

BETONIELEMENTTIEN NOSTOLENKIT JA -ANKKURIT

betoni

Julkaisija: Betoniteollisuus ry

Kustantaja: Suomen Rakennusmedia Oy

Copyright: Betoniteollisuus ry
Suomen Rakennusmedia Oy

ISBN: 978-952-5785-75-3

ISBN (pdf): 978-952-5785-78-4

Kirjapaino: Tammerprint Oy
Tampere 2010

ALKULAUSE

Eurokoodien käyttöönotto rakennesuunnittelussa toi tarpeen Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit -ohjeen uudistamiseksi. Markkinoilla on myös tarjolla uusia elementtien nostoon tarkoitettuja tuotteita, jotka on otettu huomioon ohjetta uusittaessa.

Tämä ohje perustuu betonirakenteiden suunnittelun eurokoodin lisäksi tekniseen raporttiin CEN/TR 15728 Design and Use of Inserts for Lifting and Handling of Precast Concrete Elements, jossa on esitetty laskentatapa nosto-osien mitoittamiseksi osavarmuusmenettelyä käyttäen.

Eurokoodi ei kata sileäpintaisen raudoituksen käyttöä. Eurokoodi perustuu mallinormiin CEB-FIB Model Code, jonka vuoden 2010 luonnosversiossa esitetty pyörötankojen tartunnan laskentatapa on otettu huomioon tämän ohjeen laatimisen yhteydessä.

Tämä ohjetta laadittaessa on otettu huomioon valmisteilla olevat Suomen rakentamismääräyskokoelman kantavia rakenteita koskevien osien muutokset. Tämä ohje korvaa Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit ohjeen vuodelta 2003.

Helsingissä joulukuussa 2010

Betoniteollisuus ry

Syksyllä 2013 Betoniteollisuus ry teetti VTT:llä vetokokeita, joilla haettiin lisätietoa koukkupäisen pyörötangon voima- liukumayhteydestä. Kuormituksen alkuvaiheessa pyörötangon suoran osan tartunta kantaa kuorman kokonaan ja teräksen vetomurtoon saakka kuormitettuna lähes koko voima siirtyy koukun kannettavaksi. Koetulosten perusteella suoran pyörötangon tartuntaa ei voida superponoida koukun kapasiteetin kanssa nostolenkkejä mitoittaessa. Koetuloksiin perustuen muutettiin myös mitoitusohjeessa se, miten betonin murtuminen ohuissa levyissä otetaan huomioon (3.5.4 ja esimerkki 3).

Helsingissä joulukuussa 2013

Betoniteollisuus ry

Keväällä 2014 Betoniteollisuus ry teetti VTT:llä vetokokeita, joilla haettiin lisätietoa alkutilanteessa jännityksettömän jännepunoksen voima-liukumayhteydestä ja tartunnan suuruudesta. Koetuloksiin perustuen muutettiin punoksen tartuntapituuden laskenta (3.6.2).

Helsingissä heinäkuussa 2014

Betoniteollisuus ry

Sisällysluettelo

ALKULAUSE	3
1 OHJEEN SOVELTAMISALA	7
2 SUUNNITTELUPERUSTEET	7
2.1 Yleiset suunnitteluvaatimukset	7
2.2 Piirustusmerkinnät	8
2.3 Varmuus	8
2.3.1 Materiaalin osavarmuuskertoimet	8
2.3.2 Kuormien osavarmuusluvut	9
2.4 Kuorman jakautuminen	10
2.4.1 Haara- ja nostokulma	10
2.4.2 Kuorman epätasainen jakaantuminen	12
2.4.3 Voiman jakautuminen nostolenkin haaroille	13
2.4.4 Elementin kääntö ilmassa	14
3. NOSTOLENKIT	16
3.1 Materiaalit	16
3.2 Valmistus ja asennus	16
3.3 Sallitut sijaintitoleranssit	16
3.4 Kestävyyksien mitoitusarvot	17
3.5 Pyörötankolenkit	17
3.5.1 Taivutustyyppit	17
3.5.2 Tartuntapituus	18
3.5.3 Mitoitus teräksen vetomurtoa vastaan	20
3.5.4 Betonin murtuminen ohuissa levyissä	20
3.5.5 Lämpölaajenemisen aiheuttama halkeilu	21
3.5.6 Sallitut nostokulmat	21
3.5.7 Pyörötankolenkkien valinta	22
3.6 Jännepunoslenkit	26
3.6.1 Taivutusmallit	26
3.6.2 Tartuntapituus	26
3.6.3 Punoksen vetomurto	28
3.6.4 Nostoapulaitteen vaikutus	28
3.6.5 Holkin vaikutus	28
3.6.6 Punosten niputtaminen	28
3.6.7 Punoslenkkien nostoapulaitteet	29

3.6.8	Punoslenkkien valinta	29
3.7	Erikoisnostolenkit	31
3.7.1	Peikko Finland Oy	31
	PNLF-nostolenkki	31
3.7.2	Pintos Oy.....	32
	PB-, PBK- ja PBR-nostolenkit	32
3.7.3	Harjateräsnostolenkki	33
3.7.4	Paalujen nostolenkit.....	34
3.7.5	Ontelolaattojen nostolenkit	36
3.8	Mitoitus esimerkit	37
3.8.1	Esimerkki 1, palkki pyöröteräsnostolenkeillä	37
3.8.2	Esimerkki 2, palkki jännepunosnostolenkeillä.....	39
3.8.3	Esimerkki 3, ohut kuorielementti	41
3.8.4	Esimerkki 4, ilmassa käännettävä seinäelementti	42
3.9	Nostolenkkien tyypipiirustukset.....	44
3.9.1	NL1 - punoslenkit jännebetonituotteille	44
3.9.2	NL2 - pyöröteräslenkit teräsbetonituotteille	45
3.9.3	Ontelolaattojen nostolenkit	46
4.	NOSTOANKKURIT JA MUUT NOSTOELIMET	47
4.1	Nostoankkurit	47
4.1.1	RD-kierteiset nostoankkurit	47
4.1.2	Vaijerinostolenkit	49
4.1.3	Reikärauta-ankkurit ja nostolukko.....	50
4.1.4	Kuula-ankkurit ja nostolukko.....	50
4.2	Markkinoilla olevien nostoankkureiden ja -lenkkien kapasiteetteja	51
4.2.1	Anstar Oy	51
	AN-nostoankkuri.....	51
4.2.2	Peikko Finland Oy	52
	PLA-nostoankkuri ja nostolenkit	52
	KK-nostoankkuri ja nostolukot.....	54
4.2.3	Semtu Oy.....	56
	Pfeifer-käyräankkuri ja nostolenkit.....	56
	Laatta-ankkuri.....	58
4.2.4	Halfen Ab.....	59
	DEHA kuula-ankkurit	59
	DEHA HD-ankkuri	59

Vaijeri- ja täysmetallinen nostolenkki, HD-sovitin.....	60
4.2.5 R-Group Finland Oy	61
R-nostoankkurit	61
4.2.6 Salon Tukituote Oy.....	62
Suora-ankkuri.....	62
DWL- ja DWG-käyräankkurit	62
Goliath-vaijerinostolenkit	63
4.3 Nostoankkurin mitoitusesimerkit.....	64
4.3.1 Esimerkki 1, nosto ylöspäin	64
4.3.2 Esimerkki 2, kyljestä nosto	65
Liite A: Pyörötangon tartunnan vertailu.....	66
Liite B: Päätekoukullisten pyörötankojen voima-siirtymä -yhteys	68
Liite C: Pyöröteräskoukun halkaisuvoima	70
Liite D: Voiman jakaantuminen nostolenkin haarojen välillä.....	72
Liite E: Jännepunoksen tartunta.....	73
Viitteet.....	75

1 OHJEEN SOVELTAMISALA

Tässä ohjeessa esitetään:

- betonielementtien nostolenkkejä ja -ankkureita koskevat yleiset vaatimukset ja ohjeet
- pyörötanko- ja jännepunoslenkkejä koskevat suunnittelu-, valmistus- ja asennusohjeet
- tietoja Suomessa käytettävistä nostoankkureista ja muista nostoelimistä.

2 SUUNNITTELUPERUSTEET

2.1 Yleiset suunnitteluvaatimukset

Nosto-osien kuten nostolenkkien ja -ankkureiden käyttötarkoitukset ovat:

- nostojärjestelmän osana elementin siirrossa ja asennuksessa
- mahdollisesti elementin kiinnittäminen kuljetuksen ajaksi
- mahdollisesti rakenteellinen tuenta lopullisessa rakenteessa.

Nosto-osien suunnittelussa tulee ottaa käyttötarkoituksen mukaan huomioon seuraavat seikat:

- nosto-osien sallitut nostovoimat ja noston suunta
- mahdollinen epätasainen kuormien jakautuminen. Elementin tulee nousta suorassa asennossa.
- nosto-osien riittävä etäisyys elementin tai aukkojen reunasta. Niiden sijoittelussa tulee ottaa huomioon halkaisuvoimiin nähden riittävät betonipeitteet.
- elementit tulee raudoittaa niin, että nosto-osa ei muodosta irtoavaa betonikartiota. Samoin poikittaishalkeilu nosto-osan ympäristössä tulee estää.
- parvekelaatoissa, -kaiteissa, -pielissä ja yleensä kuorielementtirakenteissa pyritään ensisijaisesti käyttämään sellaisia nosto-osia, joiden käyttö ei edellytä katkaisua tai paikkausta työmaalla.
- jos julkisivuelementtien ulkokuoren raudoitus on ruostumatonta terästä, on myös nosto-osien oltava ruostumattomia.
- säärasituksille alttiit nostolenkkivarausten paikkaukset tulee suorittaa säänkestävillä paikkausmassoilla.
- nostoankkureiden hyödynnettävyys jälkikiinnityksiin
- jännepunoksesta valmistettuja nostolenkkejä ei tule käyttää kuljetusasennosta pystyyn käännettävillä seinäelementeillä

2.2 Piirustusmerkinnät

Nosto-osien suunnittelu on osa elementtien tuotesuunnittelua. Elementtien valmistuspiirustuksissa tulee nosto-osista esittää seuraavat asiat:

- tyyppi, koko ja teräslaatu
- sijainti elementissä
- symmetria-akselin poikkeama pystyakselista
- mahdollinen vaadittava lisäraudoitus
- sallitut nostokulman ja haarakulman arvot
- jännepunostolenkeillä nostoapulaitteen minimihalkaisija.

Valmistuspiirustuksissa on esitettävä myös elementin käsittelyssä, kuten esimerkiksi nurinpäin valettavien parvekelaattaelementtien nostamiseksi muotista, tarvittavat nostosat. Valtioneuvoston asetuksen VNa 205/2009 mukaisesti elementin painopisteen sijainti tulee esittää valmisosasuunnitelmassa.

2.3 Varmuus

Nosto-osien mitoittaminen osavarmuusmenettelyä käyttäen perustuu betonirakenteiden suunnittelun eurokoodin [1] lisäksi tekniseen raporttiin CEN/TR 15728 [2].

Tämän ohjeen edellinen versio perustui Suomen rakentamismääräyskokoelman betonirakenteiden ohjeen B4 kappaleessa 2.6.1.5 esitettyyn vaatimukseen nelinkertaisesta kokonaisvarmuudesta, joka ei ole voimassa eurokoodin mukaan tehtävässä suunnittelussa.

2.3.1 Materiaalin osavarmuuskertoimet

Nostolenkeihin ja -ankkureihin vaikuttavan materiaalien murtokapasiteettien hajonnan vaikutus otetaan huomioon materiaalien osavarmuusluvulla, jotka on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Taulukko 1: teräksen osavarmuusluvun γ_s arvot

Nosto-osan tyyppi	$f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ ja $f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$	$f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2$ tai $f_{yk}/f_{uk} > 0,8$
Teollisesti valmistetut nostojärjestelmät *)	$\text{Max}(1,5; 1,2 f_{uk}/f_{yk})$	1,7
Pyöröteräsnostolenkit **)	2,0	-
Jännepunokset	-	1,8

*) Edellyttää, että valmistajan laadunvalvonta on ympäristöministeriön hyväksymän toimielimen varmentamaa tai tuote on CE-merkitty.

**) Teräslaadun tulee pyöröteräsnostolenkeillä olla vähintään S235J2+N. Myös teollisesti valmistetuilla pyörö- ja harjateräsnostolenkeillä tulee käyttää teräksen osavarmuuslukua 2,0, koska niihin tulee nostojen aikana plastisia muodonmuutoksia jo käyttörajatilan kuormilla.

Taulukko 2: betonin osavarmuuskertoimen γ_c arvot

Kuormitustapa	Varmennettu laadunvalvonta
Veto	1,5
Leikkaus, yhdistetty veto ja leikkaus	1,5

Nostolenkin betonin ulkopuolisella osalla esiintyy vedon lisäksi paikallisesti leikkausta ja taivutusta, jonka lisäksi nostolenkkeihin muodostuu jo käyttörajatilan kuormilla plastisia muodonmuutoksia. Nostolenkkien mitoitus tehdään kuitenkin vain vedolle. Näiden seikkojen vaikutus kokonaisvarmuuteen on otettu huomioon tavanomaista rakenteiden mitoittamista suuremmilla osavarmuuskertoimilla.

Nostolenkkien mitoitusvaiheessa betonin lujuutena käytetään elementin nostohetken lujuutta. Betonielementtejä siirrettäessä tai kuljetettaessa, niiden lujuuden tulee olla vähintään 70% nimellislujudesta, ellei laskelmin toisin osoiteta. Lujuusluokille > C50/60 käytetään lujuusluokan C50/60 arvoja.

2.3.2 Kuormien osavarmuusluvut

Pysyvien kuormien osavarmuusluku $\gamma_G = 1,15$. Muuttuvien kuormien osavarmuuslukua $\gamma_Q = 1,5$ käytetään syykselle sekä muotista noston kuormille.

Kun levyelementtien valmistuksessa käytetään ei-käännettäviä vaakamuotteja, otetaan imuvaikutus elementtityypistä ja muottimateriaalista riippuen nostettaessa huomioon. Tällöin kuorma lasketaan kaavasta

$$E_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot q_{adh} \cdot A_f,$$

jossa G on elementin paino, A_f muotin ja elementin kontaktipinnan ala ja q_{adh} adheesion ja kitkan yhteisvaikutuksen huomioon ottava tartunta, jonka ohjeelliset arvot on esitetty taulukossa 3. Kuvioidussa muottipinnassa voi tartuntavoima kasvaa kuvioinnista riippuen jopa kaksinkertaiseksi elementin painoon nähden.

Taulukko 3: Kitkan ja adheesion huomioon ottavan tartunnan ohjeelliset arvot

Muotin tyyppi ja olosuhteet	q_{adh} *)
Öljyitty teräsmuotti	1 kN/m ²
Sileäpintainen puumuotti	2 kN/m ²
Karkeapintainen puumuotti	3 kN/m ²
*) Betonin ja muotin yhteenlasketulle kontaktipinta-alalle	

Noston aikaisen kuorman mitoitusarvo lasketaan kaavasta

$$E_d = \gamma_G \cdot G + (\Psi_{dyn} - 1) \cdot \gamma_Q \cdot G,$$

jossa Ψ_{dyn} on dynaaminen kerroin. Teknisessä raportissa [2] esitetyt dynaamisen kertoimen suositusarvot on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4: Dynaamisen kertoimen Ψ_{dyn} arvot eri nostotilanteissa

Nostotilanne	Ψ_{dyn}
Torni- tai siltanosturi	1,2 *)
Autonosturi	1,4 *)
Liikkuva nosturi tasaisessa maastossa	2,0 - 2,5
Liikkuva nosturi epätasaisessa maastossa	3,0 – 4,0
*) Alemmatkin arvot voivat olla mahdollisia tehtaissa ja erityisjärjestelyin työmaalla	

Tätä ohjetta laadittaessa dynaamiselle kertoimelle on käytetty arvoa 1,6 suositusarvosta 1,4 poiketen. Kuorman osavarmuudelle käytetään tässä ohjeessa merkintää γ_L ja se lasketaan kaavasta

$$\gamma_L = \gamma_G + (\Psi_{dyn} - 1)\gamma_Q = 2,05.$$

Betonin murron ja nostoankkureiden varmuustasoksi muodostuu näin materiaalin osavarmuusluvun ja kuorman osavarmuusluvun tulona 3,08. Pyörö- ja harjateräsnostolenkeillä, joissa tapahtuu plastisia muodonmuutoksia, kokonaisvarmuus on teräksen murron osalta vastaavasti 4,10.

2.4 Kuorman jakautuminen

Määrittäessä nostolenkeille ja -ankkureille tulevia kuormituksia tulee ottaa huomioon seuraavat seikat:

- haara- ja nostokulman vaikutus
- kuorman epätasainen jakautuminen
- tuoreen betonin ja muottipinnan välinen mahdollinen imuvoima.

2.4.1 Haara- ja nostokulma

Nostettaessa elementtiä ilman tasauspalkkia kohdistuu nostoelimiin vino vetorasitus. Nosto-osaan kohdistuva rasitus kasvaa haarakulman β kasvaessa. Haarakulmalla tarkoitetaan kuvan 1 mukaisesti nostoraksien välistä kulmaa. Nostokulmalla puolestaan tarkoitetaan nosto-osaan vaikuttavan vetävän voiman ja nosto-osan symmetria-akselin välistä kulmaa.

Nosto-osaan vaikuttava voima lasketaan kaavasta

$$F = V / \cos(\beta/2).$$

Merkitsemällä $z = 1 / \cos(\beta/2)$ voidaan kaava kirjoittaa yksinkertaisempaan muotoon

$$F = V \cdot z.$$

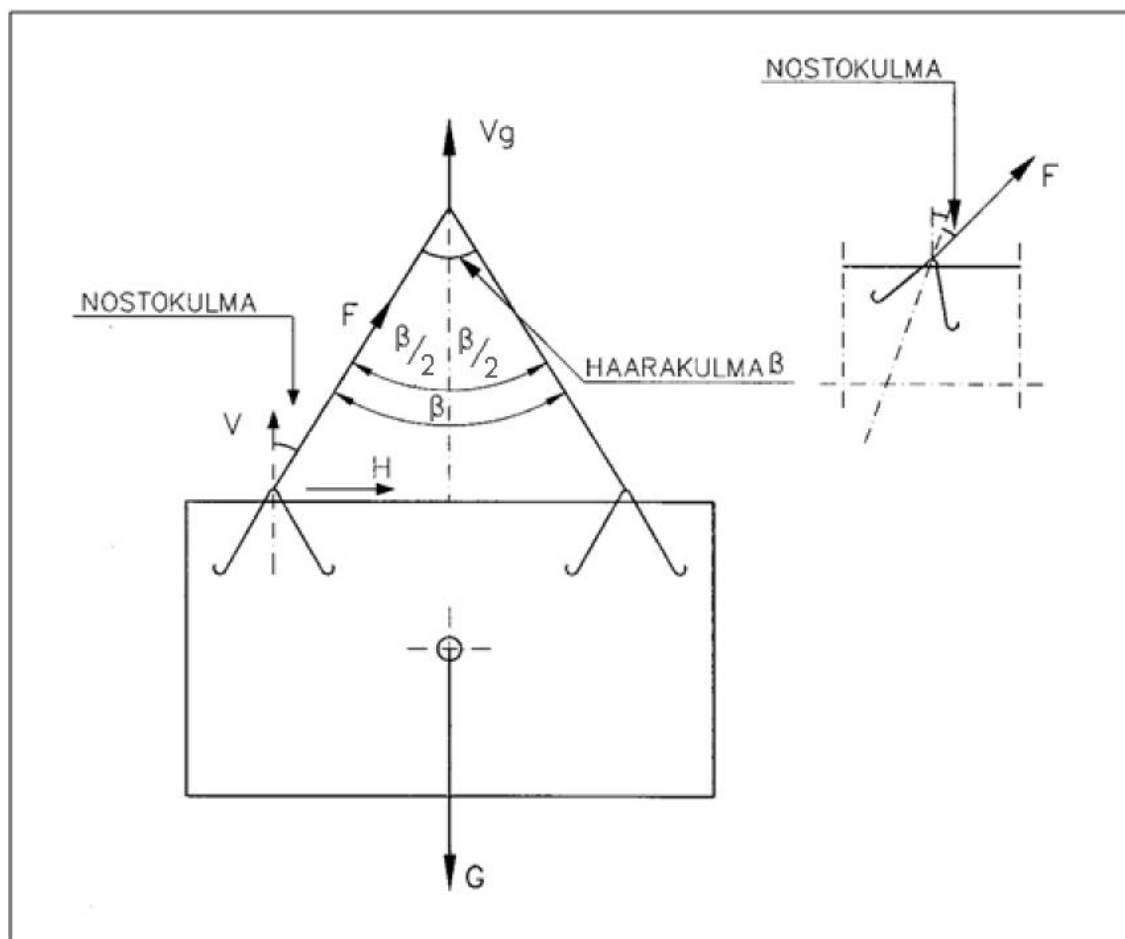
Vakion z arvot on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5: Kerroin z nosto-osaan kohdistuvan voiman laskemiseksi haarakulman β arvoilla

β	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°
z	1,00	1,01	1,03	1,08	1,15	1,26	1,41	1,64	2,00

Kaksipistenostossa nosto-osien sijaitessa symmetrisesti elementin painopisteen suhteen on voimassa kaava

$$F = G/2 \cdot z.$$



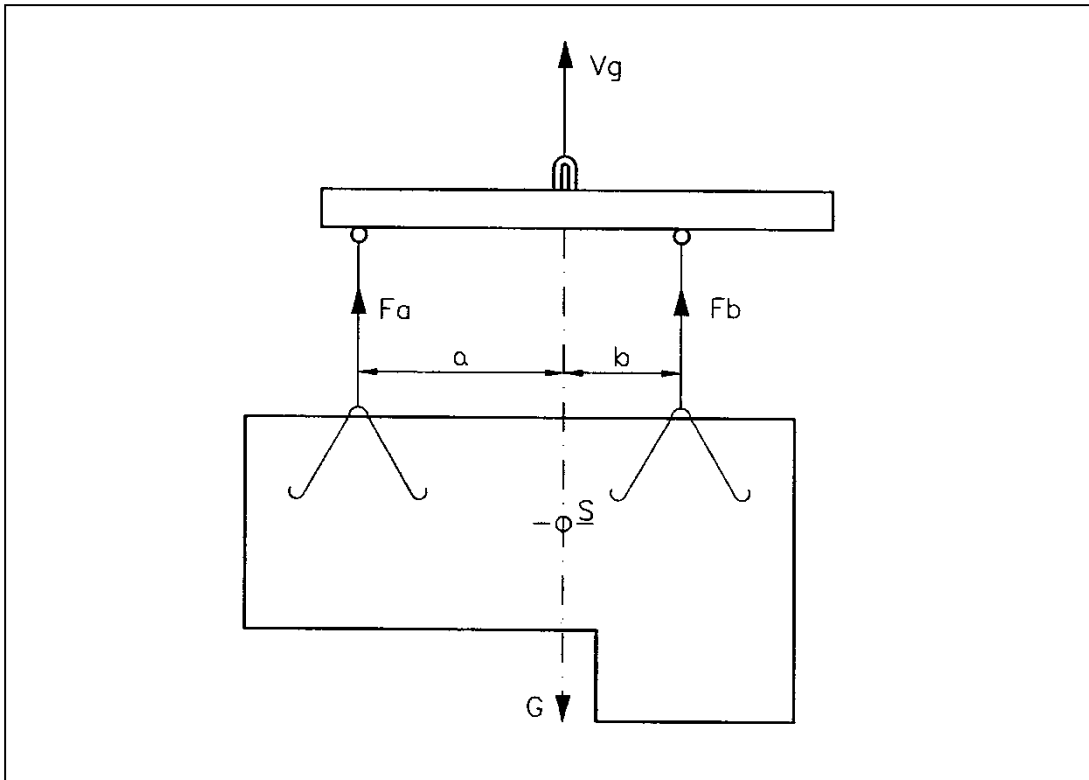
Kuva 1: *Vino nosto*

Nostokulman suositeltavat maksimi-arvot riippuvat nostolenkin tai -osan tyypistä. Haarakulman suositeltava enimmäisarvo on 90° ja sallittu maksimi-arvo 120°. Haarakulman ylittäessä 90°, on siitä oltava tieto nostolenkkien mitoitus- ja valmistusvaiheessa.

2.4.2 Kuorman epätasainen jakaantuminen

Kuorma jakautuu epätasaisesti, jos nostoelimet eivät sijaitse symmetrisesti elementin painopisteakselin suhteen tai nosto tapahtuu ilman nostopalkkia neljästä tai useammasta pisteestä.

Nostopalkkia käytettäessä nostoelimet voivat olla epäsymmetrisesti painopisteen suhteen kuvassa 2 esitetyllä tavalla. Nostokorvakkeen on kuitenkin sijaittava painopisteakselilla.



Kuva 2: Kuorman epätasainen jakaantuminen

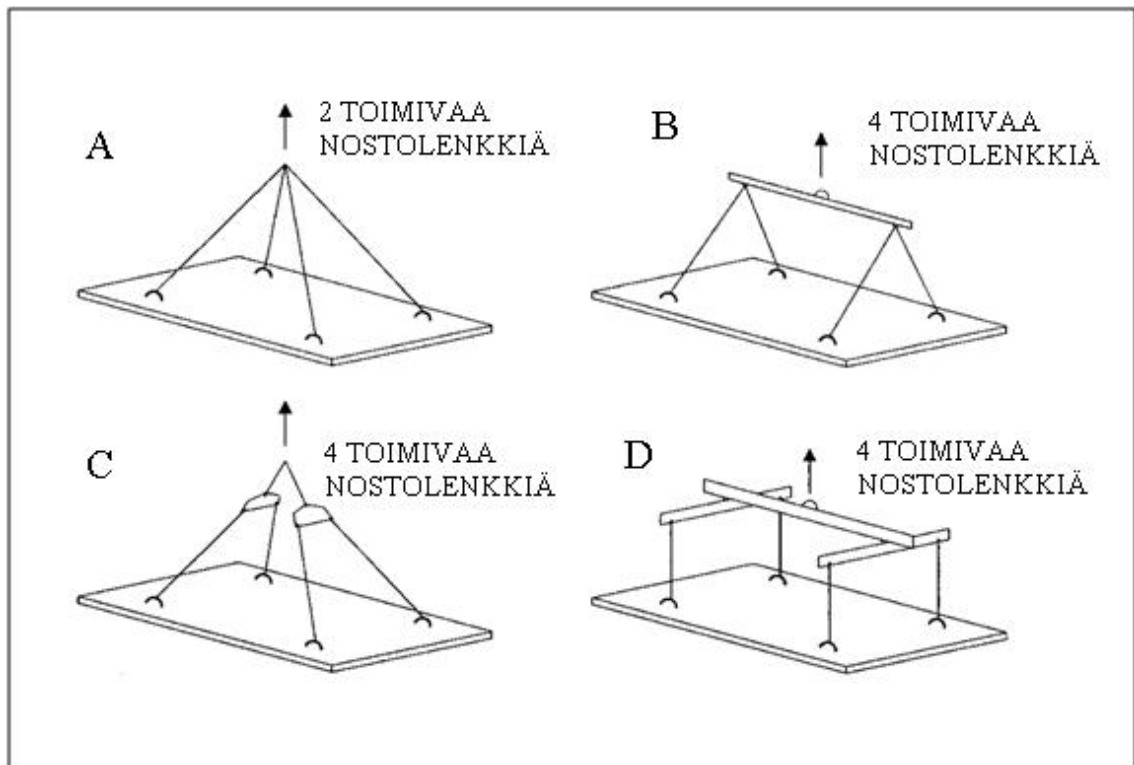
Voimasuureet lasketaan kaavoilla

$$F_a = G \cdot b / (a + b)$$

$$F_b = G \cdot a / (a + b)$$

Ilman nostopalkkia asennettaessa tulee nostoelinten sijoituksen olla symmetrinen elementin painopisteen suhteen.

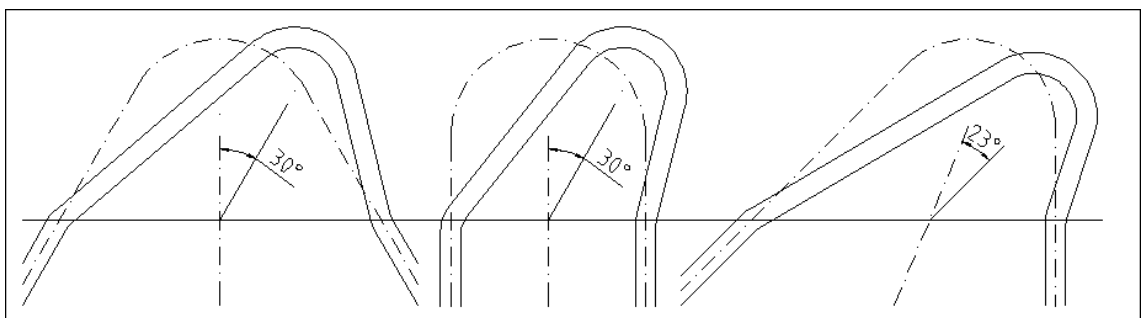
Jos elementtiä nostetaan neljästä kohdasta ilman nostopalkkia, voidaan toimiviksi nostoelimiksi laskea kaksi vastakkaista ts. mitoitus palautuu kahden pisteen nostoon (kuva 3A). Nostopalkkia käytettäessä voidaan kaikki neljä nostoelintä laskea toimiviksi (kuva 3B, 3C, 3D).



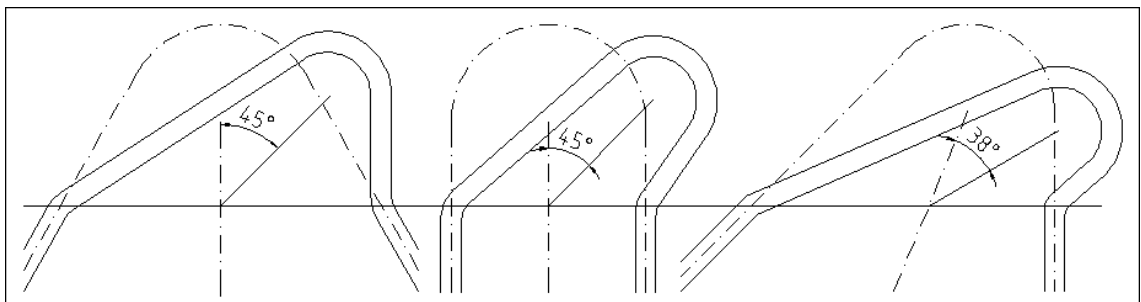
Kuva 3: Nelipistenosto

2.4.3 Voiman jakautuminen nostolenkin haaroille

Nostolenkin nostavan voiman suuruus riippuu noston suunnasta ja nostolenkin muodonmuutoksesta. Kun nostokulma on enintään 30° , oletetaan nostolenkin molemmissa haaroissa vaikuttavan yhtä suuren vetovoiman.

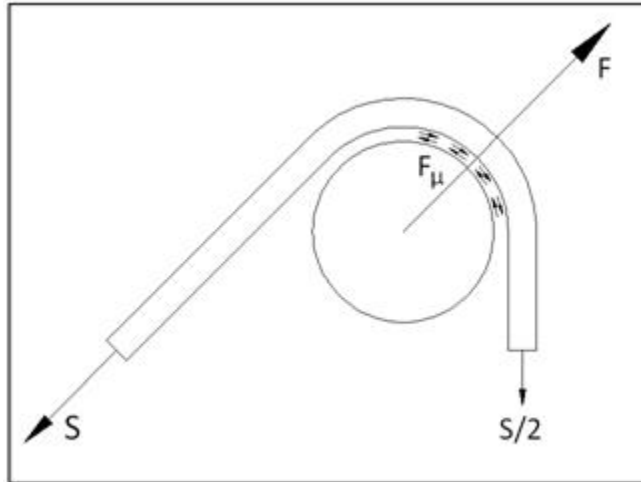


Kuva 4: Esimerkkejä nostolenkeistä, joiden nostokulma on enintään 30°



Kuva 5: Esimerkkejä nostolenkeistä, joiden nostokulma on enintään 45°

Nostokulman ylittäessä 30° oletetaan nostolenkin toisen haaran vetovoiman olevan pienempi nostoapulaitteen ja nostolenkin välisestä kitkasta ja nostolenkin taivutusjäykkyudesta johtuen. Nostokulman arvon ollessa 45° , oletetaan toisen haaran vetovoiman olevan 50 % vetovoiman mitoitusarvosta kuvassa 6 esitetyllä tavalla.



Kuva 6: Vetovoiman jakautuminen nostolenkin haaroille nostokulmalla 45°

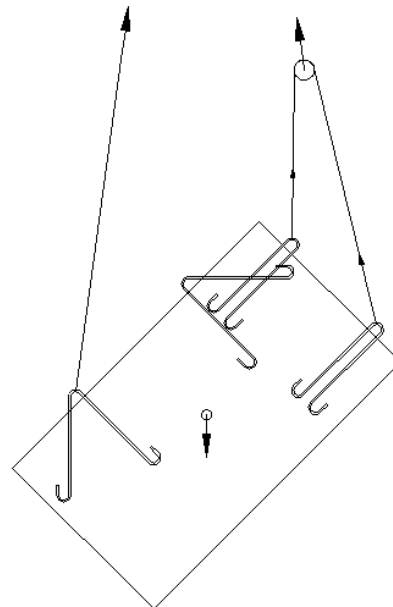
2.4.4 Elementin kääntö ilmassa

Käännettäessä vaaka-asennossa kuljetettu korkea seinäelementti ilmassa pystyasentoon tulee kääntö tehdä kuvassa 7 esitetyllä tavalla käyttäen kääntöpyörän kautta kulkevaa vaijeria. Kääntö voidaan tehdä kahdella nosturilla tai yhdellä nosturilla, jossa on kaksi nostovaijeria ja vinssiä.

Käännön alkaessa elementti on joko varastoituna elementtipukkiin tai kääntö tehdään suoraan kuormasta nostettaessa. Apuvinssin tai toisen nosturin raksi kiinnitetään vain alimpaan pitkän sivun nostolenkkiin ja päävinssissä oleva kääntöpyörä kiinnitetään päädyn nostolenkkeihin.

Elementti nostetaan ilmaan molempien vinssien avulla. Päävinssiä kiristettäessä elementti alkaa kääntyä. Apuvinssillä nostetaan tarvittaessa, ettei elementin alakulma osu maahan.

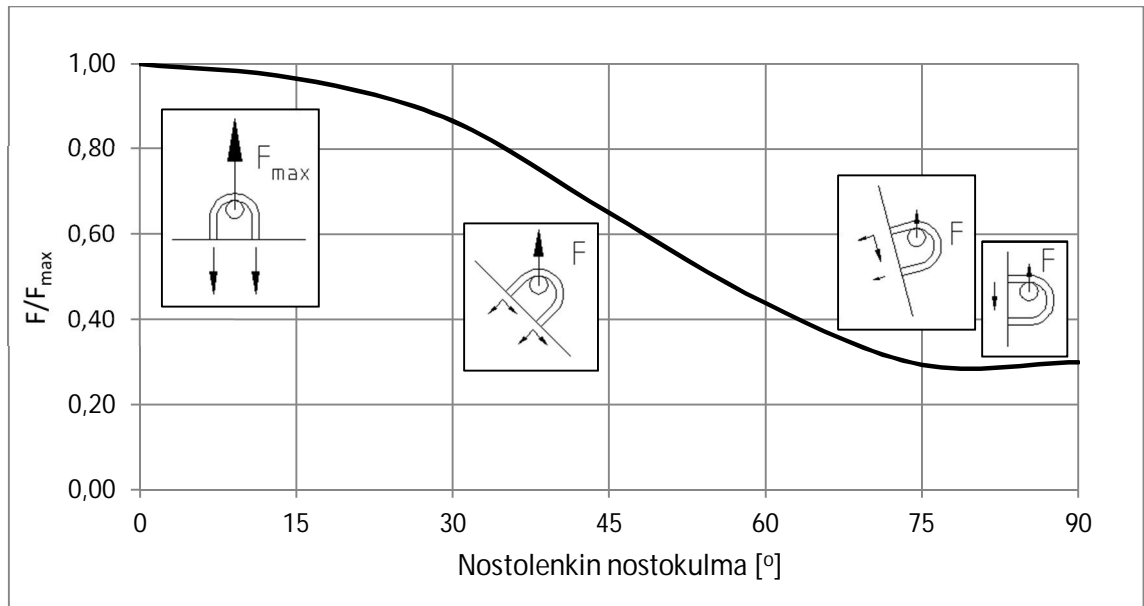
Pitkän sivun nostolenkki, jota ei käytetä käännössä, katkaistaan yleensä ennen käännön aloittamista, koska sen katkaisemiseksi tarvittaisiin muutoin henkilönostinta.



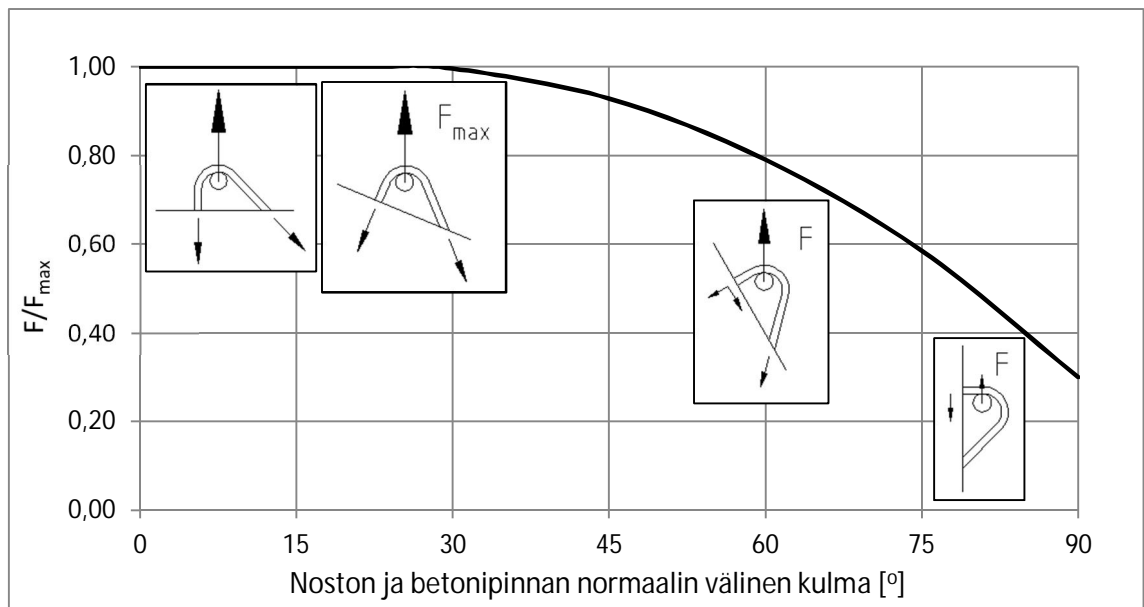
Kuva 7: Elementin kääntäminen kääntöpyörän avulla

Elementin kääntämisen yhteydessä voi nostokulma olla jopa 90° . Tällöin nostolenkkiin kohdistuva voima välittyy betonille nostolenkin toisen haaran leikkausvoiman välityksellä.

Kuvissa 8 ja 9 on esitetty NA- ja NB-tyyppisten nostolenkkien kapasiteetin piene-
neneminen elementin käännön yhteydessä. Nostolenkin betonista ulkoneva osa ei saa olla
liian pitkä, koska silloin nostolenkki taittuu käännön aikana kahteen kertaan, minkä
vuoksi nostolenkki saattaa katketa.



Kuva 8: NA-tyypin nostolenkin nostovoiman riippuvuus noston suunnasta käännössä



Kuva 9: NB-tyypin nostolenkin nostovoiman riippuvuus noston suunnasta käännössä

3. NOSTOLENKIT

3.1 Materiaalit

Rakenneteräksestä valmistettavat pyörötankonostolenkit suositellaan tehtäväksi laaduista S235J2+N / S355J2+N (EN 10025:2004), mutta myös kieppinä myytävät S235JR ja S355J0 sallitaan. Ruostumattomissa lenkeissä voidaan käyttää teräslaaduna 1.4301 (AISI 304) ja 1.4404 (AISI 316) (EN 10088). Nostolenkit voidaan tehdä myös muusta teräslaadusta, jos niiden varmuudesta on hyväksytyn tutkimuslaitoksen kokeisiin perustuva selvitys. Teräksen sitkeys on erityisen tärkeä ominaisuus nostolenkeissä suurten muodonmuutosten vuoksi.

Jännepunoslenkit valmistetaan kylmänävedetystä jännepunoksesta, jolla on hyväksytyt, voimassaoleva käyttöseloste (esim. St1550/1770, St1630/1860). Tämän ohjeen taustamateriaalina on käytetty VTT:n tutkimusraporttia jännepunoksesta valmistetuista nostolenkeistä [3], lausuntoa ohjeesta Nostolenkkien mitoitusohjeet ja taivutusmallit [4], tutkimusselostuksia ruostumattomien nostolenkkien ulosveto- ja lämpölaajenemiskokeista [5], [6] sekä tutkimusselostusta nostolenkkien koukkuankkuroinnin vaikutuksesta betonin halkeamiseen korkealujuuksisilla teräslajeilla [7].

3.2 Valmistus ja asennus

Nostolenkit asennetaan paikoilleen ennen elementtien betonointia, lukuunottamatta paalujen ja ontelolaattojen nostolenkkejä. Lenkit on sidottava raudoituksiin niin, että ne pysyvät valun aikana paikoillaan. Nostolenkkejä elementteihin asennettaessa ja elementtejä varastoitaessa ja liikuteltaessa on huolehdittava siitä, etteivät nostolenkit taivu. Elementtejä ei siis saa esimerkiksi varastoida päällekkäin siten, että päällimmäinen elementti tukeutuu alla olevan elementin nostolenkkeihin.

Käytettäessä nostolenkkejä hyvin kylmissä olosuhteissa (alle -25°C), on erikseen varmistettava vaadittavan varmuuden saavuttaminen teräksen kylmäauraus huomioon ottaen.

Punoslenkkeihin ei saa tehdä hitsauksia. Pyöröteräslenkkien taivutettuja osia tai nostossa taipumiselle alttiita kohtia ei saa hitsata. Punoksen taivuttaminen on suoritettava kylmänä ja ennen taivutusta purkautuneita punoksia ei saa käyttää. Punoksia nostolenkiksi niputettaessa on aina käytettävä punosten kanssa samaan aikaan taivutettavaa holkkia. Myös yksittäispunokset suositellaan taivutettavaksi holkin kanssa.

3.3 Sallitut sijaintitoleranssit

Nostolenkkien päiden ankkurointipituus saa alittaa mitoituksen mukaisen pituuden korkeintaan 20 mm. Lenkin vapaaväli betonin pintaan saa vaihdella punoslenkillä ± 50 mm (nostopisteitä yksi tai kaksi) tai ± 20 mm (nostopisteitä kolme tai enemmän) ja pyörötankolenkeillä ± 30 mm suunnitellusta mitasta. Nostoapulaitetta varten jätettävä vapaa väli betonin pinnan ja nostolenkin alareunan välillä on oltava 80 mm.

Nostolenkkien sijaintiin elementin sivusuunnassa on kiinnitettävä erityistä huomiota kiepahdusriskin takia pitkällä ja hoikilla elementeillä (esim. pitkät HI-palkit), joissa sallittu sivusijainnin poikkeama on ± 20 mm. Nostolenkin keskeinen sijainti on hyvin

tärkeä myös ohuissa betonikuorissa, koska betonipeitteen paksuuden pienentyessä riski sivulle suuntautuvalla kartiomurrolle kasvaa. Niissä sallittu sivusijainnin poikkeama on ± 10 mm.

3.4 Kestävyyksien mitoitusarvot

Kuorman epätasainen jakautuminen elementtiä nostettaessa, käytettävä nostotapa ja lenkin asento kuormitussuuntaan nähden on otettava huomioon määritettäessä kuorman suuruutta. Elementin oman painon oletetaan jakautuvan nostolenkin haarojen vetovoimaksi kappaleessa 2.4 esitetyllä tavalla.

Nostolenkin yhden haaran kestävyys murtorajatilassa lasketaan kaavasta

$$N_{Rd} = A_s f_{uk} / \gamma_s,$$

jossa A_s on teräksen poikkileikkauksen pinta-ala ja f_{uk} murtolujuus.

Elementin kääntämisen yhteydessä voi nostolenkkiin kohdistuva voima välittyä betonille nostolenkin toisen haaran leikkausvoiman välityksellä. Leikkausvoimakkestävyys lasketaan kaavasta

$$V_{Rd} = A_s \cdot \tau_d = A_s \cdot 0,6 \cdot f_{uk} / \gamma_s.$$

Jos noston suunta on sellainen, että toinen nostolenkin haaroista taittuisi betonipinnan läheisyydessä enemmän kuin 30° , arvioidaan leikkaus- ja normaalivoimien yhteisvaikutusta kaavalla

$$\frac{V_d}{V_{Rd}} + \frac{N_d}{1,4 \cdot N_{Rd}} \leq 1,0.$$

3.5 Pyörötankolenkit

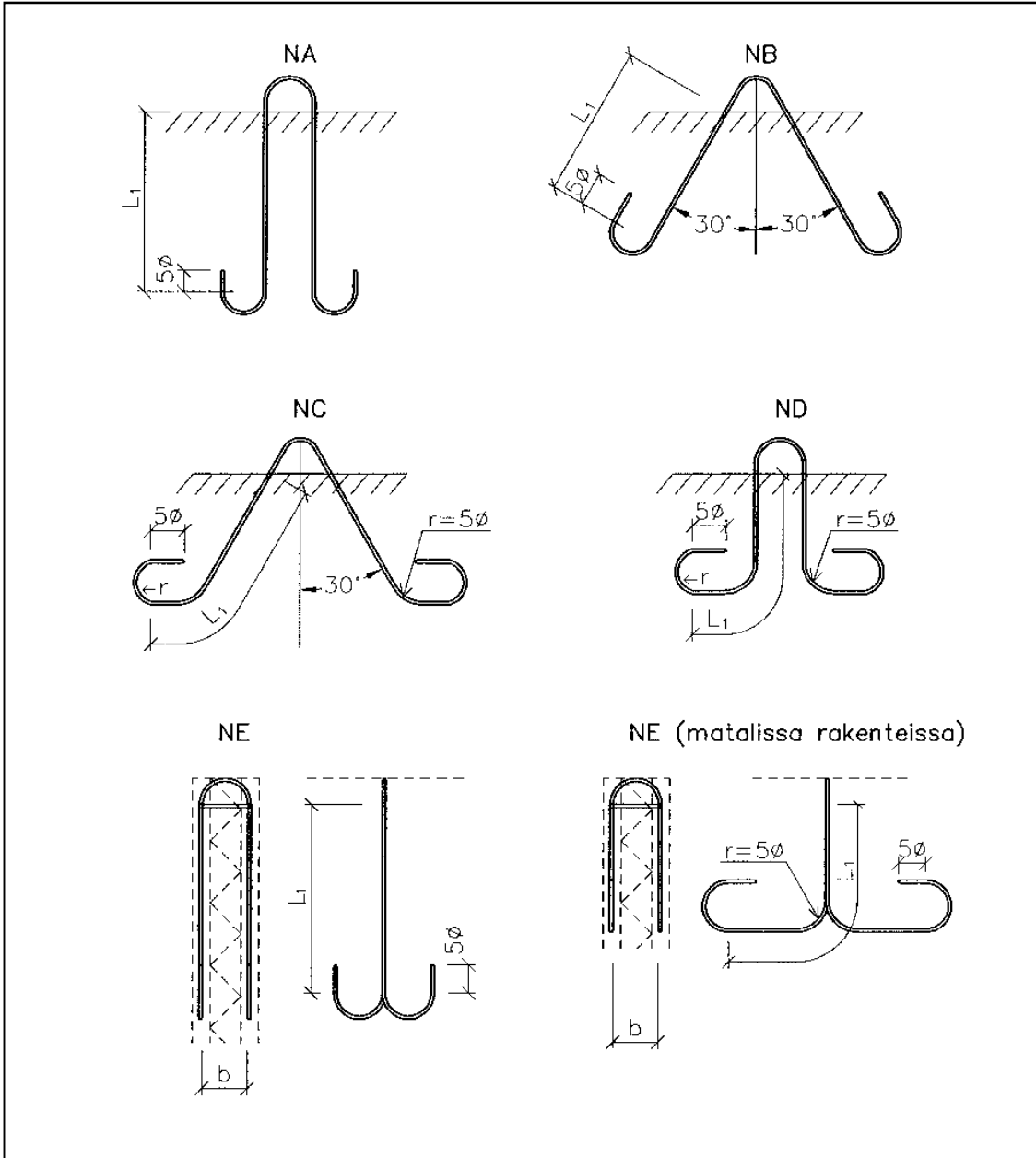
3.5.1 Taivutustyyppit

Suosittelvat taivutusmallit on esitetty kuvassa 10. Kuvaan on merkitty ankkurointipituus L_1 ja päatekoukun taivutusmitat.

Taivutustyyppit NA-ND soveltuvat pilari- ja palkkielementtien sekä kantavien seinäelementtien nostoon. Tyyppi NE on tarkoitettu sandwich-elementtien ns. kaksikuorinostoon.

Lenkit varustetaan päatekoukulla, jonka taivutussäde on $R = 2,5 \cdot \phi$. Kuitenkin korkealujuusisista teräksistä S355J2+N ja 1.4301 valmistettujen nostolenkkien päatekoukkujen taivutussäde on $R = 5 \cdot \phi$. Suurempaa taivutussädettä suositellaan myös teräslaadusta S235J2+N tehdyille, esimerkiksi tyyppin NE tyyppin nostolenkeille, jotka betonilevyn ohuuden vuoksi ovat alttiita halkaisuvoimalle. Tällöin pyöröteräksen kapasiteetti voidaan hyödyntää paremmin.

Taivutustyypeissä NC, ND ja NE on ankkurointipituuden matkalla tehtävien taivutusten taivutussäde $R = 5 \cdot \phi$. Jos tehtaalla joudutaan tekemään lisätaivutuksia esim. julkisivuelementeissä aukkojen kohdilla, on taivutussäde samoin $R = 5 \cdot \phi$. Lisätaivutusten yhteydessä on aina varmistettava rakenteen kantokyky ja tarvittaessa käytettävä lisäraudoitusta.



Kuva 10: Pyörötankolenkkien taivutusmallit

3.5.2 Tartuntapituus

Betonirakenteiden suunnittelun eurokoodi ei kata sileäpintaisen raudoituksen käyttöä. Eurokoodi perustuu mallinormiin CEB-FIB Model Code, jonka vuoden 2010 luonnosversiossa [8] on esitetty pyörötankojen tartunnan mitoitusarvoille laskentatapa. Pyörötankojen tartunta on sen mukaisesti huomattavasti heikompi kuin laskentatavassa,

jota on käytetty tämän ohjeen edellisessä versiossa [9], mikä johtaisi huomattavasti suurempiin tartuntapituuksiin. Liitteessä A on esitetty vertailu tartuntapituuksien laskentatuloksista.

Liitteessä B on esitetty pyörötangon tartuntaan ja koukun voima-siirtymä -yhteyteen liittyviä tutkimustuloksia. Murtorajatilassa teräksen vetovoiman oletetaan siirtyvän betonille liitteessä C esitetyllä tavalla. Tutkimustulosten mukaan pelkkä koukku, jonka taivutussäde on $2,5 \cdot \phi$, riittää ankkuroimaan pyöröterästangon murtokuormalla, jolloin tangon suoran osan tartunta on hävinnyt murtokurouman vaikutuksesta. Koska koukku riittää ankkuroimaan teräksen vetovoiman kokonaisuudessaan, määräävä murtotapa on betonin kartiomurto noston aikaisesta elementin yläpinnasta tai ohuissa levyissä elementin sivupinnasta. Tartuntapituuden laskemiselle ei voida esittää tämän tiedon perusteella yksinkertaista menetelmää.

Taulukossa 6 on esitetty pätekoukulla varustetun pyörötangon tartuntapituuden suositusarvot eri betonin nostohetken lujuuksille. Lieriölujuudella 12 MPa suositusarvot ovat samat kuin tämän ohjeen edellisessä versiossa, jonka mukaisesti tartunnan suuruus kehittyy suhteessa betonin vetolujuuteen. Betonin vetolujuus kasvaa suhteessa termiin $f_{ck}^{2/3}$, mutta mallinormin [8] mukaisesti pyörötangon tartuntalujuus kasvaa suhteessa termiin $f_{ck}^{1/2}$. Taulukon L_1 -pituuksien suositusarvoja on suurennettu korkeammilla betonien lujuuksilla näiden termien välisellä suhteella.

Kun koukku on betonin kartiomurron kannalta riittävän syvällä ja betonipeitteen paksuus on riittävä estämään kartiomurron sivulle, ei tartuntapituuden kasvattaminen lisää koukun kapasiteettia murtoon saakka kuormitettaessa. Sen vuoksi samoja tartuntapituuksien suositusarvoja voidaan käyttää sekä teräslaadulle S235J2+N että korkeamman lujuusluokan ruostumattomille teräksille ja teräslaadulle S355J2+N. Tartuntapituuksille voidaan käyttää suositusta pienempiä arvoja, jolloin suunnittelijalta edellytetään mitoituslaskelmat betonin mahdollisille murtotavoille.

Taulukko 6: L_1 -pituuden suositusarvot betonin pinnasta koukun kaarevan osan alkukohtaan

ϕ [mm]	Betonin lieriölujuus f_{ck} nostohetkellä								
	12 [MPa]	16 [MPa]	20 [MPa]	25 [MPa]	30 [MPa]	35 [MPa]	40 [MPa]	45 [MPa]	50 [MPa]
10	650	550	470	420	360	310	300	280	260
12	780	650	570	510	430	370	340	330	320
16	1040	870	750	680	570	500	470	440	410
20	1300	1090	950	840	720	620	570	550	510
25	1630	1370	1190	1050	920	790	720	690	650
32	2080	1740	1520	1350	1140	990	920	880	830

3.5.3 Mitoitus teräksen vetomurtoa vastaan

Pyörötangon vetomurtokuorma lasketaan käytettävän tankomateriaalin murtorajan ominaisarvon mukaan. Teräslaadulle S235 käytetään murtolujuuden mitoitusarvoa 360 N/mm² ja teräslaaduille S355 ja 1.4301 arvoa 510 N/mm².

3.5.4 Betonin murtuminen ohuissa levyissä

Kun käytetään pyörötankolenkkejä ohuissa betonilevyissä, esimerkiksi väliseinä-elementeissä tai sandwich-elementtien kuorissa, on otettava huomioon pyörötangon koukun aiheuttama halkaisuvoima. Betonin murtuminen koukun tasosta ulospäin pienentää nostolenkin kapasiteettia.

Ohuessa kuoressa vetovoiman redusoitu mitoitusarvo lasketaan kaavasta

$$N_{Rd, reduced} = k_{grade} \cdot N_{Rd},$$

jossa N_{Rd} on pyöröteräksen vetovoiman mitoitusarvo ja pienennyskerroin k_{grade} on teräslaadusta riippuen joko kaavan

$$k_{S235} = \min\left(\frac{c}{(3,2 \cdot \phi)}; 1,0\right)$$

tai

$$k_{S355, 1.4301} = \min\left(\frac{c}{(4,5 \cdot \phi)}; 1,0\right)$$

mukainen, missä c on betonipeitteen paksuus ja ϕ on pyörötangon halkaisija.

Kaavojen määrittämisen perusteet on esitetty liitteessä C.

Taulukossa 7 on esitetty kaavoja soveltaen lasketut sellaisten kuorten paksuudet, joissa nostolenkki sijaitsee keskeisesti kuoreen nähden ja nostolenkin täysi kapasiteetti voidaan hyödyntää teräslaadusta ja pyörötangon halkaisijasta riippuen.

Taulukko 7: Kuorten paksuudet, joilla keskeisesti sijoitetun nostolenkin täysi kapasiteetti hyödynnettävissä

	Pyörötangon halkaisija ϕ [mm]						
	10	12	14	16	20	25	32
Teräslaatu	Kuooren paksuus t [mm]						
S235	75	90	105	120	150	185	240
S355	100	120	140	160	200	250	320

3.5.5 Lämpölaajenemisen aiheuttama halkeilu

Ruostumattomia lenkkejä käytettäessä teräksen ja betonin erisuuruinen pituuden lämpötilakerroin synnyttää lämpötilan noustessa elementin valmistuslämpötilaa korkeammaksi betoniin nostolenkin ympärille jännitystilän. Mikäli lämpötilan nousu on korkeintaan 15 °C, ei halkeiluvaaraa esiinny. Mikäli lämpötilan nousu on tätä korkeampi, paksujen tankojen $\phi 20$ ja $\phi 25$ käyttöä ohuissa kuorissa ($\leq 100\text{mm}$) tulisi välttää VTT:n tutkimusselostuksen [9] mukaisesti.

3.5.6 Sallitut nostokulmat

Pyörötankolenkkien suositellut nostokulmat (kuva 1, poikkeama symmetriaviivasta) ovat:

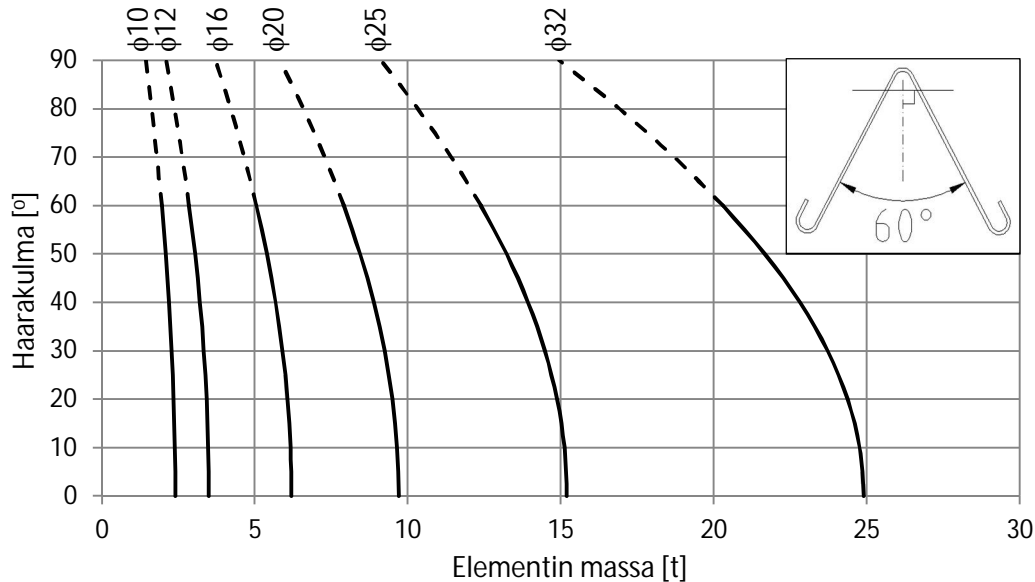
A- ja D-malleissa	$\pm 30^\circ$
B- ja C-malleissa	$\pm 30^\circ$
E-mallissa	$\pm 30^\circ$

Nostokulmat voivat ylittää suositusarvot, mutta tällöin nostolenkkien kapasiteetti pienenee merkittävästi verrattuna siihen, että yhtä lujasta teräksestä tehty nostolenkki asennettaisiin kallistettuun asentoon.

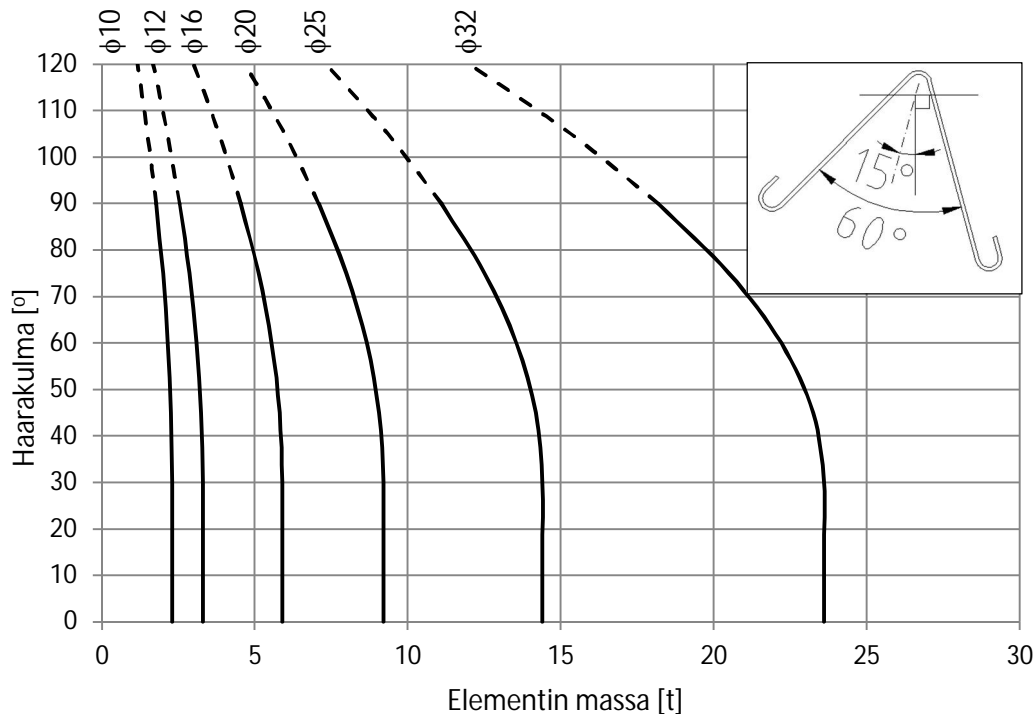
Suosittelut nostokulmat ylittyvät myös käännettäessä korkeita seinäelementtejä ilmassa, mikä huomioidaan nostolenkkien kapasiteettia pienentämällä.

3.5.7 Pyörötankolenkkien valinta

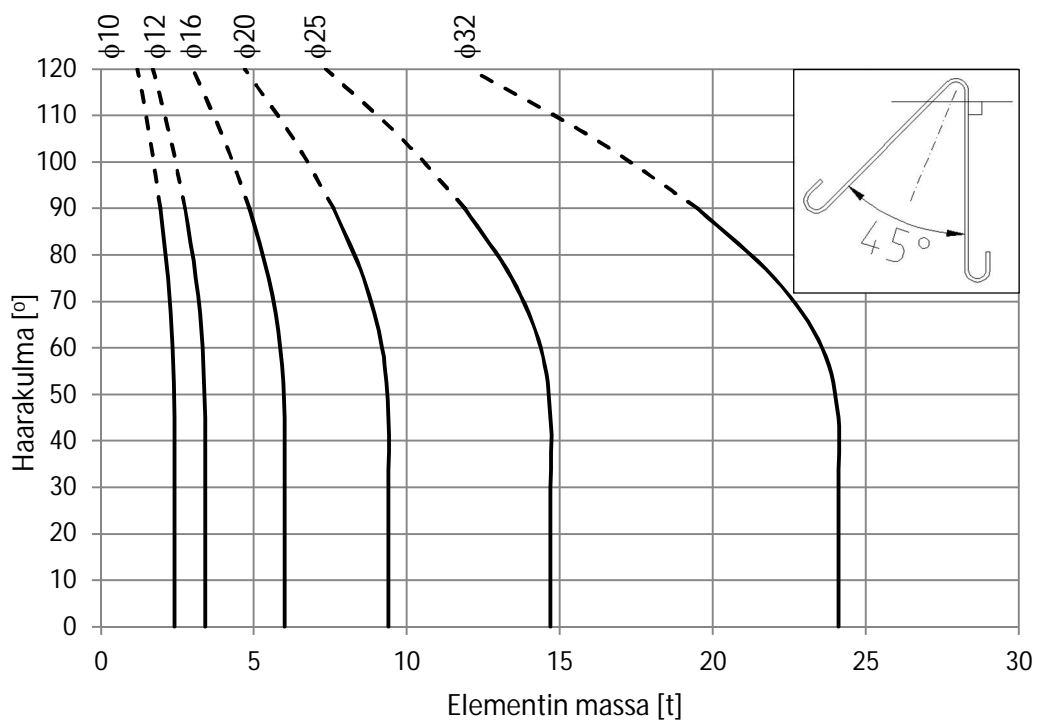
Kuvissa 11, 12 ja 13 on valintakäyrästöt pyörötankolenkeille, joiden teräslaatu on S235J2+N. Katkoviivalla merkittyä käyrän osaa ei suositella käytettäväksi.



Kuva 11: Pyörötankolenkkien valinta, B- ja C-tyypit, teräs S235J2+N, elementissä 2 nostolenkkiä, lenkin symmetria-akseli pystysuorassa

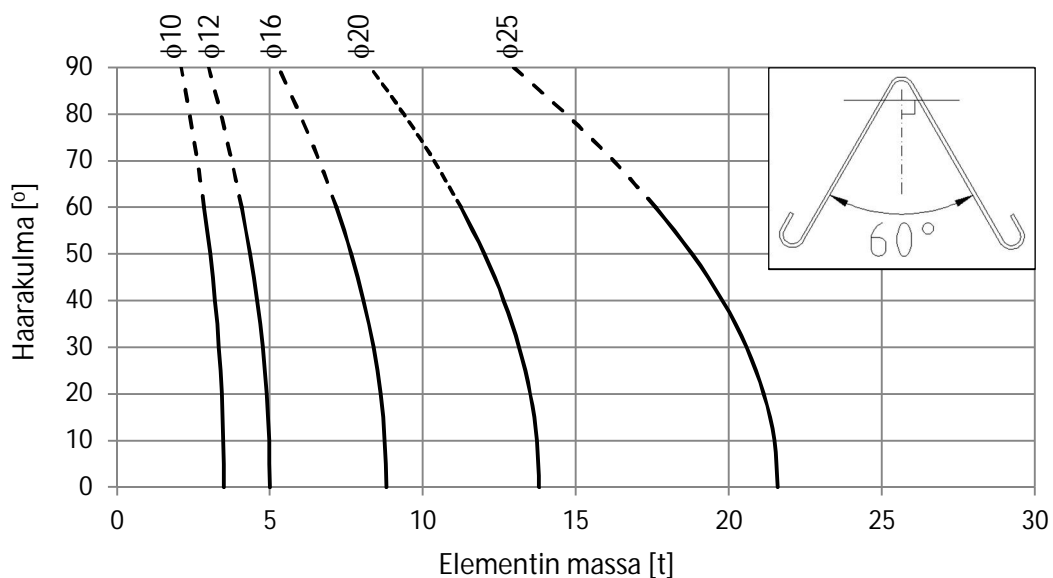


Kuva 12: Pyörötankolenkkien valinta, B- ja C-tyypit, teräs S235J2+N, elementissä 2 nostolenkkiä, lenkin symmetria-akseli kallistettu 15°

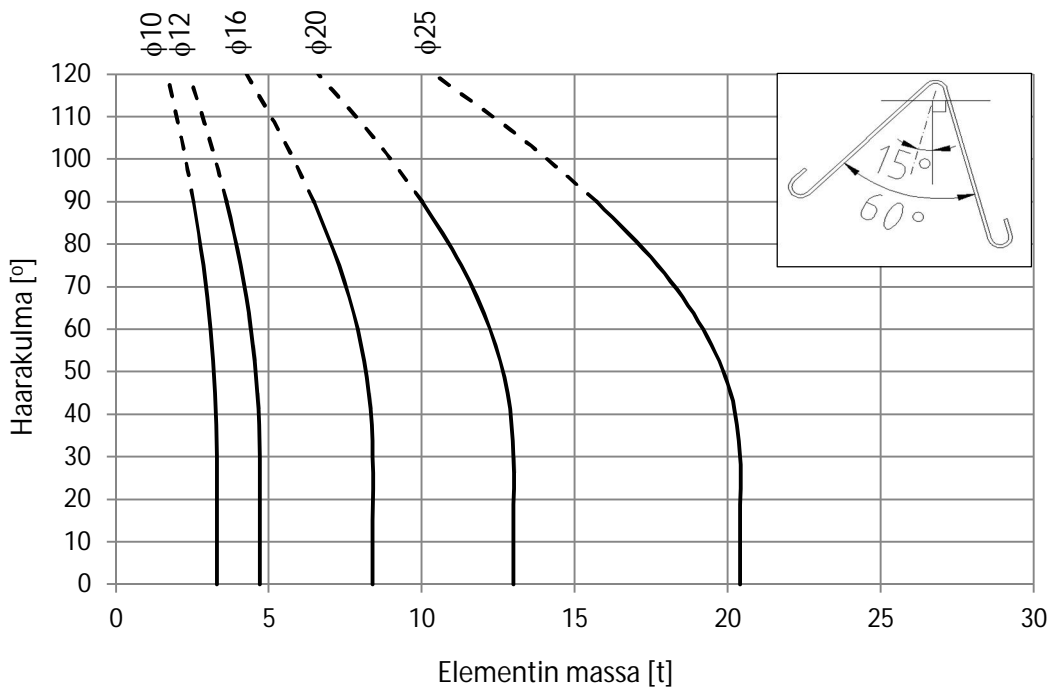


Kuva 13: Pyörötankolenkkien valinta, B- ja C-tyypit 45° taitekulmalla, teräs S235J2+N, elementissä 2 nostolenkkiä, lenkin symmetria-akseli kallistettu $22,5^\circ$

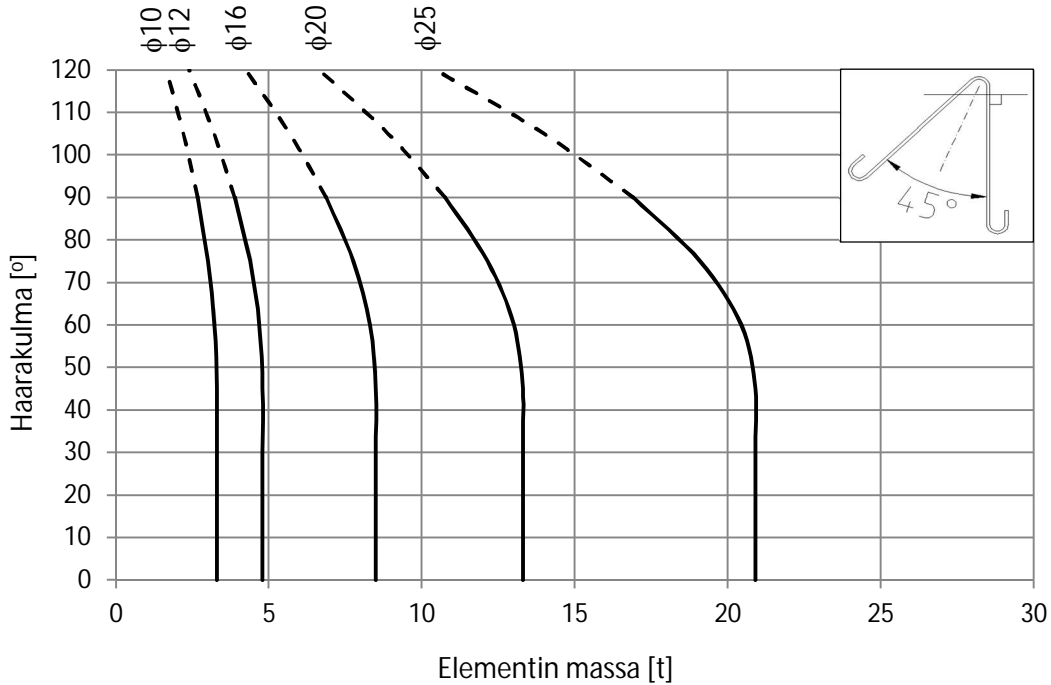
Kuvissa 14, 15 ja 16 on valintakäyrät pyörötankolenkeille, joiden teräslaatu on S355J2+N. Katkoviivalla merkittyä käyrän osaa ei suositella käytettäväksi.



Kuva 14: Pyörötankolenkkien valinta, B- ja C-tyypit, teräs S355J2+N tai 1.4301, elementissä 2 nostolenkkiä, lenkin symmetria-akseli pystysuorassa

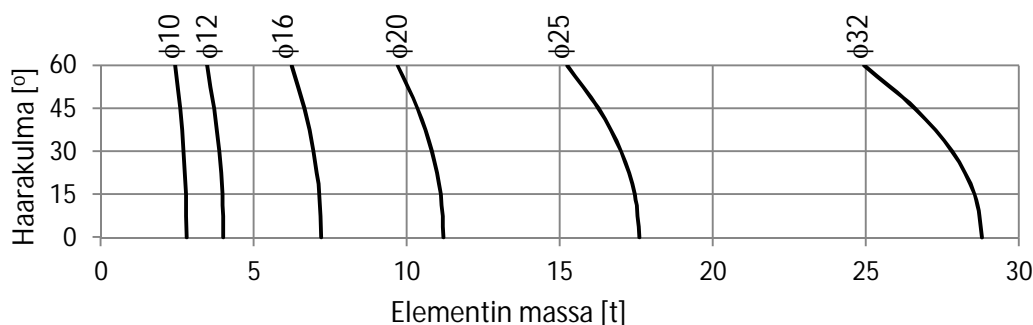


Kuva 15: Pyörötankolenkkien valinta, B- ja C-tyypit, teräs S355J2+N tai 1.4301, elementissä 2 nostolenkkiä, lenkin symmetria-akseli kallistettu 15°

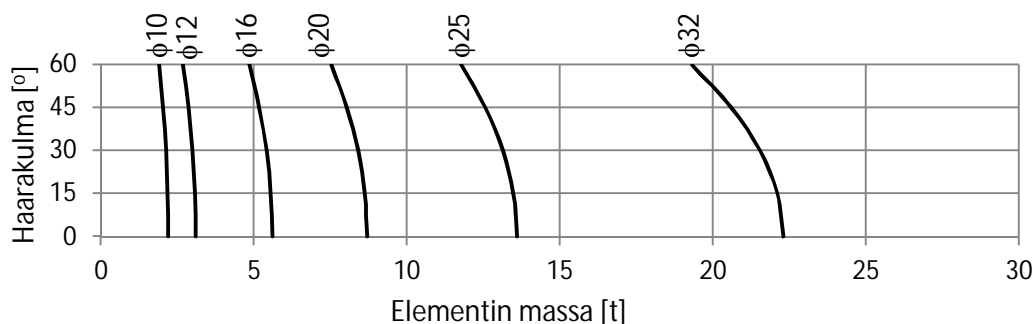


Kuva 16: Pyörötankolenkkien valinta, B- ja C-tyypit 45, teräs S355J2+N tai 1.4301, elementissä 2 nostolenkkiä, lenkin symmetria-akseli kallistettu 22,5°

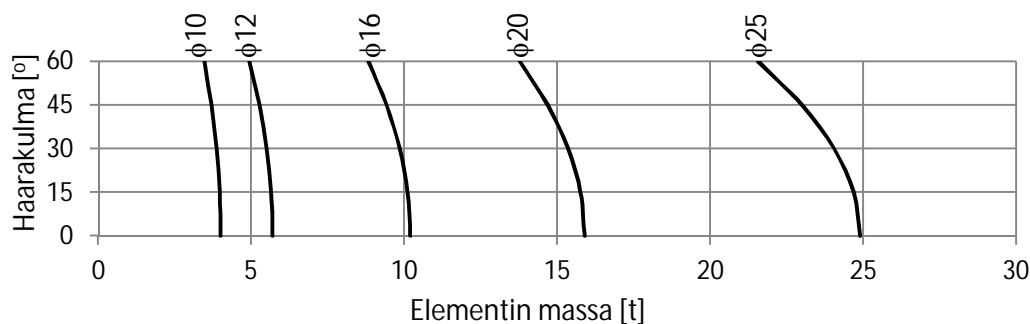
Kuvissa 17-20 on valintakäyrät teräslaaduista S235J2+N sekä S355J2+N tai 1.4301 valmistetuille nostolenkeille. Nostolenkin symmetria-akseli on pystysuorassa asennossa.



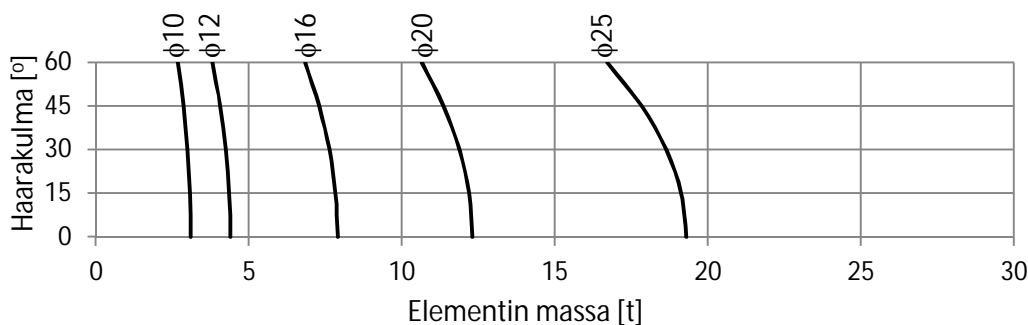
Kuva 17: Pyörötankolenkkien valinta, A- ja D-tyypit, teräs S235J2+N, elementissä 2 nostolenkkiä



Kuva 18: Pyörötankolenkkien valinta, E-tyyppi, teräs S235J2+N, elementissä 2 nostolenkkiä



Kuva 19: Pyörötankolenkkien valinta, A- ja D-tyypit, teräs S355J2+N tai 1.4301, elementissä 2 nostolenkkiä.

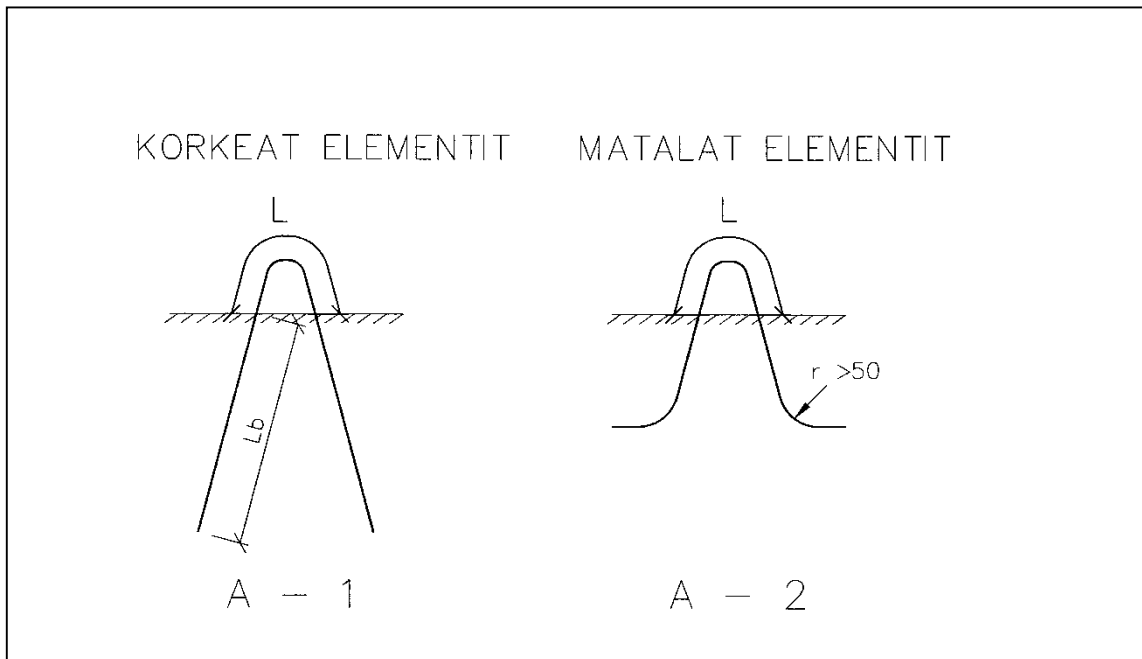


Kuva 20: Pyörötankolenkkien valinta, E-tyyppi, teräs S355J2+N tai 1.4301, elementissä 2 nostolenkkiä

3.6 Jännepunoslenkit

3.6.1 Taivutusmallit

Suosittelavat taivutusmallit on esitetty kuvassa 21. Lenkin ulkoneuvan osan pituuden on oltava vähintään 250 mm ja lenkin taivutussäteen vähintään 50 mm.



Kuva 21: Jännepunoslenkkien taivutusmallit

3.6.2 Tartuntapituus

Tartuntapituus lasketaan eurokoodia soveltaen. Tartuntajännityksen suuruus lasketaan kaavasta

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \eta_1 f_{ctd},$$

jossa kertoimelle η_{p1} käytetään arvoa 1,7 perustuen liitteessä E esitettyihin vetokokeisiin ja kertoimelle η_1 hyvissä tartuntaolosuhteissa arvoa 1,0, muulloin arvoa 0,7. Tartuntapituus lasketaan kaavasta

$$l_{pt} = \alpha_1 \alpha_2 \phi \sigma_p / f_{bpt},$$

jossa $\alpha_1 = 1,0$, kerroin $\alpha_2 = 0,19$ 7-lankaiselle punokselle ja ϕ on jännepunoksen nimellishalkaisija. Tartuntapituutta laskettaessa teräksen jännitys lasketaan kaavasta

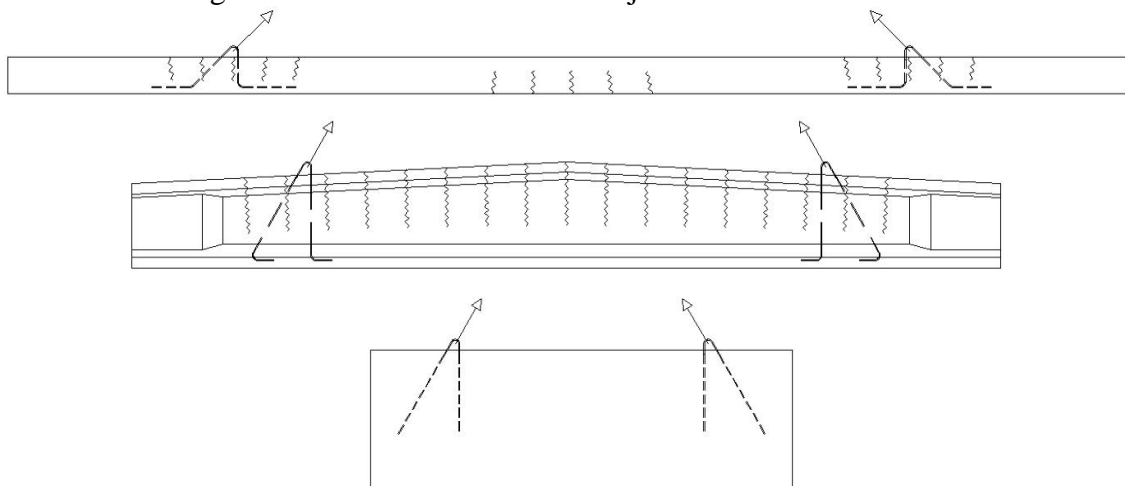
$$\sigma_p = f_{uk} / \gamma_s.$$

Taulukkoon 8 on valmiiksi laskettu ankkurointipituudet punoksen maksimikuormille. Pituuksissa on otettu huomioon 50 mm asennustoleranssi ja arvot on pyöristetty ylöspäin tasalukuihin.

Taulukko 8: Punosten St1550/1770 tartuntapituudet, kun teräksen jännitys on f_u/γ_s .

		Betoin lieriölujuus f_{ck} nostohetkellä							
ϕ [mm]	12 [MPa]	16 [MPa]	20 [MPa]	25 [MPa]	30 [MPa]	35 [MPa]	40 [MPa]	45 [MPa]	50 [MPa]
Hyvät tartuntaolosuhteet									
9,3	1500	1250	1100	900	800	750	700	650	600
12,5	1900	1600	1400	1200	1100	1000	900	850	800
Huonot tartuntaolosuhteet									
9,3	2050	1700	1500	1300	1150	1050	950	900	850
12,5	2750	2250	1950	1700	1500	1350	1250	1150	1100

Kuvassa 22 on näytetty esimerkkejä tartuntaolosuhteista erilaisissa elementeissä. Hoikkaan pilariin voi noston yhteydessä syntyä halkeamia, jolloin on perusteltua laskea tartuntapituus huonoissa tartuntaolosuhteissa. Jännitetyn HI-palkin alalaipassa betoni on puristetussa tilassa, mutta ylälaippa on punosten laukaisun jälkeen vedetty ja siinä on halkeamia jo ennen nostoa, jolloin tartunta on palkin poikkileikkauksen yläosassa huono, mutta alaosassa parempi kuin jännittämättömässä teräsbetonirakenteessa. Seinäelementin nostossa voidaan olettaa hyvät tartuntaolosuhteet, ellei aukkojen tai muun erikoisen geometrian vuoksi betoni ole haljenneessa tilassa.



Kuva 22: Punostenkin tartuntaolosuhteet erilaisissa elementeissä

Yksinkertainen tapa arvioida alttiutta halkeilulle on laskea taivutusmomenttijakauma elementin omasta painosta. Halkeilun alkamiseen saakka betonipoikkileikkauksen voidaan olettaa toimivan kimmoteorian mukaisesti, jolloin betonin vetojännityksen suuruus voidaan laskea kaavalla $\sigma_d = M_d/W$, jossa W on poikkileikkauksen

taivutusvastus. Jos betonin vetolujuuden mitoitusarvo f_{ctd} ylittyy, oletetaan tartuntaolosuhteet halkeilevassa rakenteen osassa huonoiksi.

3.6.3 Punoksen vetomurto

Punoksista tehdyn nostolenkin yhden haaran kestävyuden mitoitusarvo lasketaan kaavasta

$$N_{Rd,s} = k_1 k_2 A_s f_{uk} / \gamma_s,$$

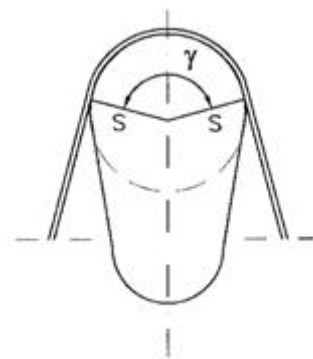
jossa nostoapulaiteen kaarevuudesta riippuvan kertoimen k_1 arvo luetaan taulukosta 9 ja punosnippujen kapasiteetin redusointikertoimen k_2 arvo taulukosta 10. Jännepunoksen poikkipinta-ala on 9,3 mm punoksella 52 mm², 12,5 mm punoksella 93 mm² ja 12,9 mm punoksella 100 mm².

3.6.4 Nostoapulaiteen vaikutus

Punos murtuu tyypillisesti säikeittäin. Murto alkaa sitä pienemmällä punoksen vetovoimalla, mitä pienempi nostoapulaiteen halkaisija on. Nostoapulaiteen nostopinnan kaarevuuden (kuva 23) vaikutus otetaan huomioon kertomalla nostolenkin kestävyys taulukon 9 mukaisella kertoimella k_1 , joka riippuu nostoapulaiteen poikkileikkauksen kaarevuussäteestä (s) tai nostoapulaiteen nostolenkkiin tukeutuvan osan keskuskulmasta (γ). Mikäli kaarevuussäde on muuttuva, käytetään kaarevuussäteen arvona 60°:een keskuskulmaa vastaavaa keskimääräistä kaarevuussädettä.

Taulukko 9: Nostoapulaiteen kaarevuudesta riippuva kerroin

Halkaisija 2·s [mm]	k_1
25 tai $\gamma \leq 60^\circ$	0,65
50	0,80
≥ 75	0,90



Kuva 23: Nostoapulaite

3.6.5 Holkin vaikutus

Teräsholkilla varustetun punoslenkin sallittua kuormaa voidaan korottaa 25% yhden punoksen lenkille, kuitenkin siten, ettei se ylitä yksittäisen punoksen vetomurto-kuormaa.

3.6.6 Punosten niputtaminen

Niputetun lenkkiryhmän kanssa on aina käytettävä punosten kanssa samaan aikaan taivutettavaa teräsholkkia. Nostoapulaiteen halkaisijan tulee ehdottomasti olla ≥ 65 mm.

Punosten lukumäärä otetaan laskelmissa huomioon redusointikertoimella k_2 , jonka arvot on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10: Niputettujen jännepunosten kuorman redusointikertoimet

Niputettujen punosten lukumäärä	1	2	3	4
k_2	1,0	0,9	0,85	0,75

3.6.7 Punoslenkkien nostoapulaitteet

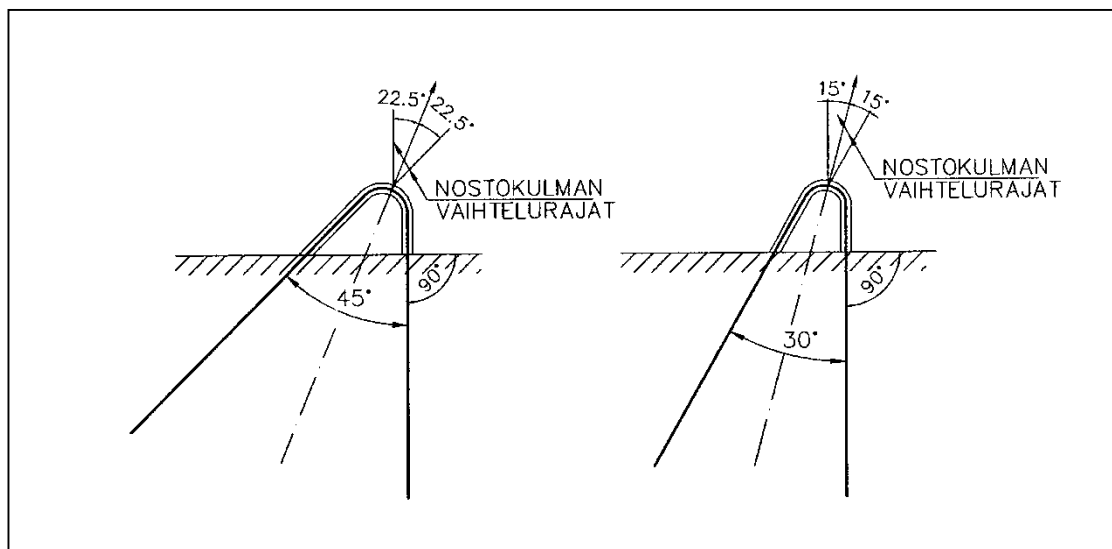
Kettinkiraksien salpa- ja turvakoukkuja on useita eri tyyppejä 5-20 tonnin kuormille. Koukkujen nostopintojen leveys vaihtelee yleensä 25-50 mm välillä, joten ne eivät täytä vaatimusta punosnippujen nostoapulaitteen halkaisijasta. Vaatimus voidaan täyttää esimerkiksi käyttämällä suurta sakkeliä (kuva 24), jonka tapin halkaisija on 65 mm.



Kuva 24: Sakkeli

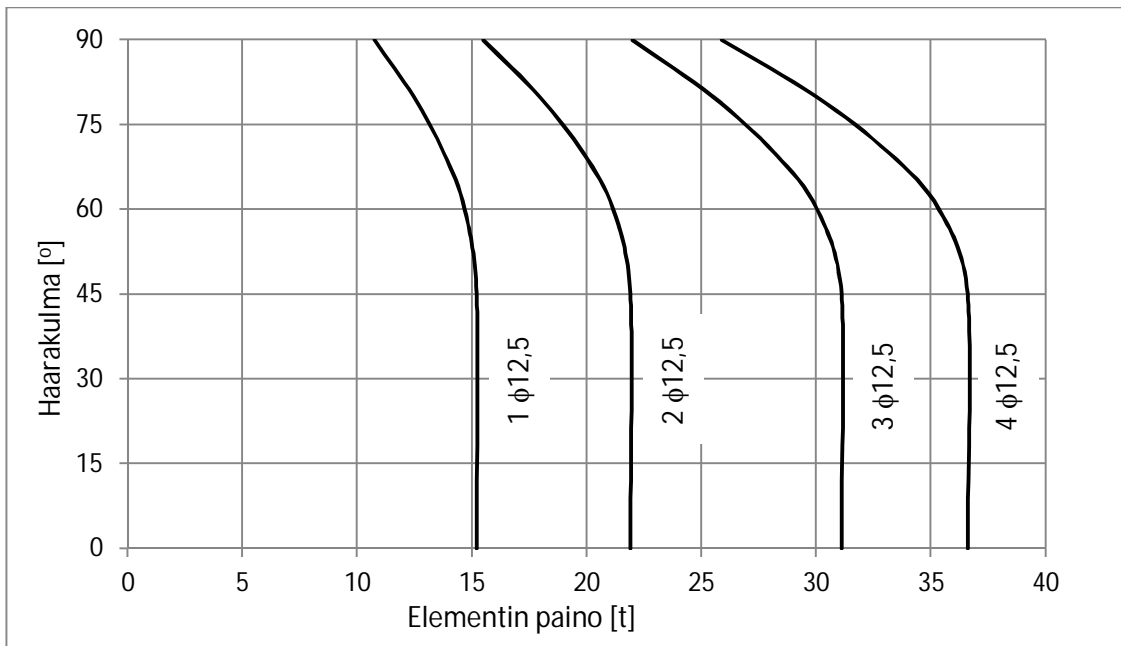
3.6.8 Punoslenkkien valinta

Lenkkien taivutuskulmat ovat 45° ja 30° ja sijainti elementissä kuvan 25 mukainen. Taivutuskulmalla tarkoitetaan nostolenkin haarojen välistä kulmaa.

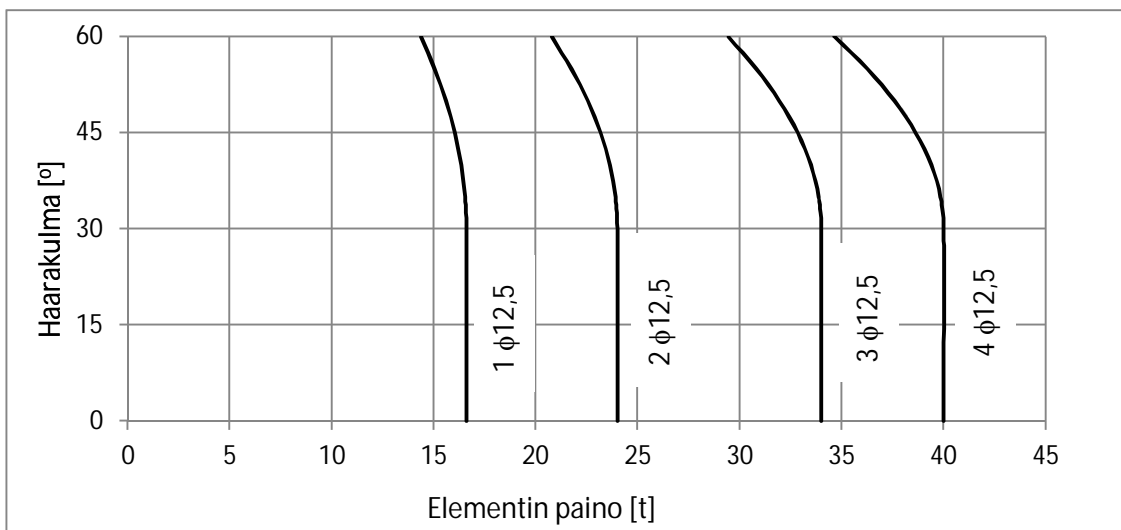


Kuva 25: Punoslenkkien sijainti elementissä

Kuvissa 26 ja 27 on valintikäyrästöt punoslenkeille haarakulman arvoilla 45° - 90° . Valintikäyrästöt on laskettu käyttäen k_1 -kertoimelle arvoa 0,8.



Kuva 26: Punoslenkin St1550/1770 valinta, lenkin taivutuskulma 45°, elementissä 2 nostolenkkiä



Kuva 27: Punoslenkin St1550/1770 valinta, lenkin taivutuskulma 30°, elementissä 2 nostolenkkiä

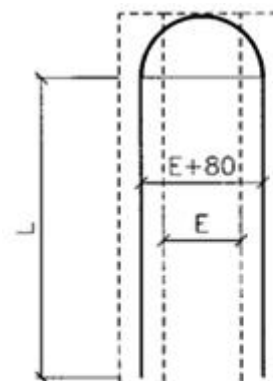
3.7 Erikoisnostolenkit

3.7.1 Peikko Finland Oy

PNLF-nostolenkki

PNLF-nostolenkki sopii sellaisten julkisivuelementtien nostamiseen, joiden ulkokuoressa käytetään ruostumatonta raudoitusta. Kylmämuokatusta ruostumattomasta harjateräksestä valmistettu PNLF-nostolenkki on esitetty kuvassa 28, jossa E tarkoittaa eristeen paksuutta.

Taulukossa 11 esitettyjä elementtien suurimpia massoja laskettaessa on oletettu voiman jakautuvan tasan nostolenkin molemmille haaroille. Betonin lieriölujuuden tulee olla nostohetkellä vähintään $f_{ck} = 12$ MPa. Taulukon arvot perustuvat tässä ohjeessa esitettyyn laskentamenetelmään. Sallitulla kuormalla tarkoitetaan tässä yhteydessä nostolenkin kestävyyttä jaettuna kuorman osavarmuusluvulla γ_L .



Kuva 28: Ruostumaton PNLF-nostolenkki

Suurempien eristepaksuuksien vuoksi PNLF-nostolenkeistä on tulossa versio, jonka yläpäässä on kolme taitetta puoliympyrän sijaan. Taulukon arvot pätevät myös uudelle versiolle.

Taulukko 11: PNLF-nostolenkkien nostovoiman sallittu arvo suorassa nostossa ja elementin suurimmat massat kaksipistenostossa

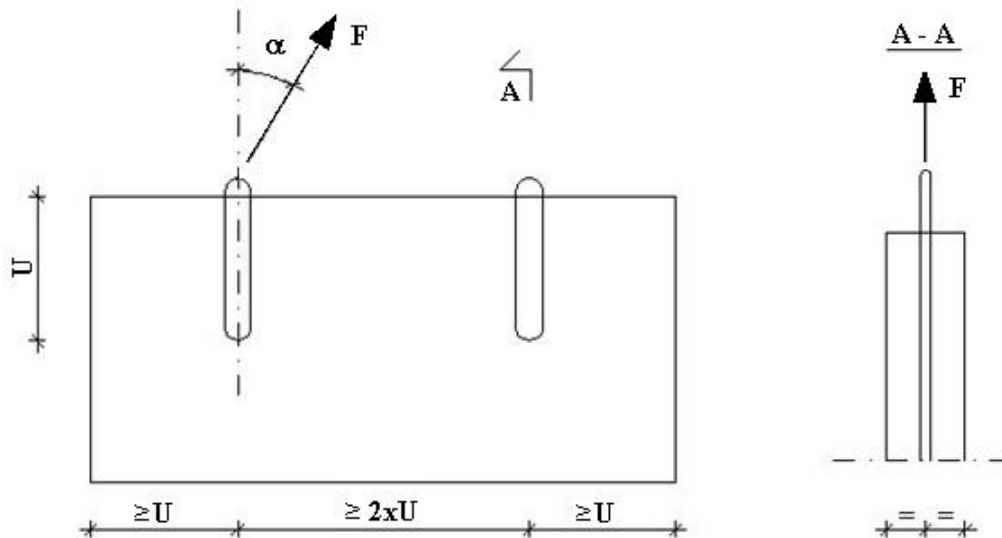
Nostolenkki	Tangot	Sallittu kuorma/ lenkki [kN]	Elementin suurin massa kaksipistenostossa eri haarakulman arvoilla [t]			
			45°	60°	90°	120°
PNLF1	1Ø7	10,7	2,0	1,9	1,5	1,1
PNLF2	1Ø9	17,7	3,3	3,1	2,5	1,8
PNLF3	1Ø11	26,5	4,9	4,6	3,7	2,6
PNLF4	2Ø9	31,9	5,9	5,5	4,5	3,2
PNLF5	2Ø11	47,7	8,8	8,3	6,7	4,8
PNLF6	3Ø11	67,6	12,5	11,7	9,6	6,8

Lisätietoja: www.peikko.fi

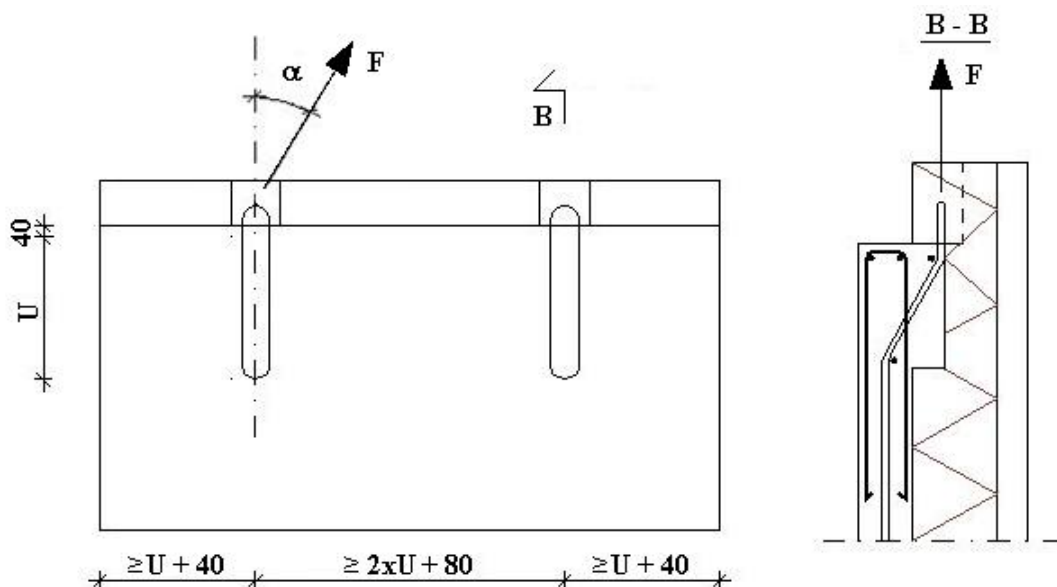
3.7.2 Pintos Oy

PB-, PBK- ja PBR-nostolenkit

Elementtien nostamiseen voidaan käyttää Suomen Betoniyhdistyksen käyttöselosteen mukaisia PB-nostolenkkejä. Nostolenkit voidaan sijoittaa elementtiin kuvien 29 ja 30 mukaisesti. Nostolenkkejä voidaan käyttää kantavien ja ei-kantavien sandwich-elementtien nostossa. Sandwich-elementeissä nostokohdan tulee sijaita painopisteen kohdalla siten, että elementti on nostettaessa pystysuorassa asennossa.



Kuva 29: PB-nostolenkkien sijoittaminen kuorielementtiin

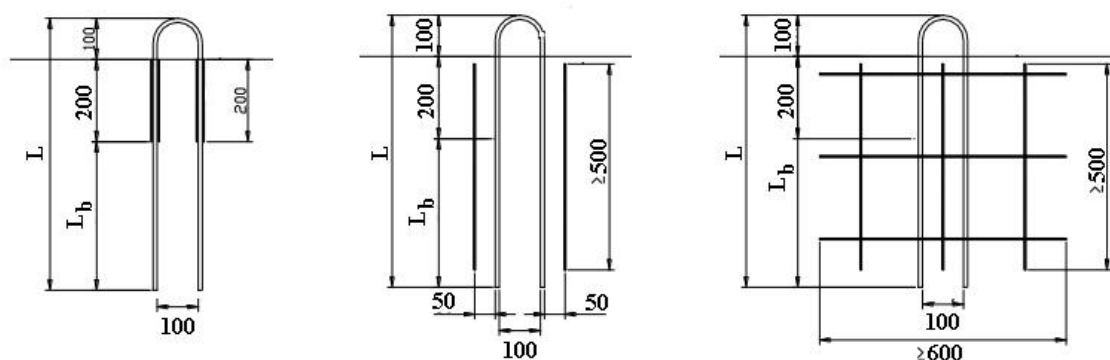


Kuva 30: PB-nostolenkkien sijoittaminen sandwich-elementtiin

Lisätietoja: www.pintos.fi

3.7.3 Harjateräsnostolenkki

Kuvassa 31 on esitetty Suomen Betoniyhdistyksen normikortin 29 mukaisten harjateräsraadusta A500HW, B500B tai B500C1 valmistettavien vakiomittaisten nostolenkkien mitat. Elementin reunan rikkoutumisen estämiseksi lenkin kohdalla voidaan tartunta poistaa muoviputkea käyttäen 200 mm matkalla betonin pinnasta tai lisäraudoituksella kuten rauditusverkon palalla tai taivutustyypin K tai D lisähaalla. Lenkin betonipeitteen tulee olla vähintään 3 kertaa tangon nimellishalkaisija. Ohuissa kuorissa täytyy olla vähintään yksi ja yli 100 mm kuorissa kaksi 10 mm pieliterästä.



Kuva 31: Harjateräsnostolenkin mitat ja elementin reunan rikkoutumisen estäminen

Nostokulma α suhteessa nostolenkin symmetria-akseliin saa olla enintään 15° . Nostolenkki voidaan asentaa elementtiin pystysuoraan tai 15° astetta kallistettuun asentoon. Nostolenkkien mitat, sallittu voima ja massa on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12: Vakiomittaisten harjateräsnostolenkkien mitat, sallittu voima ja massa

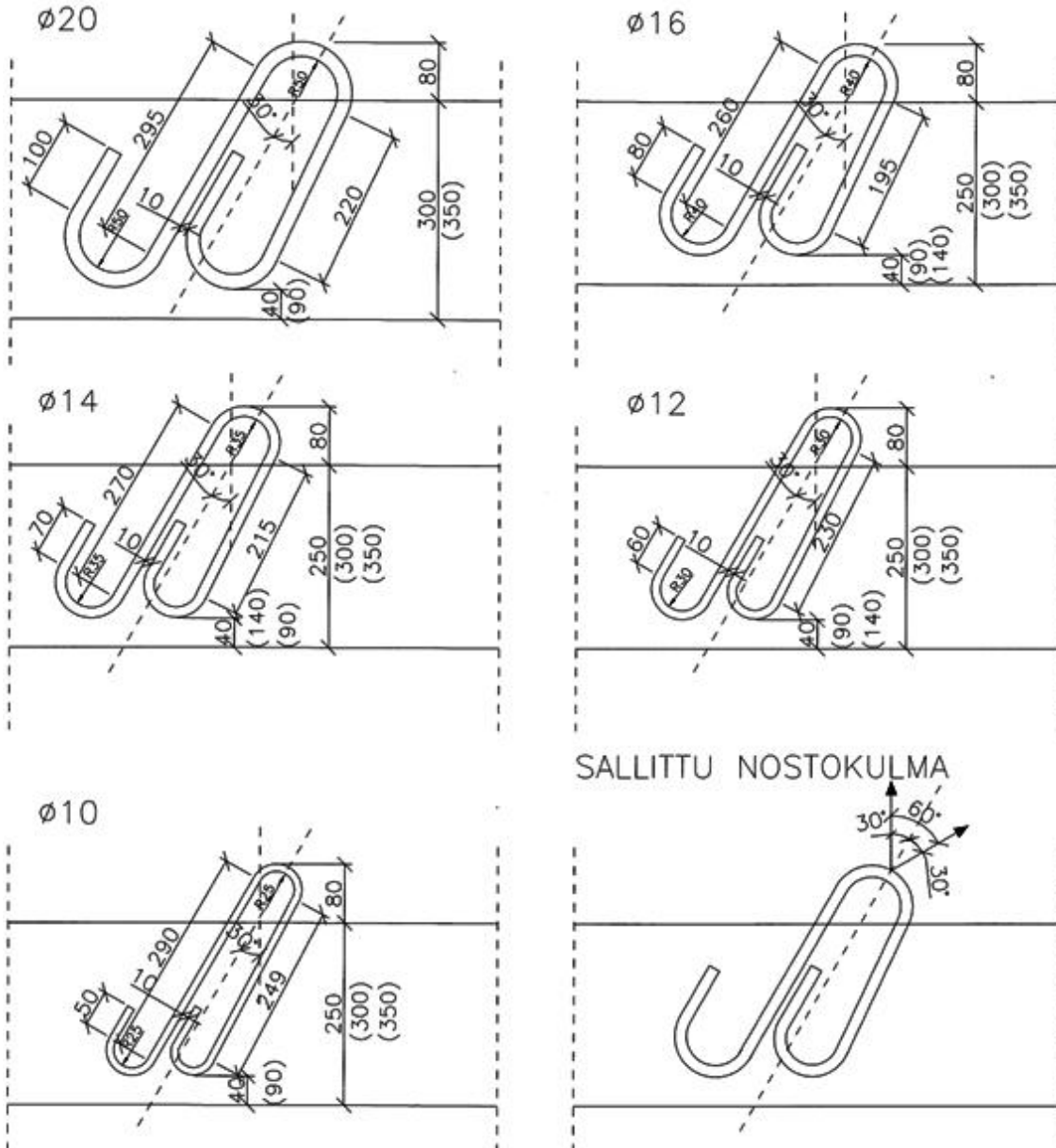
Lenkin tyyppi	Koko ϕ [mm]	Ankkurointi -pituus L_b [mm]	F_{sall} / lenkki *) [kN]	L [mm]	Katkaisupituus [mm]	Massa [kg]
TL10	10	503	17 / 19	803	1680	1,0
TL12	12	590	23 / 26	890	1860	1,7
TL16	16	720	36 / 40	1020	2130	3,4
TL20	20	855	51 / 58	1155	2400	5,9

*) Sallitut nostovoimat on määritetty käyttäen kokonaisvarmuuskerrointa 4,0.
Arvot ilmoitettu nostonaikaisille lieriölujuuksien ominaisarvoille $f_{ck} = 12$ MPa (kuutiolujuus 15 MPa) ja $f_{ck} = 20$ MPa (kuutiolujuus 25)

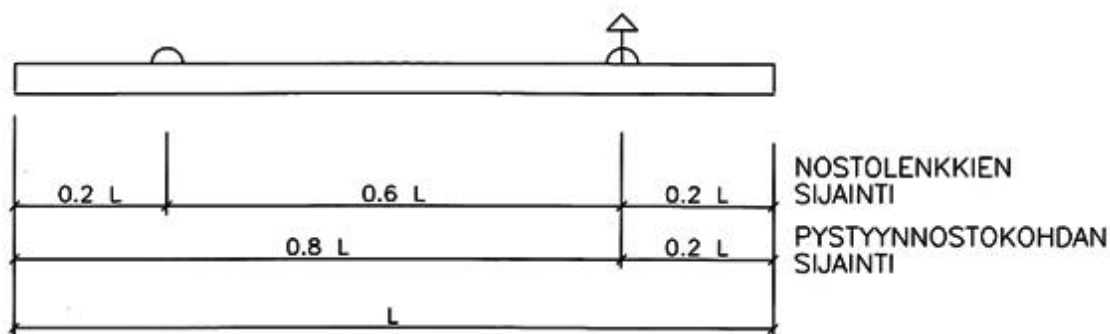
Lisätietoja: www.betoniyhdistys.fi ja www.celsa-steelservice.com

3.7.4 Paalujen nostolenkit

Paalujen nostolenkkien mitat ja sallitut nostokulmat on esitetty kuvassa 32 ja siihen liittyvissä taulukoissa 13 ja 14 tuotelehden Teräsbetoninen lyöntipaalu [11] mukaisesti. Taulukot on laadittu teräslaaduille S235J2+N ja S355J2+N. Nostolenkkien kapasiteetit on laskettu käyttäen kokonaisvarmuuskerrointa 4,0. Paalujen nostolenkkien sijoittaminen tehdään kuvan 33 mukaisesti.



Kuva 32: Paalujen nostolenkkien mitat ja sallitut nostokulmat



HUOM. PAALUA EI SAA NOSTAA PYSTYYN NOSTOLENKISTÄ

Kuva 33: Paalujen nostolenkkien sijoittaminen ja pystyynnostokohdan sijainti

Taulukko 13: Teräslaadusta S235J2+N valmistettujen paalujen nostolenkkien käyttö

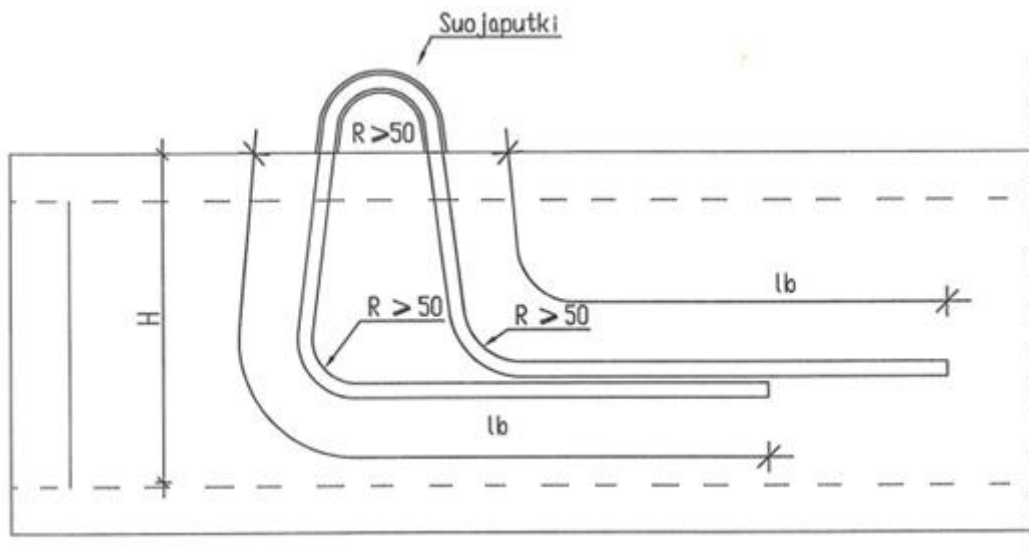
Paalun pituus [m]	Paalu 250x250, nostolenkin halkaisija [mm]	Paalun pituus [m]	Paalu 300x300, nostolenkin halkaisija [mm]	Paalun pituus [m]	Paalu 350x350, nostolenkin halkaisija [mm]
3-7	10	3-5	10	3	10
8-10	12	6-7	12	4-5	12
11-13	14	8-9	14	6-7	14
14-15	16	10-11	16	8-10	16
		12-15	20	11-14	20

Taulukko 14: Teräslaadusta S355J2+N valmistettujen paalujen nostolenkkien käyttö

Paalun pituus [m]	Paalu 250x250, nostolenkin halkaisija [mm]	Paalun pituus [m]	Paalu 300x300, nostolenkin halkaisija [mm]	Paalun pituus [m]	Paalu 350x350, nostolenkin halkaisija [mm]
3-9	10	3-6	10	3-4	10
10-13	12	7-9	12	5-6	12
14-15	14	10-13	14	7-9	14
		14-15	16	10-12	16
				13-14	20

3.7.5 Ontelolaattojen nostolenkit

Kuvassa 34 on esitetty yleensä kavennetuissa tai toisesta päästään lovetuissa ontelolaatoissa käytettävät nostolenkit, joiden kapasiteetti-arvot perustuvat koetuloksiin. Noston tulee olla tasapainoinen ja se tapahtuu minimissään kahdesta nostolenkistä nostamalla. Tarvittaessa voidaan käyttää neljää nostolenkkiä laattaa kohden, jolloin kuitenkin oletetaan mitoittaessa vain kahden nostolenkin toimivan. Kun laatan toinen pää nostetaan saksilla, voi toisessa päässä olla kaksi nostolenkkiä, jolloin mitoittaessa oletetaan vain toinen nostolenkki toimivaksi.



Kuva 34: Ontelolaatan nostolenkki

Nostolenkit valmistetaan $\phi 12,5$ jännepunoksesta taivuttamalla se suo.japutken kanssa. Nostolenkkien mitat ja sallitut nostovoimat on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15: Ontelolaatan nostolenkkien mitat ja kapasiteetit

Ontelolaatan tunnus	Ankkurointipituus l_b [mm]	Korkeus H [mm]	Kokonaispituus L [mm]	Yhden lenkin sallittu nostovoima [kN] *)
O20	500	150	1200	13
O27	600	220	1400	17
O32	700	270	1600	17
O40	700	340	1600	19

*) Sallitut nostovoimat on määritetty käyttäen kokonaisvarmuuskerrointa 4,0.

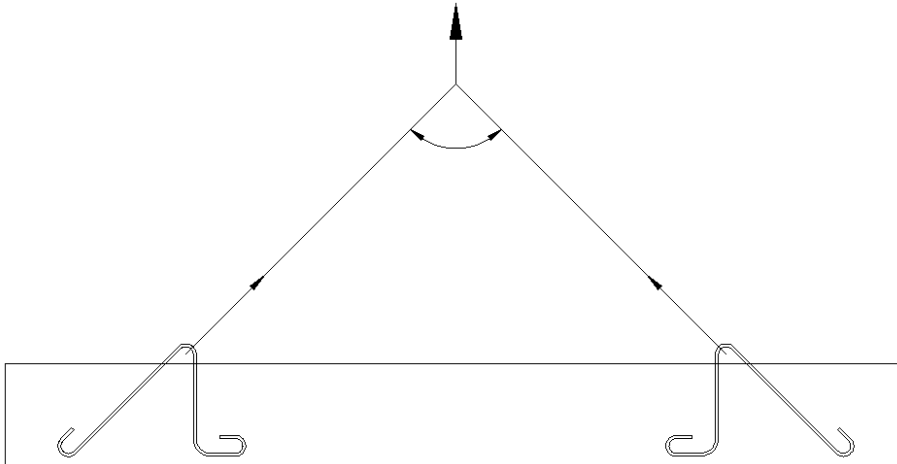
Tehtaalla sallitaan vain suorat nostot ja betonin lieriölujuuden on oltava vähintään $f_{ck} = 30$ MPa. Työmaalla nostettaessa nostokulma saa olla enintään 30 astetta ja betonin lieriölujuuden on oltava vähintään $f_{ck} = 40$ MPa (vastaa betonilaadun C40/50 loppulujuutta).

Nostolenkillä varustetun ontelolaatan tyyppi- ja ankkuritus on esitetty kappaleessa 3.9.3.

3.8 Mitoitusesimerkit

3.8.1 Esimerkki 1, palkki pyöröteräsnostolenkeillä

Teräsbetonipalkin massa $G = 6$ tonnia (paino 60 kN) ja betonin lieriölujuus nostohetkellä $f_{ck} = 25$ MPa. Nosto tapahtuu haarakulmalla 90° kuvassa 35 esitetyllä tavalla.

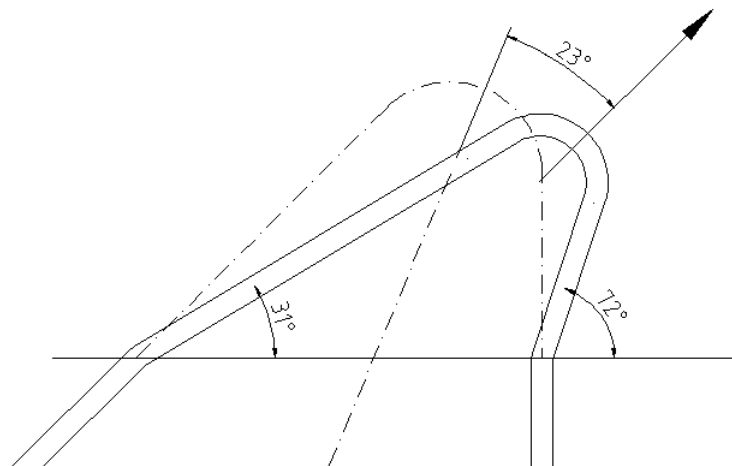


Kuva 35: Teräsbetonipalkin nostoesimerkki pyörötankolenkeille

Yhdeltä nostolenkiltä vaadittava nostavan voiman mitoitusarvo

$$N_{Ed} = 0,5 \cdot G \cdot \gamma_L = 0,5 \cdot 60 \text{ kN} \cdot 2,05 = 61,5 \text{ kN}$$

Nostokulman ollessa pienempi kuin 30° voidaan olettaa nostolenkin molempien haarojen voiman olevan tangon vetovoiman mitoitusarvon suuruinen.



Kuva 36: Esimerkin 1 nostolenkin deformatuminen

Valitaan teräslaaduksi S235J2+N ja tangon halkaisijaksi $\phi 20$ mm. Tangon vetokestävyyden mitoitusarvo

$$N_{Rd} = A_s f_{uk} / \gamma_s = 314 \text{ mm}^2 \cdot 360 \text{ N/mm}^2 / 2,0 = 56,5 \text{ kN}$$

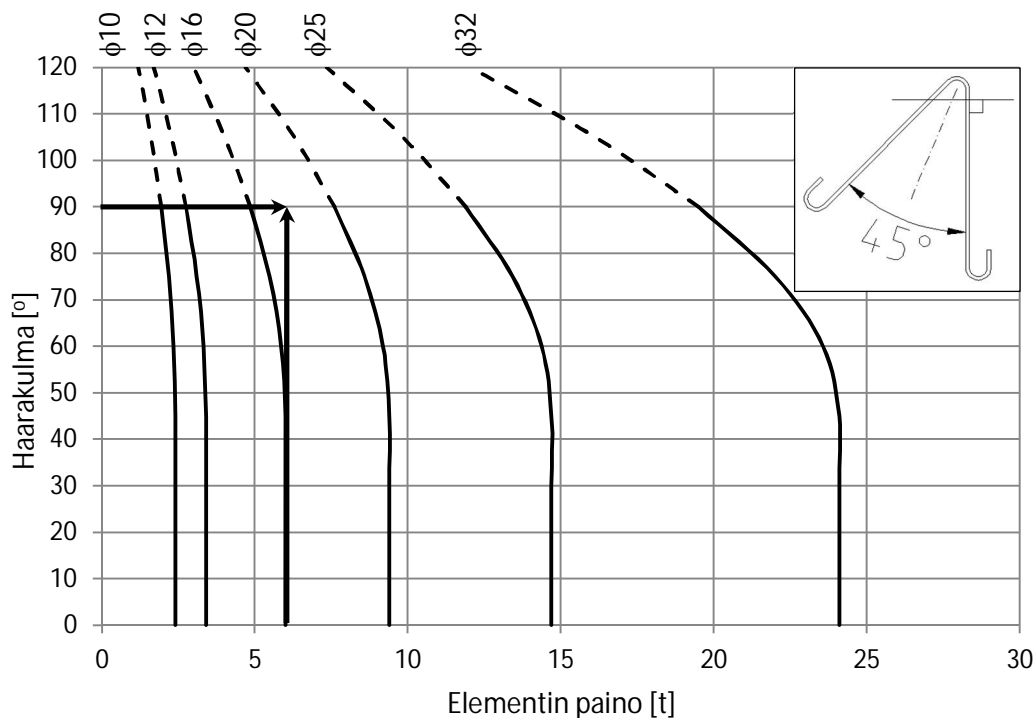
Yhden nostolenkin nostava voima lasketaan vetokestävyydestä kaavalla

$$V_{Rd} = N_{Rd} \cdot (\sin(31^\circ) + \sin(72^\circ)) = 56,5 \text{ kN} \cdot (0,52 + 0,95) = 82,8 \text{ kN}.$$

Koska kestävyys on suurempi kuin vaadittu nostavan voiman mitoitusarvo, todetaan lenkin kestävän. Vastaavalla laskelmalla voidaan todeta tangon $\phi 16$ mm kestävyys riittämättömäksi.

Nostolenkin tartuntapituuden suositusarvo voidaan lukea taulukosta 6. Tartuntapituus L_1 betonin lieriölujuudella 25 MPa on 840 mm.

Vastaava mitoitus voidaan tehdä kuvan 13 käyrästä (Kuva 37).

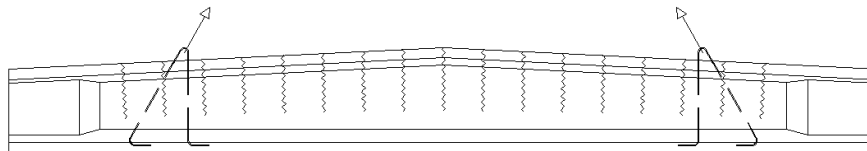


Kuva 37: Pyörötankolenkin valinta, esimerkki, teräs S235J2+N

Huomaa myös, että käytettäessä 60° taitekulmaan taivutettua nostolenkkiä, jonka symmetria-akseli on pystysuorassa, tulisi valita suurempi $\phi 25$ mm tankokoko.

3.8.2 Esimerkki 2, palkki jännepunosnostolenkeillä

Jännebetonipalkin massa $G = 10$ tonnia (paino 100 kN) ja betonin lieriölujuus nostohetkellä $f_{ck} = 30$ MPa. Nosto tapahtuu haarakulmalla 60° ja punoslenkkien taivutuskulma 30° ja asento elementissä kuvan 38 mukainen.



Kuva 38: Jännebetonipalkin punoslenkkien nostoesimerkki

Yhdeltä nostolenkiltä vaadittava nostavan voiman ylöspäin suuntautuvan komponentin mitoitusarvo

$$F_{Ed,vert} = 0,5 \cdot G \cdot \gamma_L = 0,5 \cdot 100 \text{ kN} \cdot 2,05 = 102,5 \text{ kN}$$

Nostokulman ollessa alle 30° voidaan olettaa nostolenkin molempien haarojen voiman olevan punoksen vetovoiman mitoitusarvon suuruinen.

Valitaan punos St1550/1770, $\phi 12,5$ mm.

Elementti nostetaan kettinkirakseilla, joiden salpakoukkujen kapasiteetti on 6,7 tonnia ja nostopinnan leveys 33 mm. Tällöin punoksen vetokestävyyden mitoitusarvo

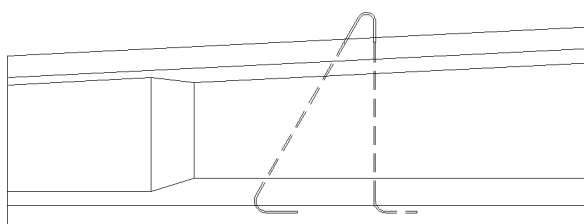
$$N_{Rd,s} = k_1 k_2 A_s f_{uk} / \gamma_s = 0,7 \cdot 1,25 \cdot 93 \text{ mm}^2 \cdot 1770 \text{ N/mm}^2 / 1,8 = 80,0 \text{ kN}$$

Kun punosten vetovoima on vetokestävyyden suuruinen, on yhteen nostolenkkiin kohdistuvan voiman ylöspäin suuntautuva komponentti

$$V_{Rd,vert} = N_{Rd,s} \cdot (\sin(60^\circ) + \sin(90^\circ)) = 80,0 \text{ kN} \cdot (0,87 + 1,00) = 150 \text{ kN}$$

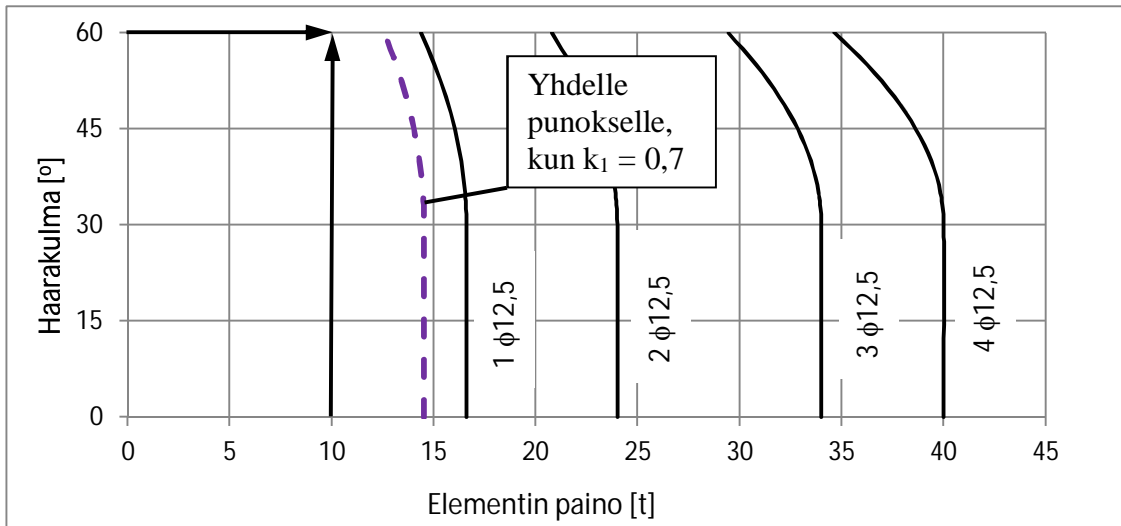
Koska $V_{Rd,vert} > F_{Ed,vert}$ todetaan lenkin kapasiteetti riittäväksi.

Nostolenkin tartuntapituus voidaan lukea taulukosta 8. Minimi tartuntapituus nostohetken lieriölujuudella 30 MPa on 1100 mm. Palkkien nostolenkit kannattaa jännitetyssä palkissa ulottaa palkin alareunaan puristetulle vyöhykkeelle ja niissä kannattaa käyttää vaakasuoraan taitettuja häntiä kuvan 39 mukaisesti.



Kuva 39: Taitteet punosnostolenkin alapäässä

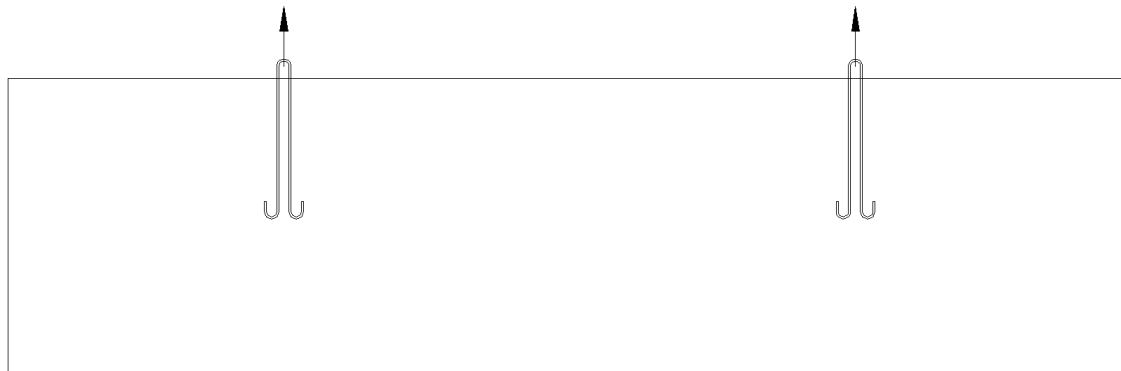
Vastaava mitoitus voidaan tehdä kuvan 27 käyrästä (Kuva 40) ottaen huomioon, että valintakäyrät on laadittu käyttäen kertoimelle k_1 arvoa 0,8. Jos käyrästä halutaan käyttää sellaisenaan, täytyy elementtipiirustukseen merkitä, että nostoapulaiteen halkaisijan tulee olla ≥ 50 mm.



Kuva 40: Punosten valinta, lenkin taivutuskulma 45° , esimerkki

3.8.3 Esimerkki 3, ohut kuorielementti

Kuorielementti nostetaan tehtaalla kuvan 41 mukaisesti suoralla nostolla, kun betonin lieriölujuus on 12 MPa. Elementin massa on 2,0 tonnia (paino 20 kN) ja kuoren paksuus 80 mm. Piirustuksessa nostolenkit ja raudoiteverkko esitetään asennettavaksi kuoreen keskeisesti.



Kuva 41: Kuorielementin nosto tyypin A nostolenkeillä

Ohuessa kuoressa nostolenkin kapasiteettia täytyy mahdollisesti pienentää, koska määräävä murtotapa voi olla betonin kartiomurto sivulle päin koukun kohdalla.

Kokeillaan teräslaadusta S235J2+N ja 12 mm pyörötangosta tehtyjä nostolenkkejä, jolla koukun taivutussäde on $2,5\phi$. Näillä nostolenkeillä on suorassa nostossa 4,0 tonnin kapasiteetti. Elementtiin keskeisesti sijoitettavan verkon vuoksi nostolenkki voi sijaita 10 mm sivussa elementin keskitasosta. Näin saadaan suojabetonipeitteen paksuudeksi $(80 - 12) / 2 - 10 = 24$ mm. Suojabetonipeitteen ja tangon halkaisijan suhde $c/\phi = 2,0$.

Lasketaan pienennyskerroimen arvo

$$k_{S235} = \min\left(\frac{c}{(3,2 \cdot \phi)}; 1,0\right) = 0,625.$$

Kun kertoimen arvolla kerrotaan 4,0 tonnin kapasiteetti, saadaan käytettäväksi arvoksi 2,5 tonnia, joka riittää elementin nostamiseen.

Kun valitaan ruostumattomasta 10 mm pyörötangosta valmistetut nostolenkit, saadaan betonipeitteen ja tangon halkaisijan suhteeksi $c/\phi = 2,5$, jolloin pienennyskerroimen arvoksi saadaan

$$k_{1.4301} = \min\left(\frac{c}{(4,5 \cdot \phi)}; 1,0\right) = 0,556.$$

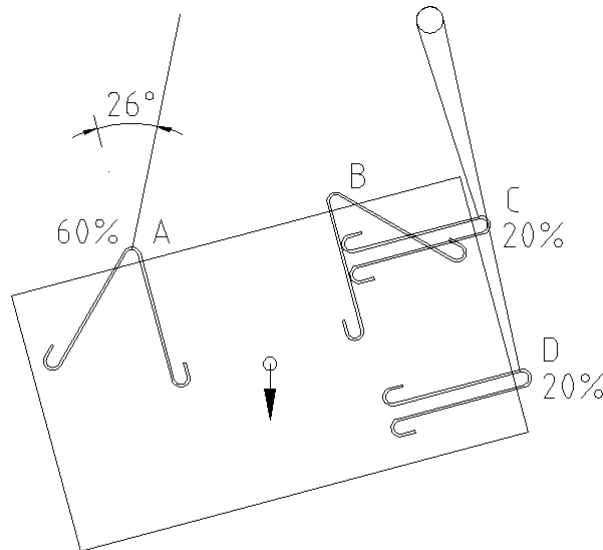
Ruostumattoman teräksen suuremman lujuuden vuoksi 10 mm nostolenkit nostavat suorassa nostossa 3,9 tonnia, jolloin pienennyskerroin huomioon otettuna saadaan kapasiteetiksi 2,2 tonnia, joka riittää myös elementin nostamiseen.

3.8.4 Esimerkki 4, ilmassa käännettävä seinäelementti

Työmaalla käännetään pystyasentoon seinäelementti, jonka mitat ovat $4,0 \cdot 2,2 \cdot 0,15$ m, massa 3,3 tonnia (paino 33 kN) ja betonin lieriölujuus nostohetkellä $f_{ck} = 20$ MPa. Valitaan elementille pyöröteräsnostolenkit teräslaatua S235J2+N.

Tarkastellaan aluksi kääntöpyörän avulla tehtävää kääntöä. Merkitään elementin pitkän sivun nostolenkkejä tunnuksilla A ja B ja lyhyen sivun nostolenkkejä tunnuksilla C ja D.

Elementti voidaan nostaa kuvan 16 käyrästön mukaisesti $\phi 12$ nostolenkeillä. Tämä riittää nostolenkille B, koska se ei ole kuormitettuna kääntämisen aikana. Käännön alkaessa nostolenkki A kantaa 70 % ja nostolenkit C ja D yhteensä 30 % elementin painosta. Valitaan siis nostolenkin A koko siten, että käytetään elementille 1,4-kertaista painoa 46 kN. Päädytään tankokokoon $\phi 16$.



Kuva 42: Kääntö edennyt 15°

Taulukossa 16 on esitetty nostolenkkiin A kohdistuva voima, kuvasta 9 luetut F/F_{max} -kertoimet ja niiden avulla lasketut kapasiteetit sekä käyttöasteet käännön eri vaiheissa. Tarkastelun perusteella voidaan todeta tankokokoon $\phi 16$ riittävän.

Taulukko 16: Nostolenkin A voima, kapasiteetti ja käyttöaste elementin käännössä

Elementin kääntö- kulma	Kuorma – osuus elementin painosta		Noston kulma (*)	F/F_{max}	Kapasiteetti ($F_{max} = 30,1$ kN) [kN]	Käyttöaste
	[kN]	[kN]				
0°	70 %	23,1	13°	1,00	30,1	77 %
15°	60 %	19,8	26°	1,00	30,1	66 %
30°	56 %	18,5	38°	0,95	28,6	66 %
45°	50 %	16,5	53°	0,83	25,0	66 %
60°	40 %	13,2	68°	0,68	20,5	64 %
75°	20 %	6,6	85°	0,40	12,0	55 %
90°	0 %	0,0	90°	0,30	9,0	0 %

*) Noston suunnan ja betonipinnan normaalin välinen kulma

Betonipeitteen suhde nostolenkin halkaisijaan ylittää 16 mm tangolla arvon 3,2, jolloin nostolenkin kapasiteetti voidaan hyödyntää kokonaan. Taulukon 16 mukaisen tarkastelun mukaan maksimi käyttöaste on 77 %, jolloin valittu tankokoko riittää.

Nostolenkkeihin C ja D kohdistuu koko käännön ajan yhtä suuri voima, mutta nostokulma on nostolenkillä D koko käännön ajan suurempi. Taulukossa 17 on esitetty nostolenkkiin D kohdistuva voima, kuvasta 8 luetut F/F_{\max} -kertoimet ja niiden avulla lasketut kapasiteetit sekä käyttöasteet käännön eri vaiheissa. Tarkastelun perusteella voidaan todeta tankokoon $\phi 16$ riittävän nostolenkeille C ja D.

Taulukko 17: Nostolenkin D voima, kapasiteetti ja käyttöaste elementin käännössä

Elementin kääntökulma	Kuorma – osuus elementin painosta [kN]		Noston kulma	F/F_{\max}	Kapasiteetti ($F_{\max} = 36,2$ kN) [kN]	Käyttöaste
0°	15 %	5,0	90°	0,30	10,9	46 %
15°	20 %	6,6	90°	0,30	10,9	61 %
30°	22 %	7,3	71°	0,30	10,9	67 %
45°	25 %	8,3	59°	0,45	16,3	51 %
60°	30 %	9,9	46°	0,63	22,8	43 %
75°	40 %	13,2	32°	0,87	31,5	42 %
90°	50 %	16,5	13°	0,97	35,1	47 %

Elementtejä on käännetty työturvallisuuden ja elementin vaurioitumisen kannalta liian riskialttiilla tavoilla joko yhden nostolenkin varassa tai laskien se ensin maa-ainekasaa vasten kaltevaan asentoon ja siitä pystyyn. Tällaisissa nostoissa laskelman mukainen tankokoko $\phi 16$ ei riittäisi.

Elementin suunnittelija vastaa siitä, että tieto nostolenkkien mitoituksen yhteydessä valitusta kääntötavasta siirtyy asennusurakoitsijalle.

Yksinkertaistettu varmallalla puolella oleva käytäntö on valita elementin kaikki nostolenkit siten, että käytetään nostolenkkien valinnassa elementille kaksinkertaista painoa. Tällöin esimerkin elementillä tulisi käyttää $\phi 20$ kokoisia nostolenkkejä.

Käännettävän elementin suuret aukot ja ulokkeet tai suuri paino voivat tehdä nostolenkkien mitoittamisen haastavaksi tehtäväksi, jos elementissä ei ole tilaa yksinkertaistetun käytännön mukaisille suurille nostolenkeille. Kun urakoitsijan kääntötapa ja -kalusto on suunnittelijan tiedossa, voi kääntämisen tarkempi analysointi osoittaa pienempien nostolenkkien riittävän.

3.9 Nostolenkkien tyypipiirustukset

3.9.1 NL1 - punoslenkit jännebetonituotteille

NOSTOLENKIT: Ø12.5

TERÄSLAATU VÄHINTÄÄN: St 1550/1770

NOSTOAPUVÄLINEEN HALKAISIJA

- YHDELLÄ PUNOKSELLA VÄHINTÄÄN 50 mm

- PUNOSNIPUILLA 65 mm.

BETONIN LIERIÖLUJUUS NOSTOHETKELLÄ VÄHINTÄÄN 25 MPa

JÄNNEPUNOKSEN KOKONAISPITUUS: 2800 mm

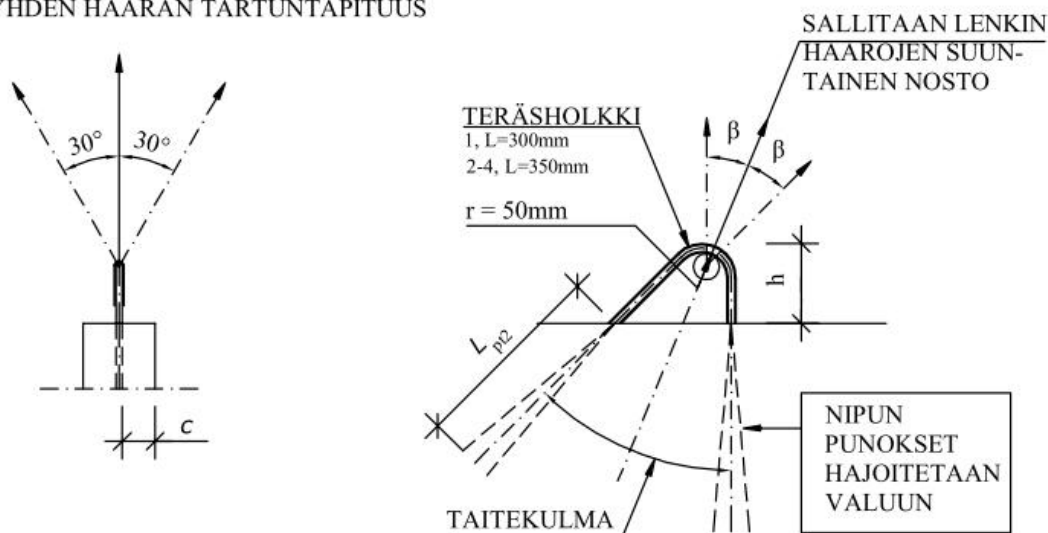
HAARAKULMAN VAIHTELUVÄLI: SUORA NOSTO TAI ENINTÄÄN 90° HAARAKULMA

NOSTOLENKKIEN SUOJABETONIPEITTEEN c PAKSUUS VÄHINTÄÄN 5Ø (62,5 mm)

PUNOKSET NIPUTETAAN TERÄSHOLKILLA, JOKA TAIVUTETAAN PUNOSTEN KANSSA

G_{sall} = ELEMENTIN SUURIN MASSA, ELEMENTISSÄ 2 NOSTOLENKKIÄ, KUORMA TASAN JAKAUTUNUT

L_{pt} = YHDEN HAARAN TARTUNTAPITUUS



J12.5	G_{sall} TAITE-/HAARAKULMA	L_{pt}	h
PUNOKSIA	30° / 60°	45°/90°	mm
1	14.4 t	10.7 t	150
2	20.8 t	15.5 t	180
3	29.4 t	22.0 t	
4	34.6 t	25.9 t	

ELEMENTIN VALU- JA KULJETUSASENTO ON OLTAVA SAMA
ELEMENTTEJÄ EI SAA KÄÄNTÄÄ NOSTOLENKKIEN AVULLA
ELEMENTTEJÄ EI SAA VARASTOIDA SITEN ETTÄ LENKIT TAIPUVAT

3.9.2 NL2 - pyöröteräsenkit teräsbetonituotteille

NOSTOLENKIT: PYÖRÖTERÄS Ø10-32 mm

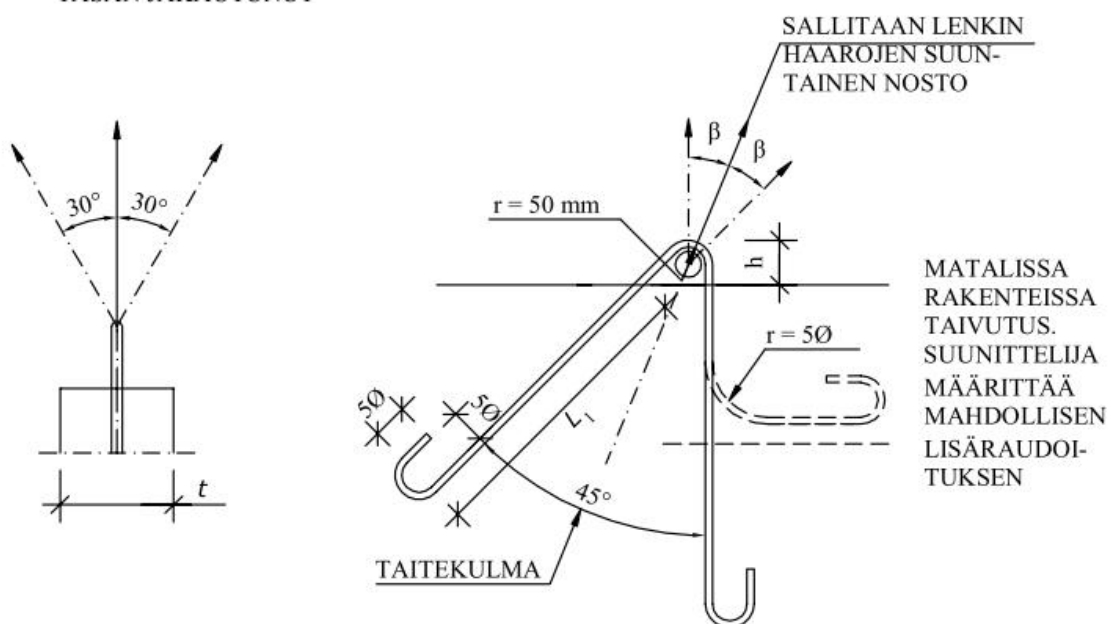
TERÄSLAATU: S235J2+N

NOSTOAPUVÄLINEEN HALKAISIJA EI TUNNETA

BETONIN LIERIÖLUJUUS NOSTOHETKELLÄ VÄHINTÄÄN 20 MPa (70% C30/37:STA)

HAARAKULMAN VAIHTELUVÄLI: SUORA NOSTO TAI ENINTÄÄN 90° HAARAKULMA

G_{sall} = ELEMENTIN MASSA, ELEMENTISSÄ 2 NOSTOLENKKIÄ, KUORMA
TASAN JAKAUTUNUT



NOSTOLENKKIEN SIJAINNI ON PAKSUUSSUUNNASSA KESKEINEN JA SILLE ON OTETTU HUOMIOON 10 mm ASENUSTOLERANSSI

Ø	L_1	h	G_{sall} (KUOREN PAKSUUDEN t MUKAAN)					
			70 mm	100 mm	120 mm	150 mm	180 mm	200 mm
[mm]	[mm]	[mm]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
10	470	100	1,5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
12	570	110	1,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
16	750	120	-	4,3	4,9	4,9	4,9	4,9
20	950	130	-	5,3	6,2	7,6	7,6	7,6
25	1190	140	-	-	8,2	9,8	11,9	11,9
32	1520	150	-	-	-	13,3	14,9	18,1

ELEMENTIN VALU- JA KULJETUSASENTO ON OLTAVA SAMA

ELEMENTTEJÄ EI SAA KÄÄNTÄÄ NOSTOLENKKIEN AVULLA

ELEMENTTEJÄ EI SAA VARASTOIDA SITEN ETTÄ LENKIT TAIPUVAT

4. NOSTOANKKURIT JA MUUT NOSTOELIMET

Nostoankkurit ovat betonisten valmisosien nostoa ja siirtoa varten rakenteeseen ennen betonointia asennettavia kiinnikkeitä. Niiden käytöstä on oltava hyväksytty ja voimassa-oleva käyttöseloste.

Valmistajien käyttöselosteiden mukaisesti nostoankkureilla on usein nelinkertainen varmuus murtoa vastaan. Tämän ohjeen mukaisesti ankkureilla riittäisi pienempi varmuus murtoon nähden, mutta rajoittavaksi tekijäksi muodostuu usein käytettävä vaijeri- tai täysmetallinen nostolenkki. Valmistajat voivat korottaa ankkureiden kapasiteettiarvoja vain hyväksyttämällä uuden käyttöselosteen.

Nostoankkurin kiinnitys betoniin perustuu tartuntaan ja ankkurin betoniin jäävän osan muodon aiheuttamaan ankkurointiin. Joissakin ankkurityypeissä ankkurointi varmistetaan lisäteräksillä.

Ankkureissa on erillinen betoniin pysyvästi jäävä tartuntaosa sekä irrotettava nosto-osa. Erittäin tärkeää on, että käytetään vain tartuntaosaan määriteltäviä nosto-osia.

Nostoankkureiden tyypit vaihtelevat valmistajakohtaisesti sekä käyttötarkoituksen mukaan. Tarkemmat yksityiskohtaisemmat tiedot on saatavissa ankkureiden valmistajilta ja maahantuojilta.

Nostoankkurien käyttö on suositeltavaa erityisesti silloin, kun nostopiste jää lopullisessa rakenteessa näkyviin ja säärasituksille alttiiksi esim. asuintalojen betoniparvekelaatat ja -pieliseinät. Työmaalla perinteisesti tapahtuva nostolenkkien katkaisu ja paikkaaminen muuttuu nostoelimen irrottamiseksi ja asennuskolon tulppaamiseksi.

4.1 Nostoankkurit

4.1.1 RD-kierteiset nostoankkurit

RD-kierteen nostokapasiteetit ovat kierrekoittain vakioituja koko Euroopassa, joten niiden käyttö on siten yhdenmukaista eri maissa. RD-kierre on ns. puolipyöreä metrinen kierre, joka kestää hyvin kolhaisuja ja on siten turvallisempi ratkaisu ankkurin kestävyydelle normaaliin metriseen kierteeseen verrattuna.

Jokaiselle nostoankkurille on oma vastaava taipuva nostolenkki, joka on myös varustettu samalla RD-kierteellä kuin ankkuri. Nostolenkit eivät näin voi sekaantua keskenään ja ovat uudelleen käytettävissä.

RD-kierteisiä nostoankkureita ovat:

- Käyräankkurit (kuva 47, kappaleet 4.2.3 ja 4.2.6)
- Laatta-ankkurit (kappaleet 4.2.3 ja 4.2.4)
- Hylsyankkuri (kuvassa 56)

Taulukossa 18 on RD-kierteisten hylsy- ja käyräankkureiden kantavuusarvot. Arvot ovat ankkureihin kohdistuvia suurimpia sallittuja nostokuormia, joilla on nelinkertainen varmuus murtoon nähden.

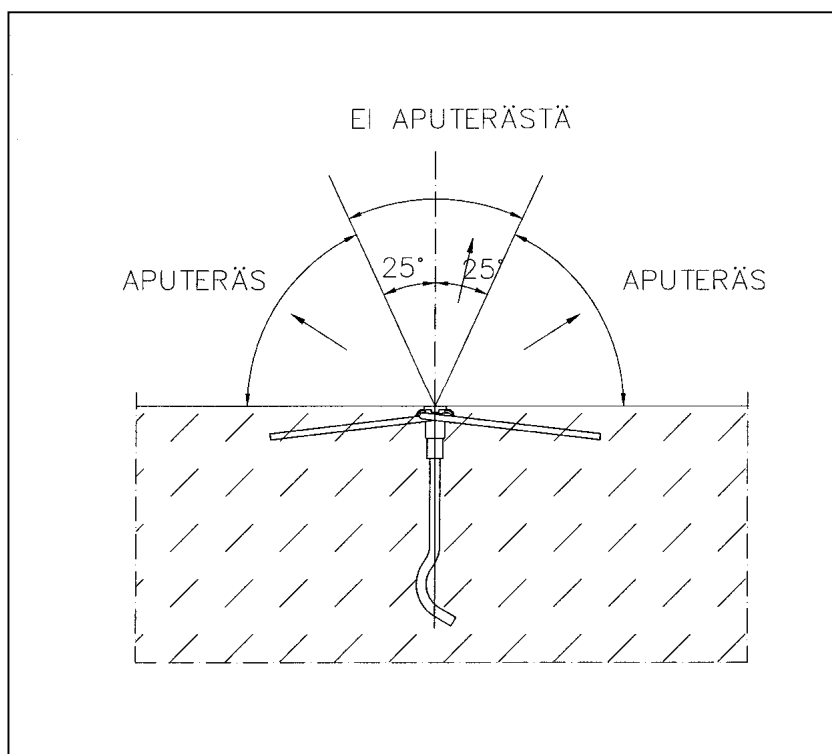
Taulukko 18: RD-kierteisten ankkureiden sallitut kuormat ja tunnusvärit

Käyräankkuri/ Hylsyankkuri	Sallittu kuorma suorassa nostossa [kN]	Kyljestänoston sallittu kuorma [kN]	Tunnusvärit	Värisävy
Rd12	5	2,5	Oranssi	RAL 2003
Rd16	12	6	Punainen	RAL 3000
Rd20	20	10	Vaalean vihreä	RAL 6019
Rd24	25	12,5	Tumman harmaa	RAL 7016
Rd30	40	20	Vihreä	RAL 6001
Rd36	63	31,5	Sininen	RAL 5012
Rd42	80	40	Hopean harmaa	RAL 7001
Rd52	125	62,5	Keltainen	RAL 1016

Valmistajien ohjeissa on lisäksi määrittelyt ankkureiden sijoituksesta elementtiin (elementin minimipaksuus, keskiö- ja reunaetäisyydet).

Nostoankkureita käytettäessä nostokulma voi olla 0-90°. Kuvassa 43 on esitetty periaate nostoankkureiden lisäraudoitukselle vinoissa nostoissa. Suurilla nostokulmilla on käytettävä lisäraudoitusta nostoankkurin ympärillä ottamaan vinoa vetorasitusta. Lisäraudoituksen määrä on esitetty ankkureiden käyttöohjeissa.

Lisäksi nostokulman ylittäessä 45° on käytettävä painelevyllä varustettuja vaijeri- tai täysmetallisia nostolenkkejä tai käytettävä vaijerinostolenkin ohjainta (kuva 44). Esimerkiksi parvekelaattojen nostoja voidaan tehdä ns. kyljestänostona, jolloin sallitaan käytettäväksi taulukon 18 mukaisesti vain 50% suoran noston kapasiteetista.



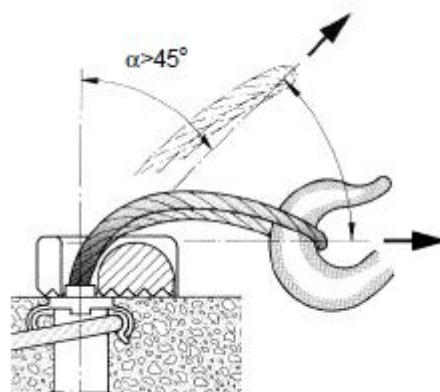
Kuva 43: Nostoankkureiden lisäraudoituksen periaate

4.1.2 Vaijerinostolenkit

Vaijerinostolenkkejä käytetään yhdessä sisäkierteillä varustettujen nostoankkureiden kanssa. Käytössä on noudatettava valmistajien ja maahantuojien ohjeita. Rd-kierteellä varustetut vaijerinostolenkit sopivat vain samankokoisella kierteellä tehtyihin nostoankkureihin.

Nosto on suunniteltava siten, että nostokulma on pienempi kuin 45° . Jos nostokulma on suurempi, tulee käyttää vaijeriohjaimia tai painelevyllä varustettuja täysmetallisia tai vaijerinostolenkkejä, jotka mahdollistavat nostot myös yhdensuuntaisesti nostopintaan nähden eli ns. kyljestä noston.

Vaijerilenkkien kunto tulee tarkistaa säännöllisin väliajoin ja tarvittaessa kuluneet ja vaurioituneet lenkit on vaihdettava.



Kuva 44: Vaijerinostolenkin ohjain

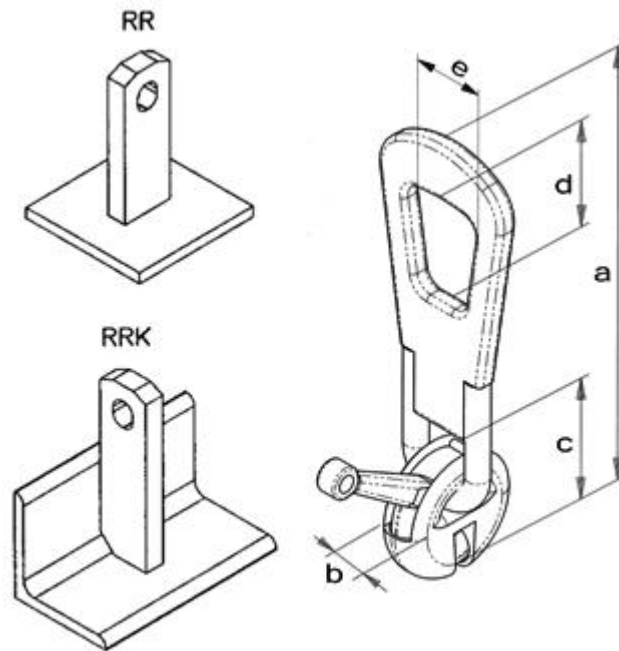
4.1.3 Reikärauta-ankkurit ja nostolukko

Reikärauta-ankkureita käytetään laattaelementtien esim. parvekelaattojen nostoon (kuva 45). Nosto tapahtuu erityisellä nostolukolla.

Myös kappaleessa 4.2.1 esitetty sandwich-elementtien nostoon tarkoitettu AN-ankkuri on tyypiltään reikärauta-ankkuri. Se mahdollistaa elementin käsittelyn vain sisäkuoresta, jolloin ulkokuoren vaurioriski pienenee ja eikä ankkurin tarvitse olla ruostumatonta terästä.

Ankkurit vaativat tyyppikohtaisesti lisäraudoituksen, joka selviää valmistajan käyttöohjeista.

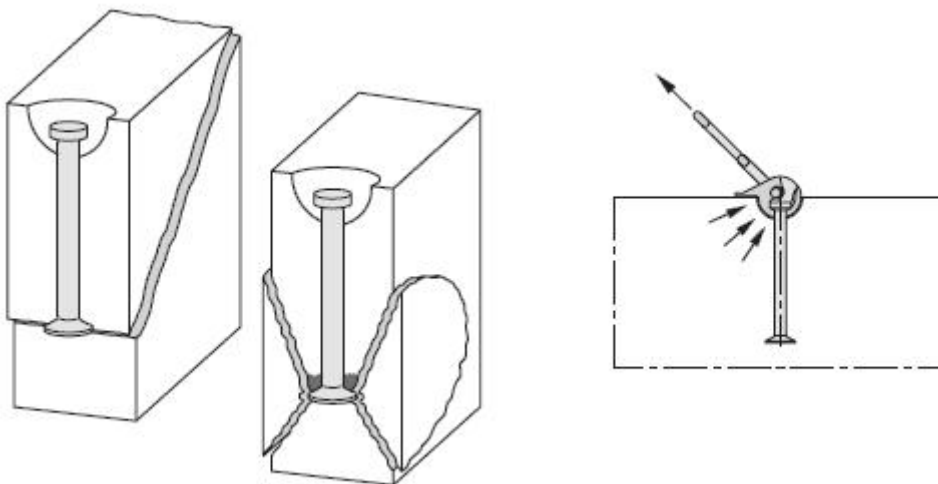
Nostolukkoa käytetään yhdessä reikärauta-ankkureiden kanssa. Käytössä on noudatettava valmistajien ja maahantuojien ohjeita.



Kuva 45: Reikärauta-ankkureita ja nostolukko

4.1.4 Kuula-ankkurit ja nostolukko

Kuula-ankkurit asennetaan elementtiin käyttäen puolipallon muotoista varauskumia, joka poistetaan betonin kovettumisen jälkeen. Kuula-ankkureiden nostolukko välittää kuvan 46 mukaisesti nostovoiman vaakasuuntaisen komponentin puristuksena betonille, jolloin ankkuriin itseensä kohdistuu lähes yksinomaan vetorasitus.



Kuva 46: Betonin murtotavat tyssäkantaisilla kuula-ankkureilla ja nostolukon toimintaperiaate

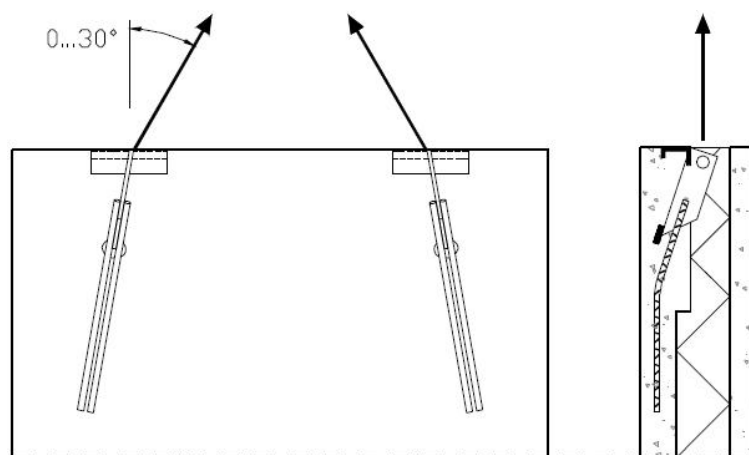
4.2 Markkinoilla olevien nostoankkureiden ja -lenkkien kapasiteetteja

Seuraavaksi esiteltujen tuotteiden kapasiteetit ja muut ominaisuudet perustuvat joulukuussa 2010 voimassa olleisiin käyttöselosteisiin. Ajantasaiset tiedot löytyvät Suomen Betoniyhdistyksen ja valmistajien Internet-sivuilta.

4.2.1 Anstar Oy

AN-nostoankkuri

AN-nostoankkureita käytetään sandwich-elementtien nostamiseen pelkästään sisäkuoresta kuvassa 47 esitetyllä tavalla. Nostopiste sijaitsee eristetilassa lähellä elementin painopistettä mahdollistaen elementin nostamisen pystysuorassa asennossa. Nosto suoritetaan kaksipistenostona nostolukkoja käyttäen. Parin oikea- ja vasenkätinen ankkuri asennetaan 10° kallistettuina pystysuoran suhteen.



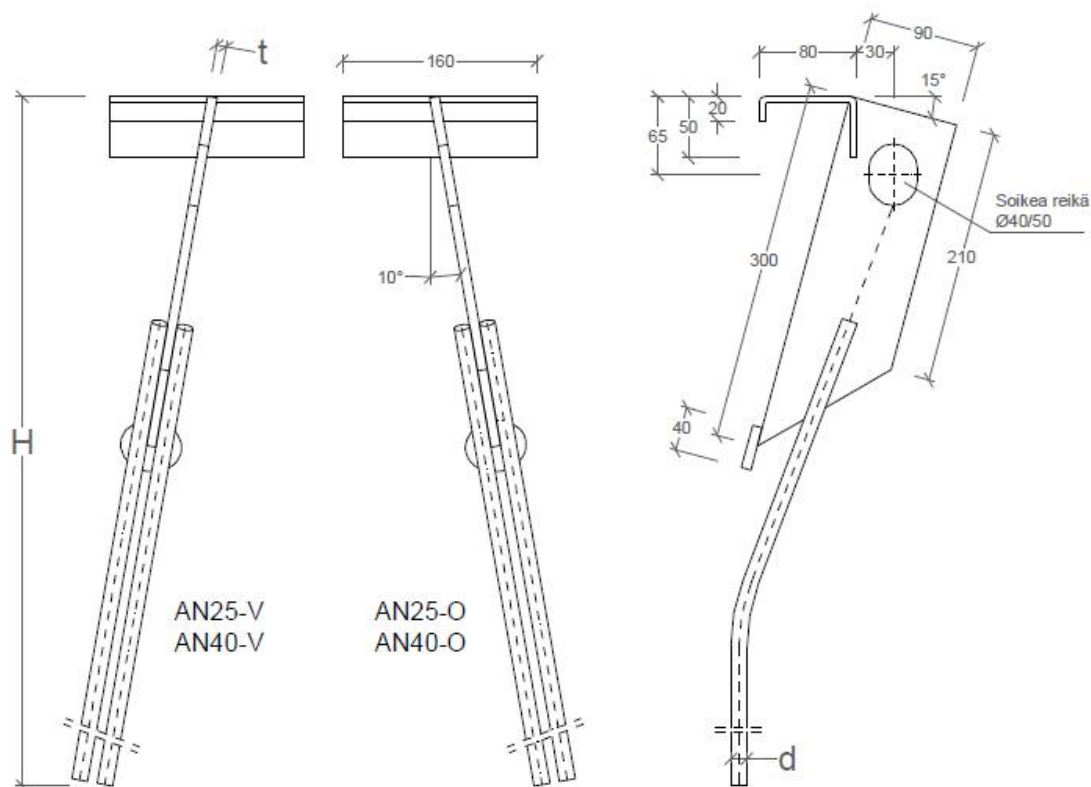
Kuva 47: AN-ankkurin asennusperiaate ja nostokulmat

Nostoankkureiden sallitut pystykuormat on määritetty kaksinkertaisella varmuudella halkeama- ja nelinkertaisella varmuudella murtokuormaan.

Taulukko 19: AN-nostoankkureiden sallitut kuormat, tunnusvärit ja nostolukot

Ankkuri	Betoni $f_{ck} = 16 \text{ MPa}$, nostokulma $0^\circ - 20^\circ$ [kN]	Betoni $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$, nostokulma $0^\circ - 30^\circ$ [kN]	Tunnusväri	Suurin sopiva nostolukko [t]
AN25	25	25	harmaa	5
AN40	40	40	keltainen	5
AN60	60	60	punainen	8

Sisäkuoressa on nostoankkureiden kohdalla paksunnos, jonka mitat on esitetty ankkurin käyttöohjeessa. Myös lisäraudoitus on esitetty käyttöohjeessa.



Kuva 48: AN-nostoankkureiden mitat

Taulukko 20: AN-nostoankkureiden mitat ja massat

Ankkuri	t [mm]	d [mm]	H [mm]	Massa [kg]
AN25-V, AN25-O	8	12	1000	3,9
AN40-V, AN40-O	12	16	1100	6,1
AN60-V, AN60-O	16	20	1360	12,0

Lisätietoja: www.anstar.fi

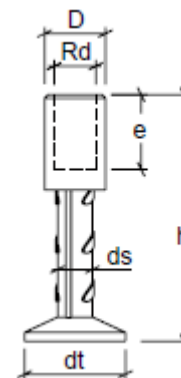
4.2.2 Peikko Finland Oy

PLA-nostoankkuri ja nostolenkit

PLA-nostoankkurin mitat ovat taulukon 21 mukaiset. Käyttöselosteen mukaiset sallitut kuormat on esitetty taulukossa 22. PLA-ankkureille soveltuvat vaijeri- ja täysmetalliset nostolenkit on esitetty taulukoissa 23, 24 ja 25.

Taulukko 21: PLA-nostoankkureiden mitat ja massat

Ankkuri	D [mm]	Rd [mm]	ds [mm]	dt [mm]	e [mm]	h [mm]	Massa [kg]
PLA20	30	20	20	58	35	140	0,3
PLA24	35	24	20	58	40	150	0,4
PLA30	40	30	25	72	56	200	0,6
PLA36	50	36	32	96	68	250	1,3



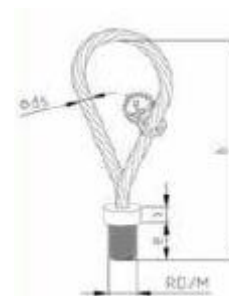
Taulukko 22: PLA-ankkureiden sallitut kuormat betonin lieriölujuudelle $f_{ck} = 16 \text{ MPa}$ ja minimiasennusetäisyydet

Ankkuri	Nostokulmalla 0° - 45° [kN]	Nostokulmalla 90° [kN]	Reunaetäisyys (1,5·h) [mm]	Keskiö- etäisyys [mm]	Elementin paksuus [mm]
PLA20	20	10	210	420	160
PLA24	25	12,5	225	450	170
PLA30	40	20	300	600	220
PLA36	60	31,5	375	750	270

Peikon käyttöohjeen mukaan nostoankkureiden sallitut kuormat on saatu laskemalla. Mitoituslaskelmissa on käytetty murtolujuuksia ja sallitut kuormat on saatu jakamalla murtokapasiteetit kokonaisvarmuuskertoimella 4,0.

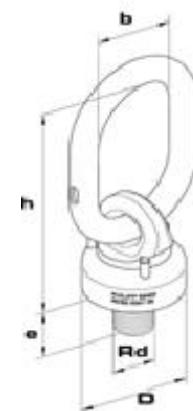
Taulukko 23: TLL-vaijerinostolenkkien mitat ja kapasiteetit

Nostolenkki	Kierre Rd / M	Korkeus [mm]	Kierteen pituus [mm]	Kuorma- luokka [t]	Sallittu kuorma [kN], 0° - 45°
TLL 12	12	155	22	0,5	5
TLL 14	14	155	25	0,8	8
TLL 16	16	165	27	1,2	12
TLL 18	18	190	34	1,6	16
TLL 20	20	215	35	2,0	20
TLL 24	24	255	43	2,5	25
TLL 30	30	300	55	4,0	40
TLL 36	36	360	67	6,3	63
TLL 42	42	425	75	8,0	80
TLL 52	52	530	95	12,5	125



Taulukko 24: Painelevylliset SLD-nostolenkit nostokulmille 0° – 90°

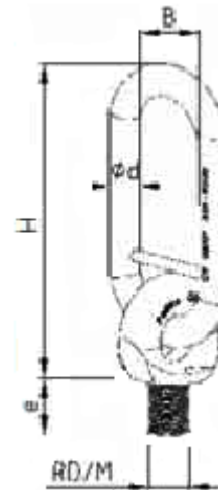
Nosto- lenkki	Ankkurit	Kahvan väri	Kapasi- teetti [kN]	Mitat [mm]			
				D	b	h	e
SLD 20	PLA 20 PLA 20 P PLA 20 PM	Vaalean vihreä	20	70	60	158	26
SLD 24	PLA 24 PLA 24 P PLA 24 PM	Musta	25	74	75	187	31
SLD 30	PLA 30 PLA 30 P PLA 30 PM	Vihreä	40	90	90	219	39
SLD 36	PLA 36 PLA 36 P PLA 36 PM	Sininen	63	101	100	255	47



Taulukko 25: Täysmetallinen JL-nostolenkki hylsyankkureille

Nosto- lenkki	Kierre Rd/M	Mitat [mm]				Sallittu kuorma [kN]	
		B	H	e	ϕd	0° - 45°	0° - 90°
JL12	12	50	150	19	13	5	2,5
JL16	16	50	150	24	13	12	6,0
JL20	20	50	162	29	16	20	10,0
JL24	24	50	162	35	16	25	12,5
JL30	30	50	177	43	22	40	20,0
JL36	36	50	177	52	22	63	31,5
JL42	42	65	218	60	26	80	40,0
JL52	52	65	218	73	26	125	62,5

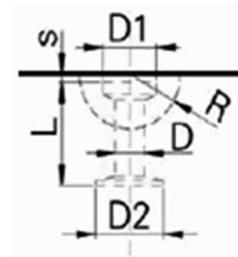
Asennettava käyttäen Peikko NPP-asennuslevyä

**KK-nostoankkuri ja nostolukot**

KK-nimitys tulee saksankielen Kugelkopf sanasta, joka tarkoittaa kuulapäätä. Ankkurit asennetaan käyttäen puolipallon muotoista varauskumia. Nostolukko tukeutuu varauksen seinämään, jolloin ankkuriin vaikuttaa pääasiassa ankkurin suuntainen kuorma. KK-ankkureiden mitat ja kestävyudet on esitetty taulukoissa 26 ja 27.

Taulukko 26: KK-nostoankkureiden mitat

Ankkuri	Mitat [mm]					
	L	D	D1	D2	s	R
KK1,3x120	120	10	19	25	10	30
KK1,3x240	240					
KK2,5x170	170	14	26	35	11	37
KK2,5x280	280					
KK4,0x210	210	18	36	45	15	47
KK4,0x240	240					
KK4,0x340	340					
KK5,0x240	240	20	36	50	15	47
KK5,0x340	340					
KK5,0x480	480					
KK7,5x300	300	24	47	60	15	59
KK7,5x540	540					
KK10,0x340	340	28	47	70	15	59
KK10,0x680	680					
KK15,0x400	400	34	70	80	15	80
KK15,0x840	840					
KK20,0x500	500	39	70	98	15	80
KK20,0x1000	1000					
KK32,0x700	700	50	88	135	23	107
KK32,0x1200	1200					

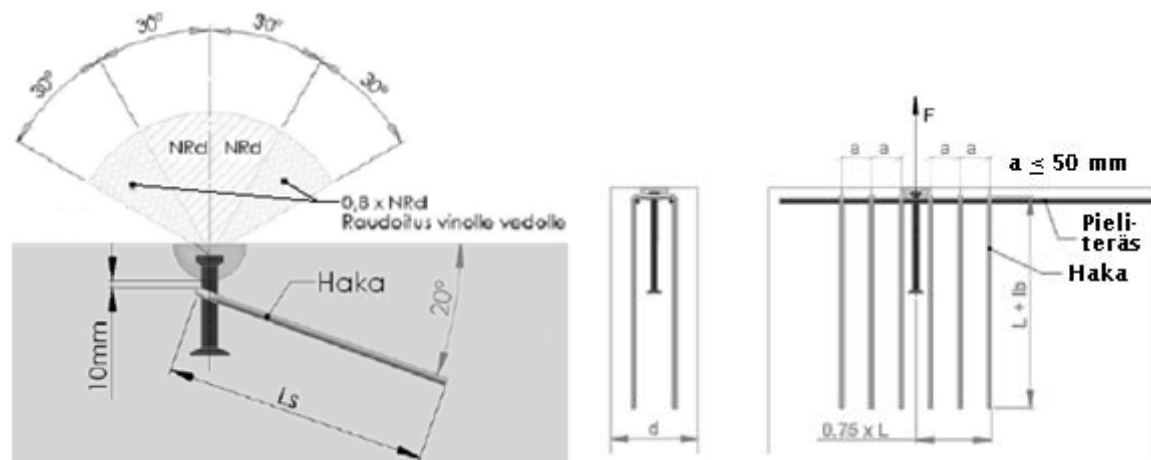


Taulukko 27: KK-nostoankkureiden kestävyys ja asennuksen minimimitat

Ankkuri	Kestävyys nostokulmalla 0° - 30°	Kestävyys nostokulmalla 0° - 60°	Minimi reuna-etäisyys	Elementin minimipaksuus
KK	N_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	c_{min} [mm]	D [mm]
1,3x120 1,3x240	13	10	100	100
2,5x170 2,5x280	25	20	140	120
4,0x210 4,0x240 4,0x340	40	32	180	140
5,0x240 5,0x340 5,0x480	50	40	200	140
7,5x300 7,5x540	75	60	240	160
10,0x340 10,0x680	100	80	280	200
15,0x400 15,0x840	150	120	360	200
20,0x500 20,0x1000	200	160	420	200
32,0x700 32,0x1200	320	256	560	260

Ankkureiden kestävyyslaskenta perustuu eurokoodin [1] ja teknisen raportin [2] käyttämiseen, mutta käyttöselosteen mukaan kokonaisvarmuus on nelinkertainen. Käyttöselosteen mukaan taulukossa 27 esitetty ankkurin kestävyysmitoitussarvo jaetaan luvulla 2,7, jolloin saadaan ankkurin kantama osuus elementin painosta.

Kuvassa 49 esitetään vinonoston ja seinäelementtien lisäraudoituksen periaatekuva. Raudoituksen koko- ja määrätiedot on esitetty tuote-esitteessä.



Kuva 49: KK-nostoankkurien lisäraudoituksen periaate

Lisätietoja: www.peikko.fi

4.2.3 Semtu Oy

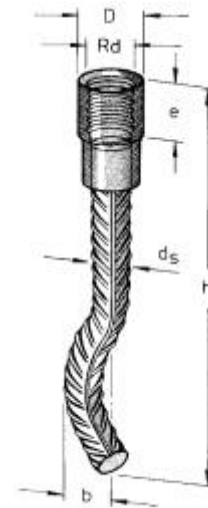
Pfeifer-käyräankkuri ja nostolenkit

Semtun käyttöohjeessa Nostoankkurit ja -tarvikkeet on esitetty noston, haoituksen sekä vinon ja kyljestänoston aputerästen ohjeita. Nostolenkkien kapasiteetit on ilmoitettu kokonaisvarmuudella 4,0. Kapasiteetin määrää nostolenkin kapasiteetti.

Käyräankkurin sallitut kuormat, mitat ja asennusmitat on esitetty taulukoissa 28 ja 29. Vaijeri- ja täysmetallisten nostolenkkien kapasiteetit ja mitat on esitetty taulukoissa 30, 31 ja 32.

Taulukko 28: Pfeifer-käyräankkurien sallitut kuormat ja mitat

Käyrä- ankkuri	Sallittu kuorma/ ankkuri [kN]	Mitat [mm]				
		e	D	d _s	h	b
Rd 12	5	21	15	8	137	15
Rd 16	12	26	21	12	216	20
Rd 20	20	32	27	16	257	25
Rd 24	25	40	31	16	350	30
Rd 30	40	50	40	20	450	40
Rd 36	63	61	47	25	570	50



Taulukko 29: Pfeifer-käyräankkurien asennusmitat

Käyrä- ankkuri	Reuna- ja keskiöetäisyydet [mm]		Paksuus *) [mm]	Haat + (verkko)	Elementin minimikorkeus **)
	a _{min}	b _{min}			
Rd 12	140 (150)	280 (300)	65 (60)	1+1T6 (5/5 #150)	c+h+f
Rd 16	165 (200)	330 (400)	100 (80)	1+1T8 (5/5 #150)	c+h+f
Rd 20	250 (275)	500 (550)	150 (110)	1+1T8 (6/6 #150)	c+h+f
Rd 24	450 (300)	900 (600)	170 (125)	1+1T8 (6/6 #150)	c+h+f
Rd 30	500 (350)	1000 (650)	200 (140)	1+1T8 (6/6 #150)	c+h+f
Rd 36	500 (400)	1000 (800)	200 (200)	1+1T8 (6/6 #150)	c+h+f

Etäisyys- ja paksuusvaatimukset pätevät raudoittamattomalle betonille, jonka noston aikainen lieriölujuus $f_{ck} = 25$ MPa. Suluissa olevat mitat pätevät minimiraudoitettulle betonille, jonka nostona aikainen lieriölujuus on $f_{ck} = 16$ MPa.

*) Rakenteellinen minimipaksuus, tarkistettava suojabetonipeitteen riittävyys

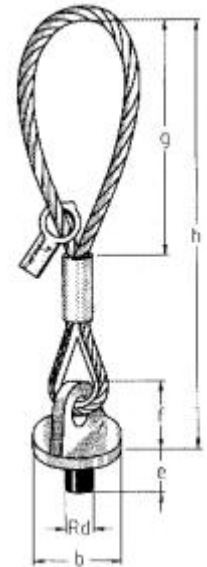
***) c on suojabetonipeite, h on ankkurin korkeus, f on varauskolon syvyys

Taulukko 30: Rd-vaijerinostolenkkien kapasiteetit ja mitat

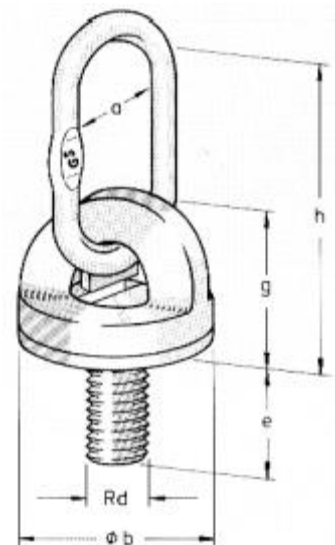
Nosto- lenkki Rd	Sallittu kuorma/ nostolenkki [kN]	Mitat [mm]		
		h	e	l
Rd 12	5	155	22	27
Rd 16	12	155	27	36
Rd 20	20	215	35	45
Rd 24	25	255	43	54
Rd 30	40	300	56	68
Rd 36	63	340	68	81

**Taulukko 31:** Rd-vaijerinostolenkit painelevyllä

Nosto- lenkki Rd	Sallittu kuorma/ nostolenkki [kN]	Mitat [mm]				
		b	e	g	h	f
Rd 12	5	47	18	180	310	39
Rd 16	12	56	24	180	345	48
Rd 20	20	68	30	220	410	60
Rd 24	25	74	36	220	435	62
Rd 30	40	90	45	240	490	75
Rd 36	63	103	54	260	570	92

**Taulukko 32:** Täysmetalliset Rd-nostolenkit

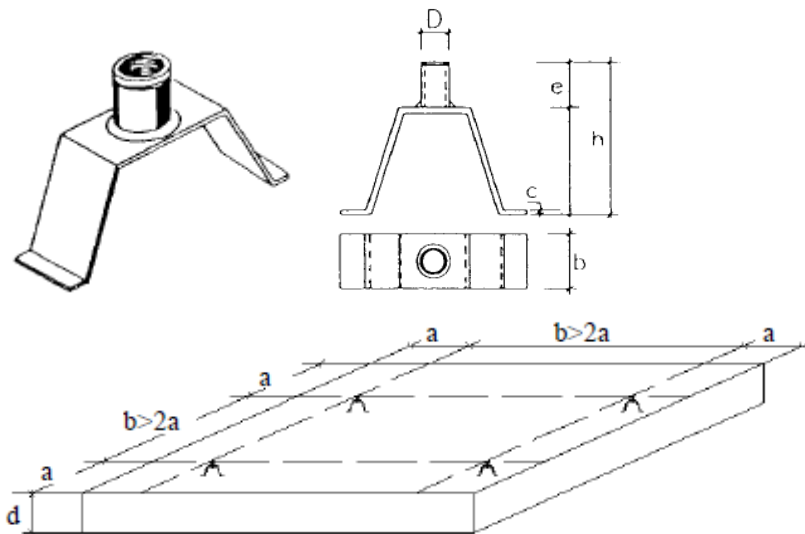
Nosto- lenkki Rd	Sallittu kuorma/ nostolenkki [kN]	Mitat [mm]				
		a	b	e	g	h
Rd 12	5	50	47	16	48	125
Rd 16	12	60	56	21	60	150
Rd 20	20	60	70	26	74	160
Rd 24	25	75	74	31	78	185
Rd 30	40	90	90	47	90	220
Rd 36	63	100	101	55	107	255



Laatta-ankkuri

Laatta-ankkurissa on Rd-kierteinen hylsy, joka on hitsattu lattateräksestä taivutettuun tartuntaan. Ne on tarkoitettu laattaelementtien nostoon yläpinnasta. Nostolenkkeinä voidaan käyttää vaijerinostolenkkiä, vaijerinostolenkkiä painelevyllä tai täysmetallista nostolenkkiä. Laatta-ankkurin kapasiteettiä on määritetty nelinkertaiselle kokonaisvarmuudelle. Kapasiteetin rajoittaa vaijeri- ja täysmetallisten nostolenkkien kapasiteetti. Laatta-ankkureiden geometria ja keskiöetäisyydet on esitetty kuvassa 50.

LA-ankkureiden mitat, kapasiteetit, reuna- ja keskiöetäisyydet sekä vaadittava lisäraudoitus on esitetty käyttöohjeessa.



Kuva 50: LA-ankkureiden geometria ja asennuksen keskiöetäisyydet

LA 24 -ankkureiden hylsyosa voi olla sähkösinkitty ja keltapassivoitu, ruostumaton tai haponkestävä. Lattateräs voi olla sähkösinkitty ja keltapassivoitu tai musta.

LA 30 -ankkureita voidaan käyttää elementeissä, joiden suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta. Hylsyosa on ruostumaton. Lattateräs on musta.

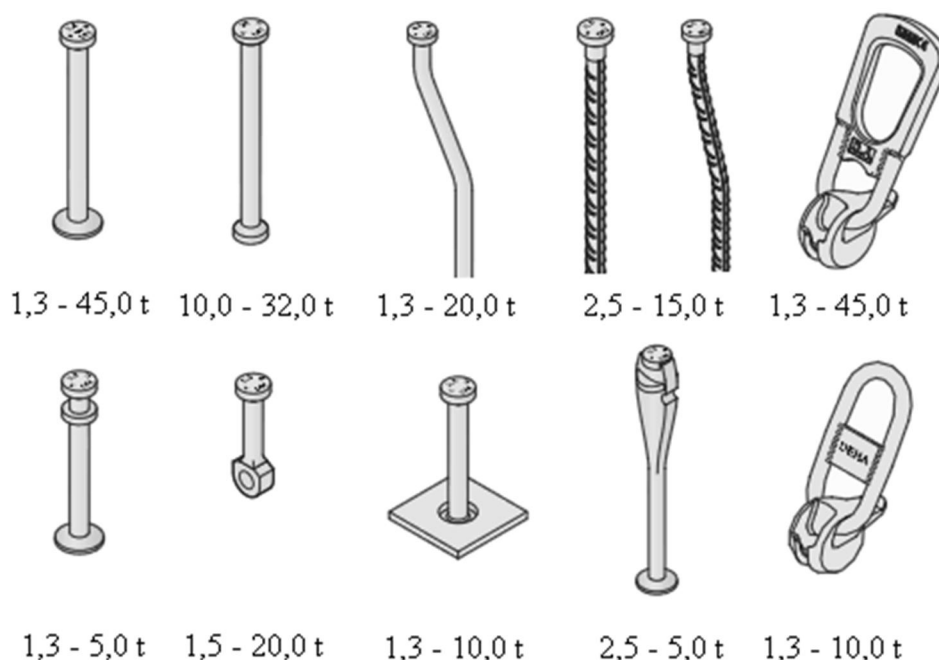
Lisätietoja: www.semtu.fi

4.2.4 Halfen Ab

DEHA-ankkureiden kapasiteetit on jaettu kuormaluokkiin 1,3 - 45,0 tonnia. Esitteiden mukaiset kuormaluokat perustuvat saksalaisiin suunnitteluohjeisiin, joissa vaadittu varmuus betonin murtumista vastaan on 2,5 ja teräksen murron osalta 3,0. Tämän ohjeen mukaisella osavarmuusmenetelmällä mitoitettuna ankkureiden kapasiteetit ovat pienemmät, kun määräävä murtotapa on betonin murto.

DEHA kuula-ankkurit

Kuula-ankkureita on laaja kokoelma erilaisiin käyttötarkoituksiin ja erilaisille kuormaluokille. Kuvassa 51 kapeammalla tyssäkannalla varustettu ankkuri on tarkoitettu jännitettyjen I-palkkien uumissa tai muissa ohuissa kuorissa käytettäväksi. Alimman rivin oikeanpuoleinen ankkuri on tarkoitettu vaaka-asennossa valettujen elementin nostamiseksi pystyyn kyljestä nostona.



Kuva 51: DEHA kuula-ankkurit ja nostolukot

DEHA HD-ankkuri

HD-ankkureiden kuormaluokat poikkeavat perinteisistä kuvan 52 mukaisesti. Kun elementin nostoankkureiksi valitaan HD-ankkurit, täytyy elementtipiirustukseen lisätä merkintä perinteisiä ankkureita korkeammasta kapasiteetista. Tämä tieto tarvitaan asennussuunnitelman tekemisessä, jotta vältetään elementtien nostaminen kapasiteetiltaan riittämättömillä vaijeri- tai täysmetallisilla nostolenkeillä.

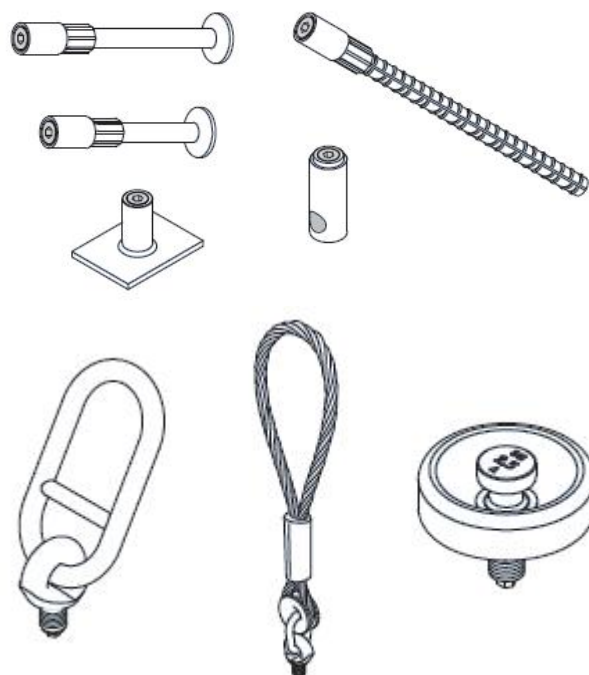
HD-ankkureiden kuormaluokat									
Rd12	Rd16			Rd20	Rd24	Rd30	Rd36	Rd42	Rd52
1.3	2.5			4.0	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
PUH	T-HAR			VIH	SIN	H-HAR	ORA	KEL	MUS
ORA	VAAL	PUH	V-PUH	V-VIH	T-HAR	VIH	SIN	H-HAR	KEL
0.5	0.8	1.2	1.6	2.0	2.5	4.0	6.3	8.0	12.5
Rd12	Rd14	Rd16	Rd18	Rd20	Rd24	Rd30	Rd36	Rd42	Rd52
Perinteiset kuormaluokat									

Kuva 52: HD-ankkureiden ja perinteisten ankkurien kuormaluokat

Erityyppiset HD-ankkurit on esitetty kuvassa 53. Harjateräsvartisia ja pidempää pyöröteräsvartisia HD-ankkureita on kuormaluokkiin 1,3 - 15,0 tonnia. Lyhyempiä pyöröteräsvartisia ankkureita ja levyyn hitsattuja ankkureita on kuormaluokkiin 1,3 - 7,5 tonnia. Hylsyankkureita, joihin lisätään erillinen ankkurointiraudoitus, on saatavissa kuormaluokkiin 1,3 - 10,0 tonnia. HD-ankkureiden perinteisistä ankkureista poikkeavat kuormaluokat ja tunnusvärit on esitetty taulukossa 33.

Taulukko 33: HD-ankkureiden kuormaluokat ja tunnusvärit

Kuormaluokka [t]	Kierre	Tunnusvärit
1,3	Rd 12	Punainen
2,5	Rd 16	Tumman harmaa
4,0	Rd 20	Vihreä
5,0	Rd 24	Sininen
7,5	Rd 30	Hopean harmaa
10,0	Rd 36	Oranssi
12,5	Rd 42	Keltainen
15,0	Rd 52	Musta



Kuva 53: HD-ankkureiden mallit ja nosto-osat

Vaijeri- ja täysmetallinen nostolenkki, HD-sovitin

Kuvassa 52 on esitetty HD-ankkureiden nostoon sopiva painelevyllinen täysmetallinen ja vaijerinostolenkki. Käytettäessä HD-sovitinta, nosto tehdään samalla nostolukolla kuin kuula-ankkureiden nostot.

Lisätietoja: www.halfen.fi

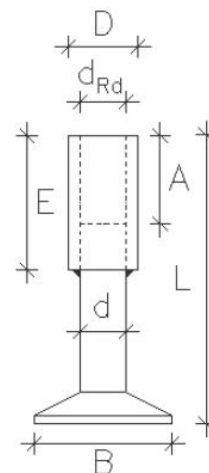
4.2.5 R-Group Finland Oy

R-nostoankkurit

R-nostoankkureiden mitat ovat taulukon 34 mukaiset. Nostoankkurin kierreholkki voi olla sinkittyä/keltapassivoitua teräslaata S235, ruostumaton 1.4301 tai haponkestävä 1.4401. Nostoankkurin tuotemerkinnät ovat vastaavasti R, Rr tai Rh. Ankkurointitappi on teräslaata S235JR.

Taulukko 34: R-nostoankkureiden mitat

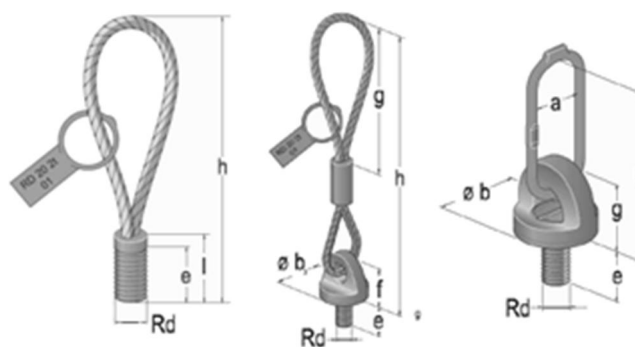
Ankkuri	L [mm]	A [mm]	d _{Rd} [mm]	E [mm]	D [mm]	B [mm]	d [mm]
R16	100	29	16	45	25	42	16
R20	140	40	20	60	30	54	20
R24	150	46	24	70	35	63	24
R30	200	60	30	90	40	78	30
R36	250	69	36	105	50	99	36



Käyttöselosteen mukaiset nostoankkureiden sallitut kuormat betonin nostohetken lieriölujuuden ollessa $f_{ck} = 16$ MPa on esitetty taulukossa 35. Nostokulman ylittäessä 45° on käytettävä painelevylystä nosto-osaa. Käyttöselosteen mukaan nostoankkureiden kokonaisvarmuus murtoa vastaan on 4,0. Kuvassa 54 esitettyjen R-ankkureille soveltuvien vaijeri- ja täysmetallisten nostolenkkien mitat ja kapasiteetit ovat samat kuin taulukoissa 30, 31 ja 32.

Taulukko 35: R-nostoankkureiden kapasiteetit

Ankkuri	N_{sall} $\alpha = 0-45^\circ$ [kN]	N_{sall} $\alpha = 45-90^\circ$ [kN]
R16	12,0	6,0
R20	20,0	10,0
R24	25,0	12,5
R30	40,0	20,0
R36	63,0	31,5



Kuva 54: R-ankkureiden nosto-osat

Käyttöselosteessa on esitetty R-nostoankkureiden pienimmät reuna- ja keskiöetäisyydet sekä tarvittavat lisäraudoitus.

Lisätietoja: www.rgroup.fi

4.2.6 Salon Tukituote Oy

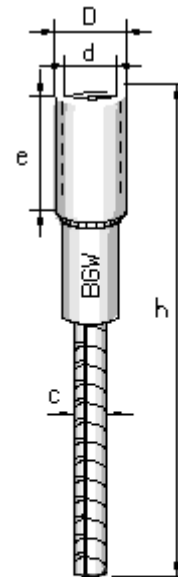
Suora- ja käyräankkureiden sisäkierrehylsy voidaan valita sähkösinkityksi, ruostumattomaksi tai haponkestäväksi.

Suora-ankkuri

Suora-ankkureiden mitat on esitetty taulukossa 36.

Taulukko 36: Suora-ankkureiden mitat

Tyyppi d x h	D [mm]	c [mm]	e [mm]
Rd12x190	16	8	22
Rd16x250	21,5	12	27
Rd20x350	27	14	35
Rd24x400	32	16	43
Rd30x500	38	20	56
Rd30x900	38	20	56
Rd36x650	48	25	69
Rd36x900	48	25	69
Rd42x800	54	28	80
Rd52x900	70	28	90

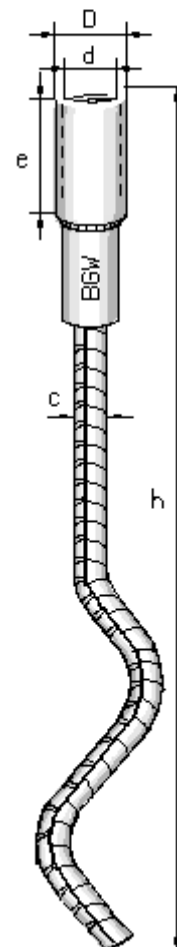


DWL- ja DWG-käyräankkurit

Pidempien DWL- käyräankkurien mitat on esitetty taulukossa 37 ja lyhyempien DWK-käyräankkureiden taulukossa 38.

Taulukko 37: DWL-käyräankkurien mitat

Tyyppi d x h	D [mm]	c [mm]	e [mm]
Rd12x137	16	8	22
Rd16x216	21,5	12	27
Rd20x257	27	16	35
Rd24x360	32	16	43
Rd30x450	38	20	56
Rd36x570	48	25	69
Rd42x620	54	28	80
Rd52x880	70	28	90



Taulukko 38: DWK-käyräankkurien mitat

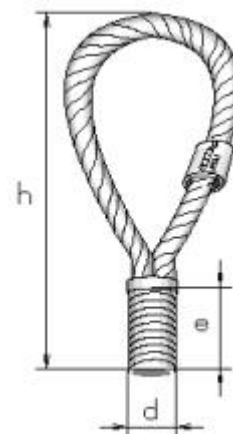
Tyyppi d x h	D [mm]	c [mm]	e [mm]
Rd12x108	16	8	22
Rd16x167	21,5	12	27
Rd20x187	27	14	35
Rd24x360	32	16	43
Rd30x300	38	20	56
Rd36x380	48	25	69
Rd42x450	54	28	80

Goliath-vaijerinostolenkit

Goliath-vaijerinostolenkit ja painelevylliset vaijerinostolenkit sopivat suora- ja käyrä-ankkureiden nostamiseen. Vaijerinostolenkkien mitat ja sallitut kuormat on esitetty taulukossa 39. Painelevylisten vaijerinostolenkkien mitat ja sallitut kuormat on esitetty taulukossa 40.

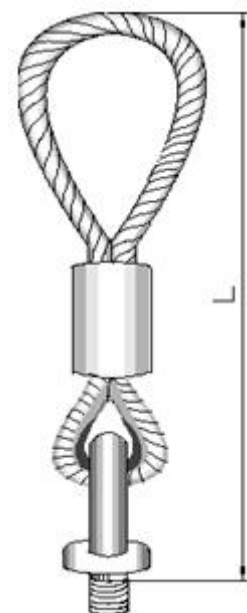
Taulukko 39: Goliath-vaijerinostolenkkien mitat ja kapasiteetit

Tyyppi d x e	h [mm]	Sallittu kuorma [kN]
Rd12x22	155	5
Rd16x27	155	12
Rd20x35	215	20
Rd24x37	255	25
Rd30x50	300	40
Rd36x65	340	63
Rd42x70	425	80
Rd52x80	480	125



Taulukko 40: Painelevylisten Goliath-vaijerinostolenkkien mitat ja kapasiteetit

Tyyppi	L [mm]	Vaijerin halkaisija [mm]	Sallittu kuorma [kN]
Rd12	335	8	5
Rd16	385	8	12
Rd20	470	10	20
Rd24	550	12	25
Rd30	590	16	40
Rd36	780	18	63
Rd42	860	20	80
Rd52	1080	26	125



Lisätietoja: www.tukituote.fi

4.3 Nostoankkurin mitoitus esimerkit

4.3.1 Esimerkki 1, nosto ylöspäin

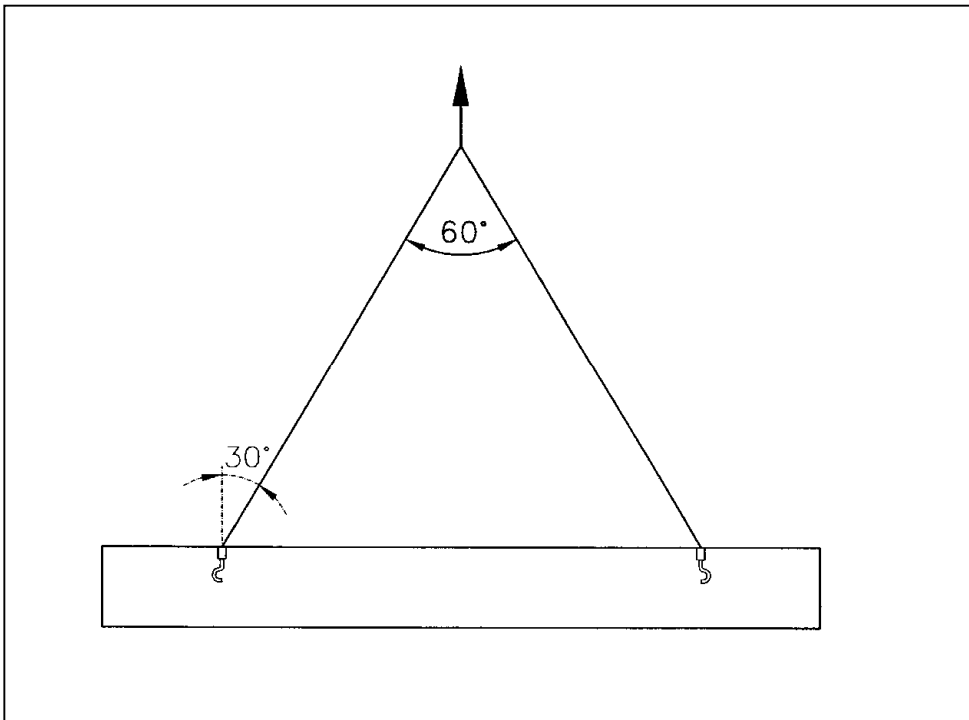
Kuvassa 55 esitetyn teräsbetonipalkin massa $G = 6$ tonnia (paino 60 kN) ja betonin lieriölujuus $f_{ck} = 25$ MPa nostohetkellä. Nosto tapahtuu haarakulmalla 60° . Käytetään käyräankkureita.

Nostoankkuriin kohdistuva vino voima on

$$F = 0,5 \cdot 60 / \cos(30^\circ) = 34,6 \text{ kN}$$

Taulukosta 28 saadaan vaadittavaksi ankkuriksi käyräankkuri Rd 30.

Koska nostokulma ylittää 25° , on käytettävä lisäteräksiä ankkurin ympärillä. Nostokulman ollessa pienempi kuin 45° , ei vaijerilenkin kanssa tarvita vaijeriohjainta.

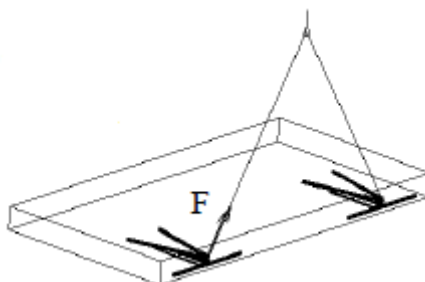


Kuva 55: Teräsbetonipalkin nosto käyräankkureilla

4.3.2 Esimerkki 2, kyljestä nosto

Parveke-elementti, jonka massa on $G = 6$ tonnia (paino 60 kN) ja betonin lieriölujuus $f_{ck} = 25$ MPa nostohetkellä. Elementti nostetaan kahdesta käyräankkurista öljytyn teräsmuotin päältä kyljestänostona. Noston haarakulma on 60° . Elementin mitat ovat 5,0 m · 1,7 m · 0,28 m.

Laatan painon lisäksi otetaan huomioon muotin imuvoima. Noston aikana elementin vastakkainen reuna pysyy koko muotissa kiinni, joten ankkureille tulee puolet elementin painosta ja imuvoimasta.



Kuva 56: Parveke-elementin kyljestänosto käyräankkureilla

Ankkuriin kohdistuva voima

$$F = 0,5 \cdot 0,5 \cdot (60 \text{ kN} + 1,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 5,0 \text{ m} \cdot 1,7 \text{ m}) / \cos(30^\circ) = 19,8 \text{ kN}$$

Nostoankkurin kapasiteetista voidaan hyödyntää kyljestä nostossa vain puolet, joten taulukosta 18 saadaan ankkurin kooksi Rd 30. Kyljestänosto edellyttää vinonoston aputeräksen käyttämistä.

Jos nosto tehdään vaijerilenkeillä, täytyy käyttää vaijeriohjainta tai painelevyllä varustettua nostolenkkiä. Vaihtoehtoisesti nosto voidaan tehdä painelevyllisellä kokometallisella nostolenkillä.

Liite A: Pyörötangon tartunnan vertailu

CEB-FIB Model Coden, johon eurokoodi perustuu, vuoden 2010 luonnosversiossa [8] on esitetty pyörötankojen tartunnalle laskentatapa. Tartunnan perusarvo lasketaan kaavasta

$$f_{b,0} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} / \gamma_C,$$

jossa η_1 on tangon pinnasta (harjakset, pinnoite) riippuva vakio, η_2 on tartuntaolosuhteet huomioon ottava kerroin, η_3 on tangon halkaisijasta riippuva kerroin ja η_4 on teräksen lujuudesta riippuva kerroin.

Taulukossa A-1 on esitetty η -kertoimien numeeriset arvot pyöröteräkselle ja harjateräkselle, jonka myötölujuus on 500 MPa.

Taulukko A-1: Tartunnan perusarvon laskennassa käytettävät kertoimien arvot

Kerroin	Pyöröteräs	Harjateräs
η_1	0,9	1,8
η_2	0,5	1,0 hyvissä olosuhteissa ja 0,7 muulloin
η_3	1,0, kun $\phi \leq 20$ mm $(20/\phi)^{0,3}$, kun $\phi > 20$ mm	
η_4	1,2	1,0

Tartunnan mitoitusarvon laskentaan vaikuttaa harjateräksillä myös betonipeitteen paksuus ja poikittainen raudoitus, mutta pyörötangolla mitoitusarvo $f_{bd} = f_{b,0}$.

Vakiokoukun osuus tankoon kohdistuvasta voimasta lasketaan kaavasta

$$F_h = 50 \cdot f_{bd} A_b,$$

jossa A_b on tangon poikkileikkausala. Vastaava voima saavutetaan suoralla pyörötangolla, jonka pituus on $12,5 \cdot \phi$. Tämän ohjeen edellisessä versiossa on koukun oletettu vastaavan tartunnaltaan suoraa tangon osaa, jonka pituus on $10 \cdot \phi$.

Taulukossa A-2 on esitetty Model Code 2010:n kaavoilla lasketut nostolenkkien L_1 -ankkurointipituudet. Pienin ero tämän nostolenkkiohjeen edellisen version tartuntapituuksiin on 10 mm tangolla ja betonilla, jonka lieriölujuus nostohetkellä on 12 MPa. Tällöin tartuntapituus on 2,3-kertainen. Suurin ero on vastaavasti 32 mm tangolla ja betonilla, jonka lieriölujuus on nostohetkellä 50 MPa. Tällöin tartuntapituus on 3,9-kertainen.

Jos oletettaisiin teollisissa olosuhteissa valmistetuilla betonielementeillä nostolenkkien tartuntaolosuhteiden olevan hyvät ja kertoimelle η_2 käytettäisiin arvoa 1,0, olisivat tartuntapituuksien arvot vastaavasti 1,0 - 1,7 -kertaiset verrattuna tämän ohjeen edelliseen versioon.

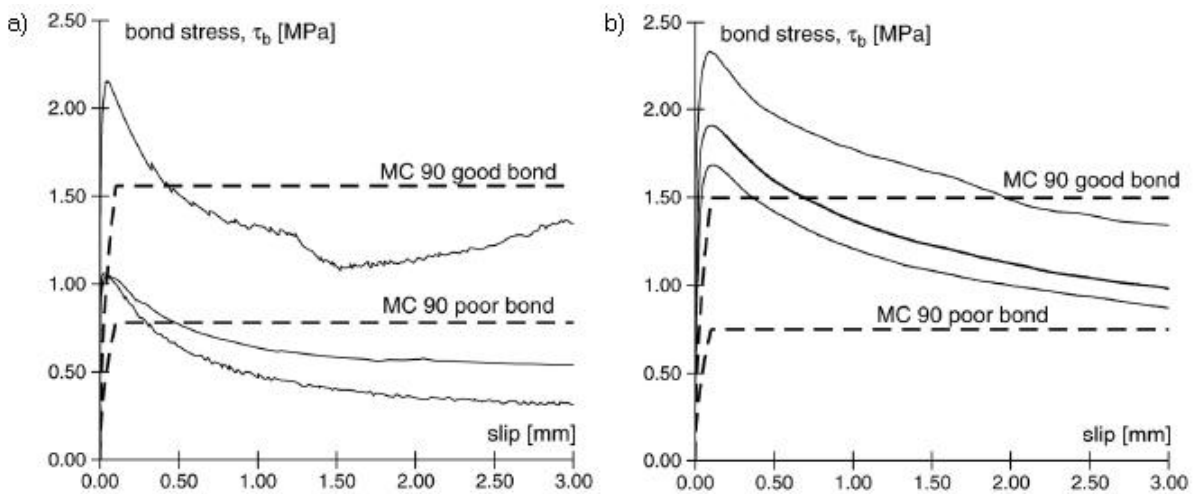
Taulukko A-2: L_1 -pituus betonin pinnasta koukun kaarevan osan alkukohtaan teräkselle S235J2+N laskettuna Model Code 2010 mukaisesti

	Betonin lieriölujuus f_{ck} [MPa] nostohetkellä							
ϕ [mm]	12	16	20	25	30	35	40	50
10	1490	1280	1130	1000	900	820	760	670
12	1790	1530	1350	1200	1080	990	920	800
16	2380	2040	1800	1590	1440	1320	1220	1070
20	2980	2550	2250	1990	1800	1640	1520	1340
25	4030	3450	3050	2700	2440	2240	2070	1820
32	5640	4830	4280	3790	3420	3140	2910	2560

Liite B: Päätekoukullisten pyörötankojen voima-siirtymä -yhteys

Uudehko italialainen tutkimuslause [9] esittää tutkimustuloksia koukulla varustetuille pyörötangoille. 1950- ja 60-luvuilla Italiassa on rakennettu paljon betonirunkoisia rakennuksia, joiden raudotteet ovat pyöröterästä. Kun vaatimus rakennusten mitoittamisesta maanjäristystä vastaan on laajennettu uusille alueille, on täytynyt tutkia olemassa olevien runkojen kestävyyttä maanjäristyksen aikana.

Kuvassa B-1 on esitetty kyseisen tutkimusraportin mukaiset tutkimustulokset suoran pyöröteräksen tartunnasta liukuman funktiona. Testitapauksessa tartuntapituus suoralle tangolle oli $10 \cdot \phi$. Liukuman ollessa suurempi kuin tartunnan huippuarvon kohdalla, perustuu tartunta tangon ja betonin väliseen kitkaan.



Kuva B-1. Pyörötangon tartuntalujuus betoniin

a) valun nousu kohtisuoraan pyörötangon suuntaa vastaan

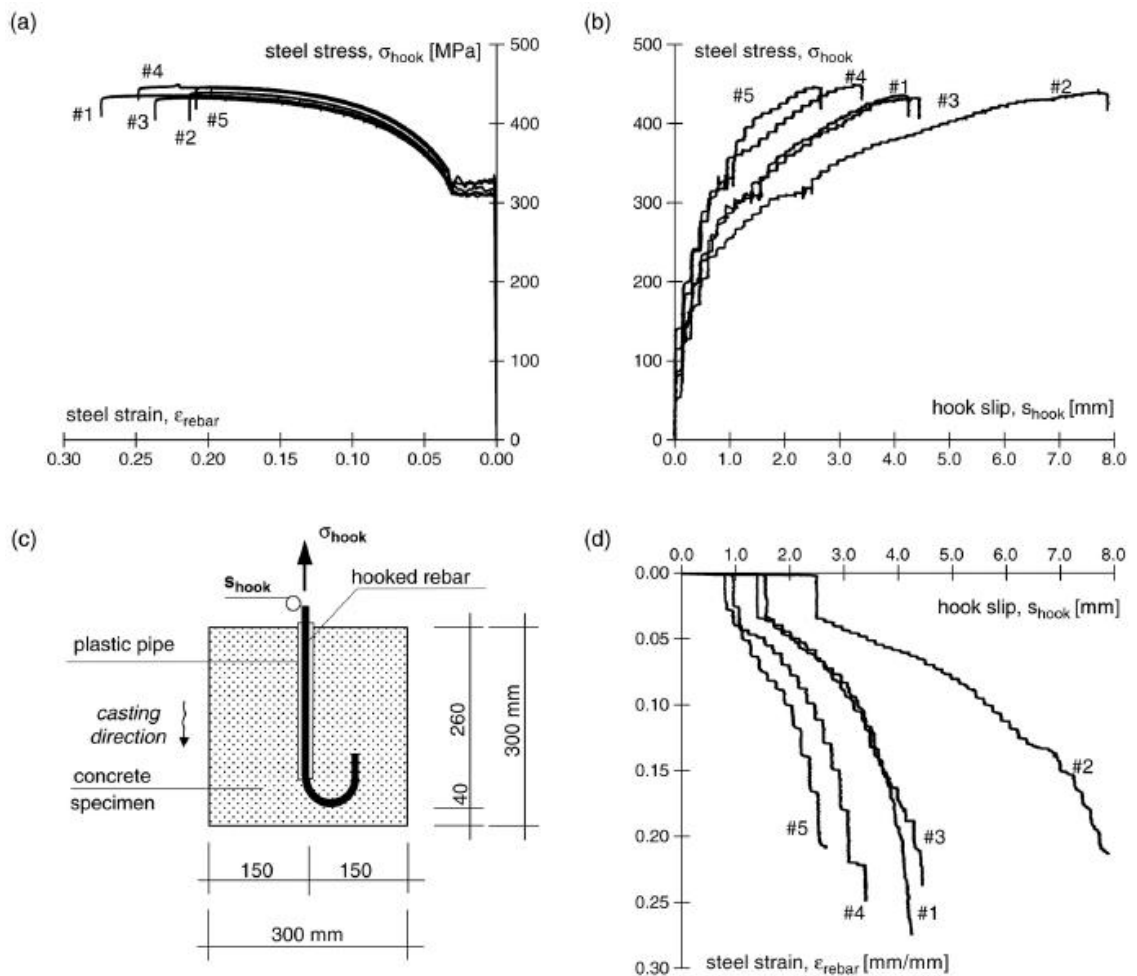
(esim. nostolenkki muottipöydällä valettavassa seinäelementissä)

b) valun nousu pyörötangon suuntaan

(nostolenkki elementissä, josta nostolenkit ovat pystyasennossa valun aikana)

Tutkimuslauseksessa mittaustulosten vertailuarvona on esitetty FIB-CEB Model Code 1990 mukaisilla kaavoilla lasketut tartuntalujuuden ominaisarvot $\tau_{min} = 0,15 \cdot \sqrt{f_{ck}}$ ja $\tau_{max} = 0,3 \cdot \sqrt{f_{ck}}$.

Tutkimuksessa selvitettiin pyörötangon koukun voima-siirtymä -yhteys koejärjestelyssä, jonka yhteenveto on esitetty kuvassa B-2.

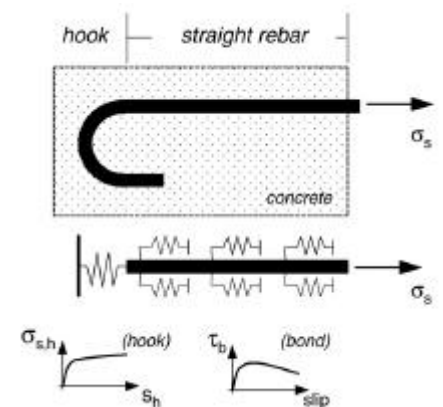


Kuva B-2. Yhteenvedo koukun voima-siirtymä -yhteyden määrittämisestä

Kuvassa B-3 on esitetty laskentamalli, jota käyttäen päätekoukulla varustetun pyörötangon voima-siirtymä -yhteys on mahdollista laskea.

Tartunta pyörötangon suoralla osalla heikkenee, mutta koukun kohdalla pyörötangon jännitys kasvaa siirtymän kasvaessa.

Teräksen jännityksen ylittäessä myötörajan, pyörötangon tartunta betoniin irtoaisi suoralla osalla murtokurouman vaikutuksesta vaikka tartuntaa ei olisikaan estetty muoviputkella.



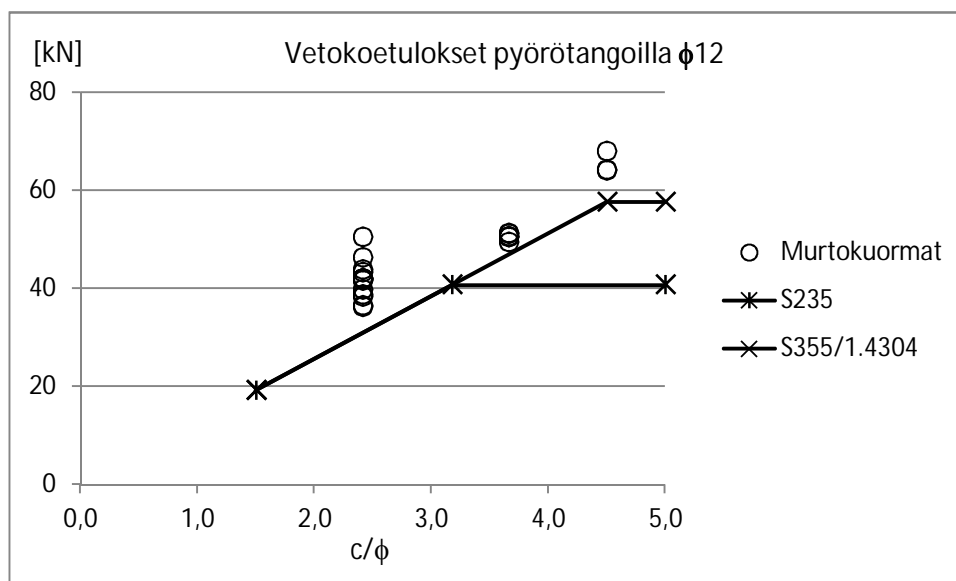
Kuva B-3. Laskentamalli

Liite C: Pyöröteräskoukun halkaisuvoima

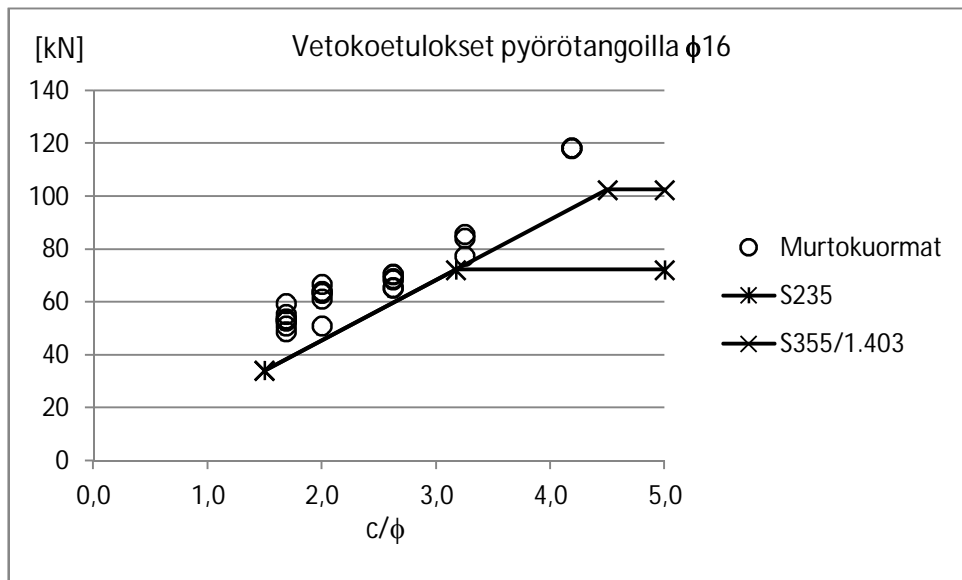
Syksyllä 2013 Betoniteollisuus ry teetti VTT:llä vetokokeita, joilla haettiin lisätietoa koukkupäisen pyörötangon voima-liukumayhteydestä. Kuormituksen alkuvaiheessa pyörötangon suoran osan tartunta kantaa kuorman kokonaan ja teräksen vetomurtoon saakka kuormitettuna lähes koko voima siirtyy koukun kannettavaksi. Koetulosten perusteella suoran pyörötangon tartuntaa ei voi superponoida koukun kapasiteetin kanssa nostolenkkejä mitoitettaessa, koska suoran osan tartunta pettää jo parin millin liukuman arvoilla ja betonin sivuttainen kartiomurto tapahtuu vasta suuremmilla liukuman arvoilla. [12]

Elementtitehtailla ensimmäiset nostot tehdään, kun seinäelementtien betonin kuutiolujuus on 15-20 MPa. Aiemmissa vetokokeissa [5], [6] betonin lujuus oli 40 MPa suuruusluokkaa. Näissä kokeissa koukkupäisten pyörötankojen suora osa oli pituudeltaan 25 – 33 kertaa pyörötangon halkaisija, kun yleisesti käytettävät pituudet ovat noin 50 kertaiset tangon halkaisijaan verrattuna. Uusissa vetokokeissa [12] tavoitteena oli 20 MPa kuutiolujuus kuormitettaessa ja pyörötangon suoran osan pituus oli 50 kertaa pyörötangon halkaisija. Uusissa kokeissa koestettiin myös sellaisia pyörötankoja, jotka on taivutettu sivulle 300 mm syvyydellä betonin pinnasta ja taivutussäde 5ϕ . Sivulle taivutuksia tehdään seinäelementeissä ovi- ja ikkuna-aukkojen yläpuolisten palkkien kohdalla.

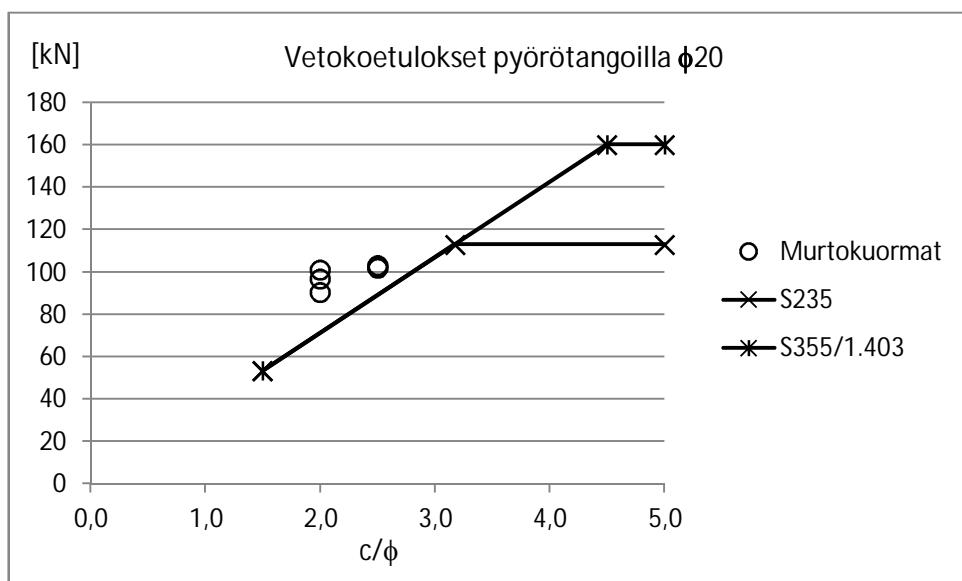
Uusien vetokokeiden havaintona oli, että ohuessa kuoressa betonin lujuudella ei ollut merkitystä betonin murtumaan. Myöskään tangon taivutussäteellä ei havaittu olevan merkitystä kestävyteen, betonin murto tapahtui samalla voiman suuruusluokalla taivutussäteestä riippumatta. Sen sijaan koukun kohdalla olevan betonipeitteen paksuudella havaittiin olevan sekä aiemmissa että uusissa koetuloksissa lineaarinen korrelaatio kuvien C-1, C-2 ja C-3 mukaisesti. Betonipeitteen ollessa 4,5-kertainen suhteessa pyörötangon halkaisijaan, saavutetaan teräslaadulla S355 ja ruostumattomalla teräksellä teräksen murtolujuus. Teräslaadulla S235 saavutetaan murtolujuus jo 3,2-kertaisella betonipeitteellä.



Kuva C-1. Pyörötankojen $\phi 12$ murtokuormat



Kuva C-2. Pyörötankojen $\phi 16$ murtokuormat



Kuva C-3. Pyörötankojen $\phi 20$ murtokuormat

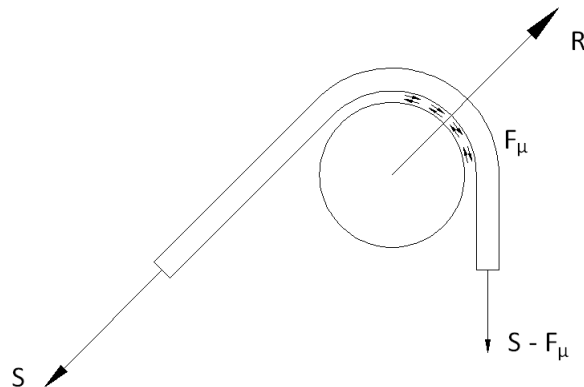
Koekuormitetuissa betonilevyissä oli keskeinen 5 mm verkko. Nostolenkin sijainti poikkesi keskimäärin 6 mm elementin keskitasosta.

Liite D: Voiman jakaantuminen nostolenkin haarojen välillä

Tämän nostolenkkiohjeen edellisessä versiossa vuodelta 2003 oletettiin noston suunnan poiketessa nostolenkin symmetriatasosta vain noston suuntaisessa nostolenkin haarassa esiintyvän vetovoiman. Tämä on hyvin paljon varmallalla puolella oleva otaksuma. VTT:n tutkimusselostuksessa [3] on esitetty holkilla varustettujen jännepunoksista tehtyjen nostolenkkien vetokokeiden tulokset. Tutkimusselostuksessa todetaan elementin yläpinnan tasoon nähden 45° kulmassa vaikuttavan nostovoiman suurimman arvon olevan vain noin 5-10 % heikompi kuin vastaavan pinnan tason normaalin suuntaan vaikuttavan voiman suurin arvo.

Kun oletetaan elementissä, jonka paino on G , olevan kaksi kuvan D-1 mukaista nostolenkkiä toistensa peilikuvana, saadaan resultantin suuruudeksi $R = 0,7 \cdot G$.

Kun nosto tapahtuu nostolenkin symmetriatasosta poikkeavaan suuntaan, syntyy nostolenkin ja nostoapulaiteen välille kitkavoima, jonka suuruusluokka voidaan arvioida kaavalla $F_\mu = \mu R$. Kitkan lisäksi myös nostolenkin taivutusjäykkyys vastustaa nostoapulaiteen liukumista nostolenkin suhteen.



Kuva D-1. Voiman välittyminen nostoapulaitteelta nostolenkin haaroille

Teräs-teräs kitkakerroin on noin 0,2. Oletetaan kitkakertoimelle arvo 0,3, joka pyrkii ottamaan huomioon taivutusjäykkyyden vaikutuksen. Tällöin saadaan kitkavoimalle arvo $F_\mu = 0,3 \cdot 0,7 \cdot G = 0,2 \cdot G$.

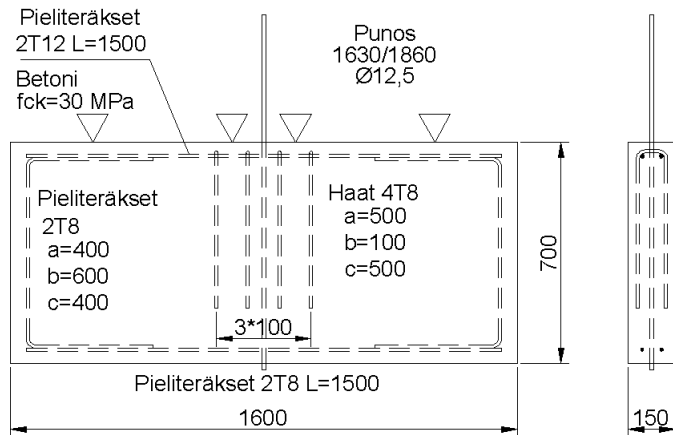
Nostolenkin nostava voima on yhteensä $0,5 \cdot G$, jolloin köysivoiman S arvoksi saadaan $0,4 \cdot G$. Tällöin nostolenkin pystyhaarassa vaikuttava voima on $0,2 \cdot G$ eli puolet noston suuntaisessa haarassa vaikuttavasta voimasta.

Vaikka pyöröteräksen taivutusjäykkyys on suurempi suhteessa vetojäykkyyteen, on oletus pystysuuntaisen haaran voimasta $0,2 \cdot G$ VTT:n tutkimusselostuksessa esitettyjen tulosten perusteella arvioituna silti varmallalla puolella.

Liite E: Jännepunoksen tartunta

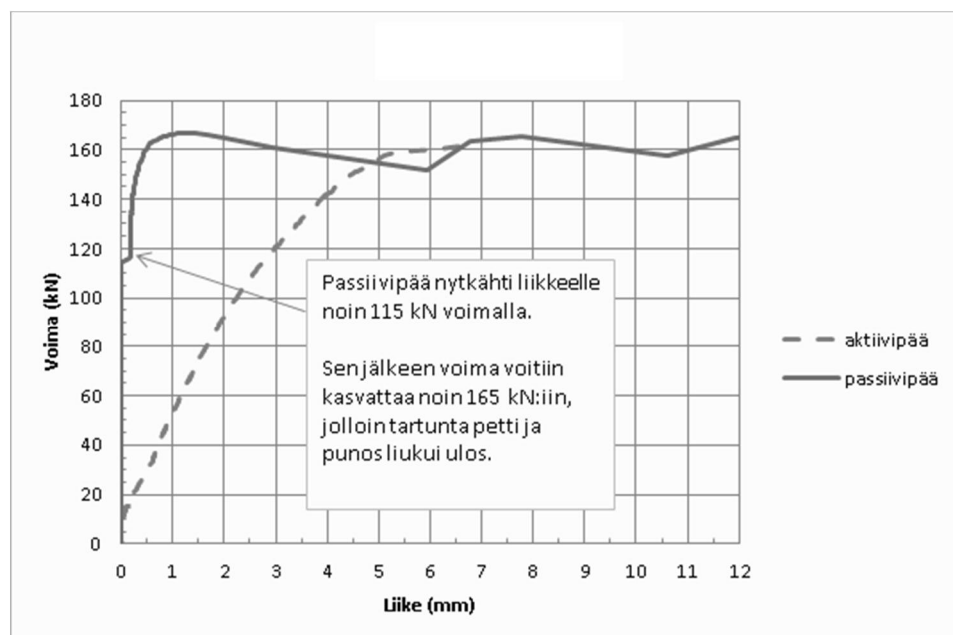
Keväällä 2014 Betoniteollisuus ry teetti VTT:llä vetokokeita, joilla haettiin lisätietoa alkutilanteessa jännityksettömän jännepunoksen voima-liukumayhteydestä ja tartunnan suuruudesta. [13]

Koesarjaan teetettiin 3 kpl kuvan E-1 mukaista elementtiä ja 3 kpl vastaavaa elementtiä, joiden korkeus oli 1000 mm ja yläpinnan pieliteräkset 2T10. Elementtien kuormituksessa käytettiin kahta tuentatapaa; kapeaa, jolla selvitettiin tartunnan maksimiarvoa ja leveää, jolla tutkittiin onko joku muu murtotapa kuin tartunnan pettäminen määräävä. Kuvassa E-1 kapean tuennan kohdat on esitetty kolmioilla, jotka sijaitsevat punoksen lähellä ja leveän tuennan kohdat kolmioilla, jotka sijaitsevat lähellä elementin päitä.



Kuva E-1. Koekappale

Vetokokeen aikana mitattiin punoksen liukumaa vedon puoleisessa aktiivipäässä ja kuormittamattomassa passiivipäässä. Kuvassa E-2 on esitetty 700 mm korkean elementin kuormituskokeen mittaustulokset, kun käytettiin kapeaa tuentaa. Tällaisella tuennalla elementissä ei ollut silmin havaittavia halkeamia, kun lähellä punoksen murtokuormaa punos liukui ulos elementistä. Korkeammalla elementillä punokset katkesivat säikeittäin aktiivipäässä kapeaa tuentaa käytettäessä.



Kuva E-2. Yhden kokeen mittaustulos

Leveää tuentatapaa käytettäessä sekä 700 mm että 1000 mm korkeisiin elementteihin muodostui punokseen kohdalle sen suuntainen halkeama. Halkeamisen myötä punos liukui betonista ulos pienemmällä vetovoimalla, matalammasta elementistä noin 100 kN ja korkeammasta elementistä noin 140 kN suuruisella voimalla.

Viitteet

- [1] Suomen Standardoimisliitto SFS ry. SFS-EN 1992-1-1, Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 2005
- [2] Suomen Standardoimisliitto SFS ry. CEN/TR 15728, Design and Use of Inserts for Lifting and Handling of Precast Concrete Elements. 2008
- [3] VTT, Tutkimusselostus BET95023, Nostolenkkien vetokokeet ja lausunto nostolenkkien mitoitus- ja suunnitteluohjeesta. Jukka Jokela ja Asko Sarja. 1979
- [4] VTT, Lausunto 230/0/81/BET ohjeesta Nostolenkkien mitoitusohjeet ja taivutusmallit. Seppo Huovinen ja Asko Sarja. 1981
- [5] VTT, Tutkimusselostus RTE2898/00, Betonijulkisivuelementin ruostumattomien nostolenkkien ulosveto- ja lämpölaajenemiskokeet. Juha Ratvio ja Heikki Kukko. 2000
- [6] VTT, Tutkimusselostus RTE1790/01, Ruostumattomien nostolenkkien käyttö betonijulkisivu-elementissä. Juha Ratvio ja Heikki Kukko. 2001
- [7] VTT, Tutkimusselostus RTE3175/02, Elementtien korkealajuuksisten nostolenkkien käytettävyyt. Lasse Mörönen ja Alpo Ranta-Maunus. 2002
- [8] CEB-FIB Model Code 2010, First complete draft, Volume 1. 2010
- [9] Betonikeskus ry. Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit. 2003
- [10] Fabbrocino G, Verderame GM, Manfredi G. Experimental behaviour of anchored smooth rebars in old type reinforced concrete buildings. 2004
- [11] Rakennusteollisuus RT. Tuotelehti Teräsbetoninen lyöntipaalu. 2005
- [12] VTT, Tutkimusselostus nro VTT-S-07383-13 Pyörötankotartuntojen ulosvetokokeet betonilevyistä. Lasse Mörönen. 2013
- [13] VTT, Tutkimusselostus nro VTT-S-01431-14 Jännepunostartuntojen ulosvetokokeet betonilevyistä. Lasse Mörönen. 2014