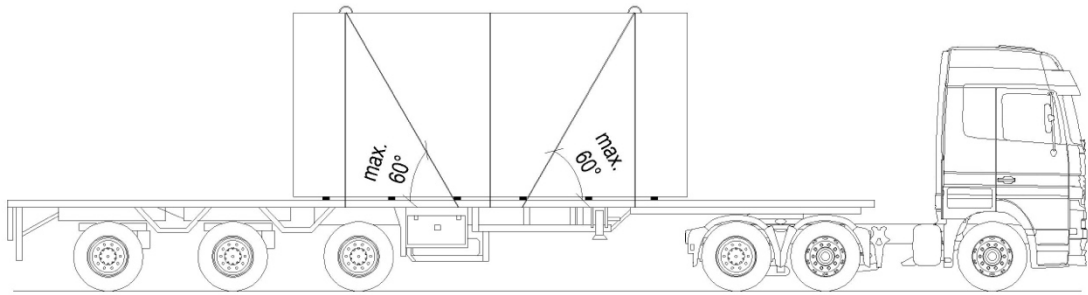
Matalat seinä- ja sokkelelementit sidotaan kuten teräsbetonipalkit (kappale 3.3). Korkeat seinäelementit kuljetetaan allasautojen irtopohjien lisäksi erilaisiin kuljetuspukkeihin tuettuina. Kuljetuspukkien lujuudesta ja kestävyydestä on oltava todistus. Kuljetuspukit kiinnitetään tai tuetaan lähtökohtaisesti kuljetusalustaan. Kuorman toispuoleisen purun mahdollistamiseksi on kuljetuspukit aina kiinnitettävä sivusuunnassa kuljetusalustaan. Pituussuuntaan kuljetuspukki sidotaan ketjuilla kuljetusalustaan tai alusta varustetaan toppareilla, joiden tukivoima tunnetaan ja joihin pukki tukeutuu. Elementit asetetaan kuljetuspukkeihin siten, että niiden sitominen eteenpäin kohdistuvalle voimalle onnistuu huomioiden kuorman mahdollisimman tasainen jakautuminen pukille. Elementin kuormauksen ja kuljetuksen edellyttämistä alus- ja välipuista sekä kuljetustuista huolehtii lähettäjä.

Elementit tuetaan sivusuunnassa vähintään kahdella ylisidonnalla pystysuoran sidontakulman ollessa välillä 60° - 90°. Elementit sidotaan kuljetuspukeissa toisiinsa yläpäästään nostolenkeistä ristiin. Liukumisen ja kaatumisen estämisen vaatima sidonta määräytyy kuljetuspukissa olevien elementtien lisäksi kuljetuspukin ja elementin välisestä kitkasta ja kuljetuspukin kuljetusalustan kiinnityksen tarjoamasta tuesta.

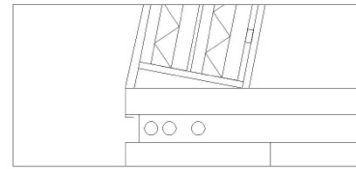
Estettäessä liukuminen eteen/taakse valjassidonnalla nostokorvakkeista, on ketjujen suositeltava sidontakulma kuljetusalustaa kohden enintään 60° ja vaakasuora sidontakulma lavan pitkittäissuunnassa välillä 30° - 0°.

Rapattujen sandwich-elementtien kuljetuksessa on varottava erityisesti rapatun pinnan ja kulmien vaurioitumista. Ketjut saattavat vaatia eriste- ja rappauserroksen paikallista koloamista. Joka tapauksessa elementtien sidonta voi edellyttää elementtien suojaamista sidontaketjuilta esim. kulmasuojilla.

Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet saadaan: Sivulle ylisidonnalla - Taulukko 1 ja eteen/taakse valjassidonnalla - Taulukko 7.



PURETTAESSA SIDONTA
YHTEN TAI PUKKIIN

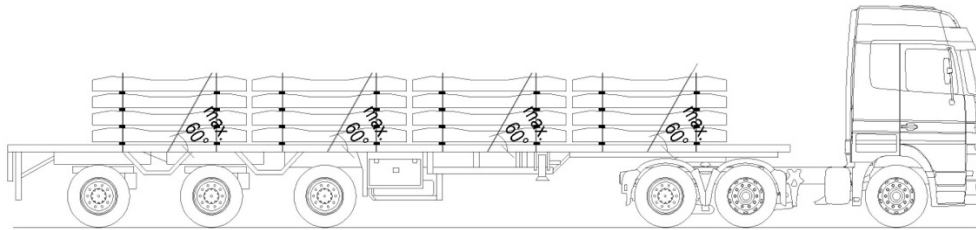


3.7 Ratapölkyt, maatalouden siilo- ja säiliöelementit

Siilo- ja säiliöelementtien etummaisat niput pyritään lastaamaan kuormakorin etupäätyä vasten. Etupäädyn tuki kuormalle voidaan ottaa huomioon vain, jos se on tunnettu ja kunnossa. Nippujen välin ei saa jäädä välejä. Mahdolliset välit täytetään tukimateriaalilla, joka ei muuta muotoaan tai kutistu pysyvästi (esimerkiksi välipuut).

Kaikki elementtipinot tuetaan sivusuunnassa vähintään kahdella ylisidonnalla pystysuoran sidontakulman ollessa välillä 60°- 90° (Taulukko 1).

Pinot tulee sitoa erikseen myös kuormalle eteenpäin. Valjassidonnassa nostokorvakkeiden läpi ketjujen suositeltava sidontakulma kuljetusalustaa kohden on enintään 60° ja vaakasuora sidontakulma lavan pitkittäissuunnassa välillä 30°- 0°. Sidontavälineiden tulee kulkea nostolenkkien läpi (Taulukko 8).





betoni

Betoniteollisuus ry
PL 381 (Eteläranta 10)
00131 Helsinki
www.betoni.com
www.elementtisuunnittelu.fi