



### Sisällysluettelo

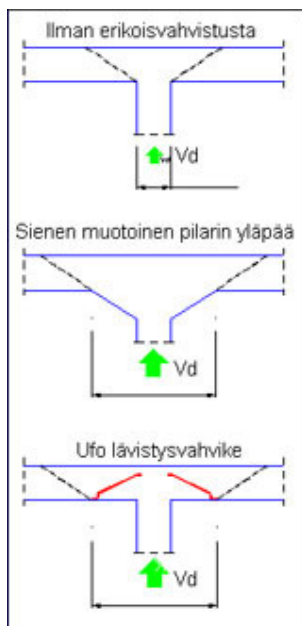
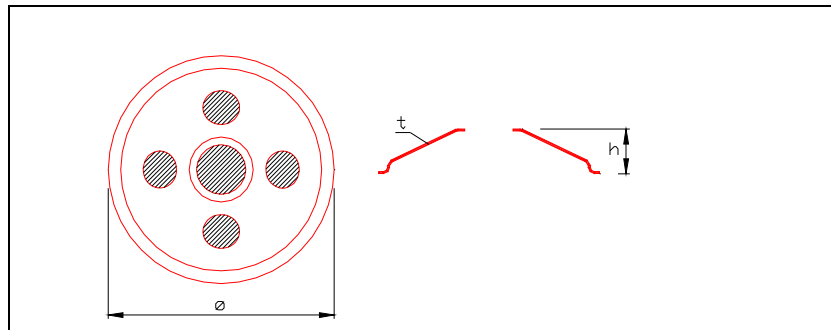
- 1. UFO LÄVISTYSVAHVIKKEEN TOIMINTATAPA**
- 2. MITAT, TOLERANSSIT JA MATERIAALI**
  - 2.1 Mitat
  - 2.2 Toleranssit
  - 2.3 Materiaali
- 3. VALMISTUS JA MERKINÄT**
  - 3.1 Valmistustapa
  - 3.2 UFO lävistysvahvikkeen merkinnät
- 4. UFO LÄVISTYSVAHVIKKEEN KAPASITEETTI JA SALLITUT KUORMAT**
  - 4.1 UFO lävistysvahvikkeen kantokyky
  - 4.2 UFO lävistysvahvikkeen palonkesto
  - 4.3 UFO lävistysvahvikkeen säilyvyys
- 5. UFO LÄVISTYSVAHVIKKEEN KÄYTTÖ**
  - 5.1 Mitoitus
    - 5.1.1 Laatan mitoitus
    - 5.1.2 Laatan lävistystarkastelu
    - 5.1.3 UFO:n mitoitus
    - 5.1.4 Mitoitus- ja mallinnusohjelmat
  - 5.2 Rakennneosien raudoitus ja laatan läpiviennit
    - 5.2.1 Laatan alapinnan raudoitus
    - 5.2.2 Laatan yläpinnan raudoitus
    - 5.2.3 Pilarin raudoitus
    - 5.2.4 Laatan läpiviennit pilarin vieressä
- 6. UFO LÄVISTYSVAHVIKKEEN ASENNUS**
- 7. VAHVIKKEEN VALMISTUKSEN LAADUNVALVONTA**
- 8. VAHVIKKEEN ASENNUKSEN VALVONTA**
- 9. LIITTEET**
  - Liite2 UFO asennusohje 8.4.2010
  - Liite 8 Esimerkki korroosiovaralaskelmasta 8.8.2011
  - Liite 10 UFO lävistysvahvikkeen tuen koon määrittäminen paalulaatassa 26.5.2011

## 1. UFO LÄVISTYSVAHVIKKEEN TOIMINTATAPA

Laatoista ja pilareista koostuva pilarilaatta tunnetaan parhaimpana ja edullisimpana talojen runkovaihtoehtona. Laatan rasitetuin kohta on pilarin vieressä, jossa sekä taivutusmomentti että leikkausvoima on maksimissaan. UFO on erikoisvahvike, joka valetaan laatan sisälle. Sillä saadaan huomattavasti enemmän kantokykyä kuin lävistysraudoitteilla, jolloin voidaan käyttää hoikempia rakenteita. UFO toimii kuten sienimuotoinen pilarin yläpään laajennus ja se mahdollistaa todella hoikkien pilareiden käytön. UFO on nopea ja helppo asentaa, minkä takia sitä on käytetty myös kohteissa, jossa perinteisillä lävistysraudoitteillakin olisi saavutettu riittävä kantokyky.

## 2. MITAT, TOLERANSSIT JA MATERIAALIT

### 2.1 Mitat

	Halkaisija Ø mm	Korkeus h mm	Ainepaksuus t mm	Paino kg
UFO 550/5	550	110	5	10,4
UFO 900/6	900	180	6	32,2
UFO 900/7	900	180	7	37,5
UFO 900/8	900	180	8	42,9

### 2.2 Toleranssit

Mittauskohde	Toleranssi	
	UFO 550	UFO 900
Teräslevyn paksuus [mm]	EN10025	EN10025
Keskireiän halkaisija [mm]	±2	±3
Sivureikien halkaisija [mm]	±3	±5
Reikien välisen kannakkeen mitta [mm]	+5/-0	+8/-0
Vahvikkeen halkaisija [mm]	+40/-0	+40/-0
Vahvikkeen korkeus [mm]	+5/-1	+8/-2
Laipan minimileveys [mm]	-0	-0
Kartion sivun kaltevuuskulma [°]	±1,5	±1,5

### 2.3 Materiaali

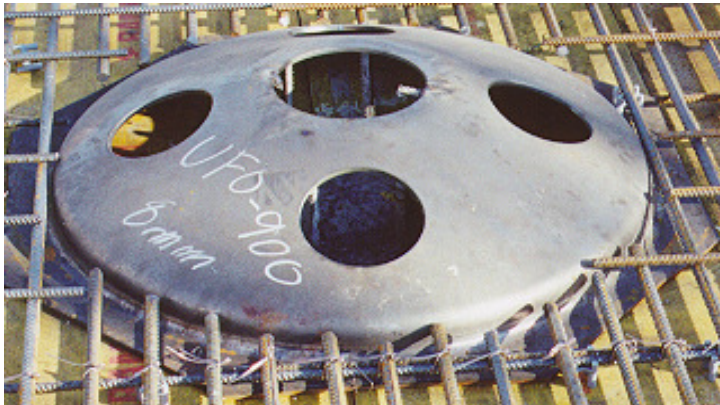
Materiaali on standardin SFS-EN 10025-2:2004 mukainen teräslevy S355K2+N.

### 3. VALMISTUS JA MERKINNÄT

#### 3.1 Valmistustapa

Teräslevy leikataan esim. plasmalla tai mekaanisesti, aihio syvävedetään ja rei'itetään esim. plasmaleikkauksella tai stanssaamalla.

#### 3.2 UFO lävistysvahvikkeen merkinnät



Vahviketyyppi on merkitty tuotteisiin. Merkinnässä numerot ilmaisevat tuotteen nimellishalkaisijan ja materiaalin nimellisen ainepaksuuden. Tyyppi on myös helppo varmistaa mittaamalla tuotteen halkaisijaa ja teräsmateriaalin ainevahvuus alalaidan kohdalta. Toimitusnippujen nippulapuissa on myös mainittu vahvikkeen tyyppi sekä toimittaja. Yhdessä toimitusnipussa on vain samantyyppisiä vahvikkeita.

### 4. UFO LÄVISTYSVAHVIKKEEN KAPASITEETTI JA SALLITUT KUORMAT

#### 4.1 UFO lävistysvahvikkeen kantokyky

UFO:n kantokyky riippuu pilarin halkaisijasta ja UFO:n ainevahvuudesta. Kantokyky on ilmoitettu pyöreälle pilari poikkileikkaukselle. Suorakaiteen muotoiset pilarit muunnetaan vastaavaa poikkipinta-alaa omaavaksi pyöreäksi pilariksi. Suorakaidepilarin sivumittojen suhde saa olla enintään 2. Kun laatan tuenta muodostuu paaluista, joiden yläpää on laatan alapintaa ylempänä, määritetään tuen koko käyttöselosteen erityisellä menetelmällä jossa otetaan huomioon kitkavoima laatan ja paalun sivupintojen välillä (liitteenä). Kapasiteettiä ( $V_u$ ) määritettäessä on käytetty menetelmävarmuuskerrointa 1,3 ja materiaalivarmuuskerrointa 1,15 rakenneluokasta riippumatta.

$$V_u = a + b * (\varnothing - c) / d$$

missä  $V_u$  on UFO lävistysvahvikkeen kapasiteetti keskeisellä kuormalla [kN]  
 $\varnothing$  on pilarin halkaisija [mm]  
 a, b, c ja d on esitetty alla olevassa taulukossa.

Pienin sallittu pilarin halkaisija on c. Pilarin paksuuden ollessa suurempi kuin c+d on vahvikkeen kapasiteetti kuitenkin sama kuin pilarilla, jonka paksuus on c+d.

UFO tyyppi	a (kN)	b (kN)	c (mm)	d (mm)
UFO 550/3	228,9	181,4	110	140

UFO 550/4	305,2	241,8	110	140
UFO 550/5	381,5	302,3	110	140
UFO 900/6	728,7	704,7	180	280
UFO 900/7	850,1	822,2	180	280
UFO 900/8	971,6	939,7	180	280

Tukireaktion epäkeskisyys on liittyvistä pilareista tulevien taivutusmomenttien summa jaettuna laatan pystysuuntaisella tukireaktiolla. Epäkeskisyyden suuruus riippuu mm. rungon päägeometriasta, kuormitustapauksista, pilareiden jäykkyydestä ja liitosdetaljeista. Käytetään samaa epäkeskisyyden vähennyskerrointa UFO:n kapasiteetille kun laatan lävistyskapasiteetille. Epäkeskisyys otetaan huomioon Betoninormien kohdan 2.2.2.7 mukaisesti kertomalla edellä mainittu kapasiteetti kertoimella  $\beta/0,4$ . Tällöin tuen mittana käytetään pilarin mitta eikä lävistysvahvikkeen halkaisijaa.

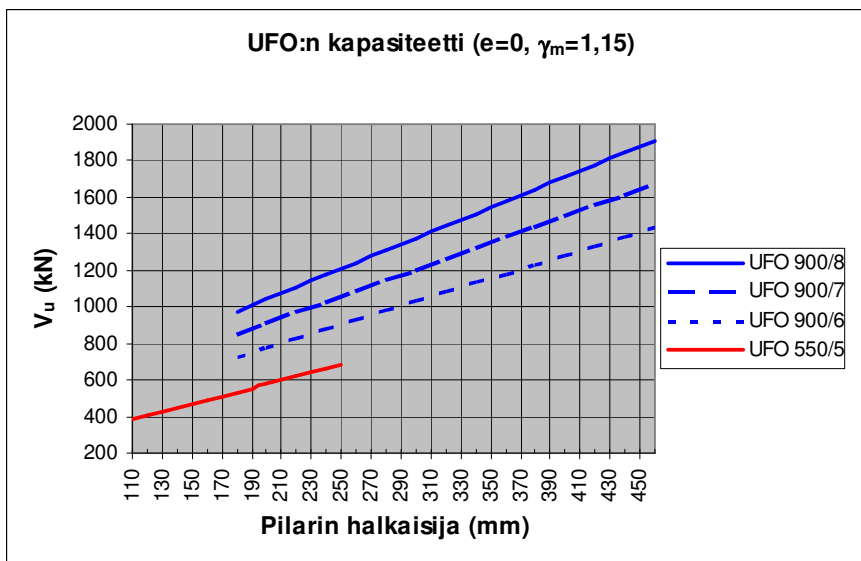
Esimerkki: Tukireaktio  $V_d=1000$  kN. Liittymäkohdan vastaava momentti  $M_d=20$  kNm, jolloin epäkeskisyys  $e=20$  mm. Laattapaksuus=250 mm, laatan tehollinen korkeus  $d=220$  mm, pilarin halkaisija 250 mm, valittu vahvike UFO 900/7.

Kaavasta laskemalla tai käyrästä saadaan UFO:n kapasiteetiksi keskeisellä kuormalla 1060 kN. Normin kaava epäkeskisyyden huomioonottamiselle on muotoa  $\beta = 0,40 / (1 + 1,5e/A_u^{1/2})$ , jossa  $A_u$  on tuen reunasta etäisyydellä 0,5 d olevan leikkauksen rajoittama pinta-ala. Saadaan:

$$A_u = \pi (250\text{mm} + 2 \cdot 0,5 \cdot 220\text{mm})^2 / 4 = 173494 \text{ mm}^2$$

$$\beta = 0,40 / (1 + 1,5 \cdot 20 \text{ mm} / 417 \text{ mm}) = 0,373$$

UFO 900/7 kapasiteetti kyseisessä tapauksessa on  $(0,373/0,40) \cdot 1060 \text{ kN} = 988 \text{ kN}$ .



#### 4.2 UFO lävistysvahvikkeen palonkesto

Palonkesto on 180 minuuttia palotilanteen suunnittelukuorman ollessa enintään 50 % normaalilämpötilan suunnittelukuormasta.

#### 4.3 UFO lävistysvahvikkeen säilyvyys

Suurin UFO lävistysvahvikkeen jännitystaso on sen keskiosassa, jossa on oltava betoninormien edellyttämän betonipeite. Rakenteen säilyvyys syövyttävissä olosuhteissa

riippuu ruostumisnopeudesta. Vahvikkeen kantokyky pysyy muuttumattomana niin kauan kun alalaipan tarvittavasta paksuudesta on jäljellä 70 % alkuperäisestä nimellisivuudesta. Vahvikkeen muut osat ovat suojassa korroosiolta.

Rakenteellinen säilyvyys määritetään teräsrakenteita koskevien ohjeiden mukaisesti, noudattaen niissä esitettyjä korroosiovaravaatimuksia. (Nyrkkisääntönä on, että ulkoilman aiheuttaman korroosion materiaalihävikki on 0,01 mm / vuosi normaaliolosuhteissa ja 0,02 mm / vuosi lähellä merta. RakMk osa B7 antaa syöpymislisä vaatimuksia kohdassa 10.2.5. Paalulaatoissa voidaan soveltaa SFS-EN 1993-5:2007 taulukoiden 4-1 ja 4-2 arvoja. Liikennevirasto julkaisee lisäksi omia vaatimuksia mm. ohjeissa "Sillan geotekniset suunnitteluperusteet"). Käyttöikämitoituksessa 3 mm on jäljelle jäävän ainepaksuuden alaraja. (Korroosiovaran laskentaesimerkki on liitteenä.)

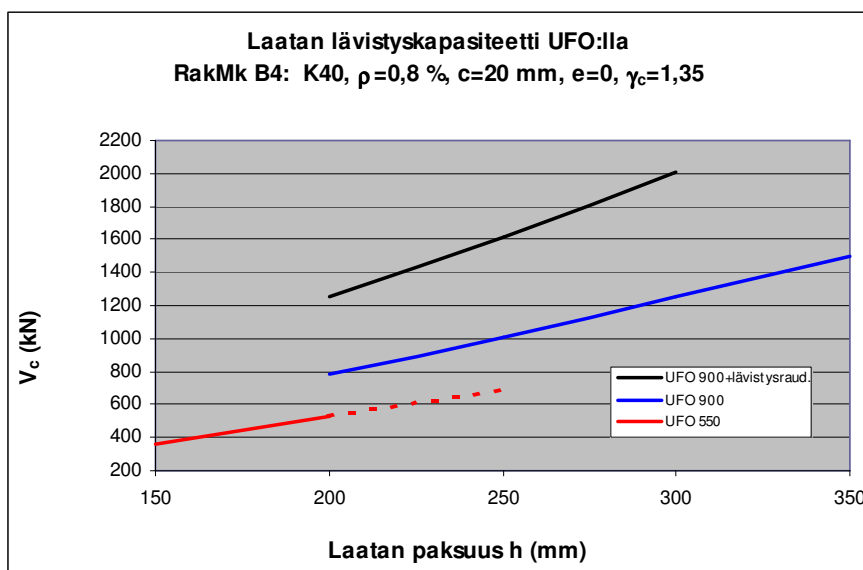
## 5. UFO LÄVISTYSVAHVIKKEEN KÄYTTÖ

### 5.1 Mitoitus

#### 5.1.1 Laatan mitoitus

Kun pilareiden sijainti on määritelty, optimoidaan laatta taivutuskapasiteetin ja taipuman suhteen. Laatan minimipaksuuden määrittää tavallisesti sallittu taipuma. Laatan kantokyky riippuu vaakasuuntaisen raudoituksen määrästä. Teräsmäärä vaikuttaa myös taipumiin, koska haljennut poikkileikkaus hallitsee laatan jäykkyyttä.

Laatan lävistyskapasiteetti lasketaan betoninormin lävistyskaavalla sienivahvistettua tapausta ajatellen. Kuvitellun kartiomaisen sienivahvistuksen yläpään halkaisijamittana käytetään UFO:n halkaisijamittaa ( $\emptyset$ ). Lävistyskaavaa voidaan soveltaa laatan tehollisen korkeuden ( $d$ ) ollessa vähintään 0,2 kertaa UFO:n nimellishalkaisijasta ( $\emptyset$ ). Oheinen käyrä on esimerkki, joka on laskettu tietyillä muuttujien arvoilla. On myös esitetty kuinka kapasiteettia edelleen voidaan kasvattaa käyttämällä myös lävistysraudoitusta UFO:n ulkokehän ympärillä.



#### 5.1.2 Laatan lävistystarkastelu - tarvittavan vahvikkeen koko

Tarvittavan vahvikkeen koko määräytyy laatan lävistyskapasiteetin perusteella. Jos yksittäisten pilareiden kohdalla tarvitaan hieman lisäkapasiteettia, voidaan harkita seuraavia vaihtoehtoja:

- Laatan yläpinnan rauditusmäärän kasvattaminen tukialueella. Mahdollisesti voidaan kenttäraudoitusta vastaavasti hieman pienentää.
- Laatan betonilujuuden nostaminen.
- Lisälävistysraudoituksen käyttö UFO:n ulkokehällä kriittisen piirin edelleen kasvattamiseksi.

### 5.1.3 UFO:n mitoitus

UFO:jen kapasiteetti on määritetty erityisellä laskentamallilla, joka on kalibroitu rakennekokeiden perusteella. keskeisellä kuormalla on esitetty kaavan muodossa ja alustavaa suunnittelua varten myös käyrästön muodossa. Tukireaktion epäkeskisyyden vaikutus otetaan huomioon betoninormin kertoimella ( $\beta$ ). Käytettäessä hoikkia nivelpäisiä pilareita on epäkeskisyyden vaikutus yleensä varsin pieni. Kapasiteettien laskentaperusteet on tarkemmin esitetty kohdassa 4.

### 5.1.4 Mitoitus- ja mallinnusohjelmat

Säännölliset pilarilaatat voidaan laskea esimerkiksi myötöviivateoriaan perustuvalla DBSLAB ohjelmalla tai julkaisussa BY 210 / 2008 esitettyllä käsinlaskentamenetelmällä. Markkinoilla on muutamia FEM ohjelmistoja, jotka soveltuvat monimuotoisten teräsbetonilaattojen laskentaan.

Pilareiden laskentaan on tarjolla COMCOL -ohjelma, joka myös sisältää moduulin lävistyslaskentaa varten. Tämän ohjelman valikossa Parametrit/Detaljitiedot/Liitokset voidaan valita lävistysvahvikkeeksi UFO. COMCOL ohjelma laskee toisen kertaluvun teorialla käyttäen mahdollisimman tarkkaan mallinnettuja materiaaliominaisuuksia sekä normaalilämpötilassa, että palotilassa, joten se soveltuu hoikkien pilareiden tarkkaan mitoitukseen. BIM-ohjelmassa Tekla Structures on valmiiksi mallinnetut UFO:t.

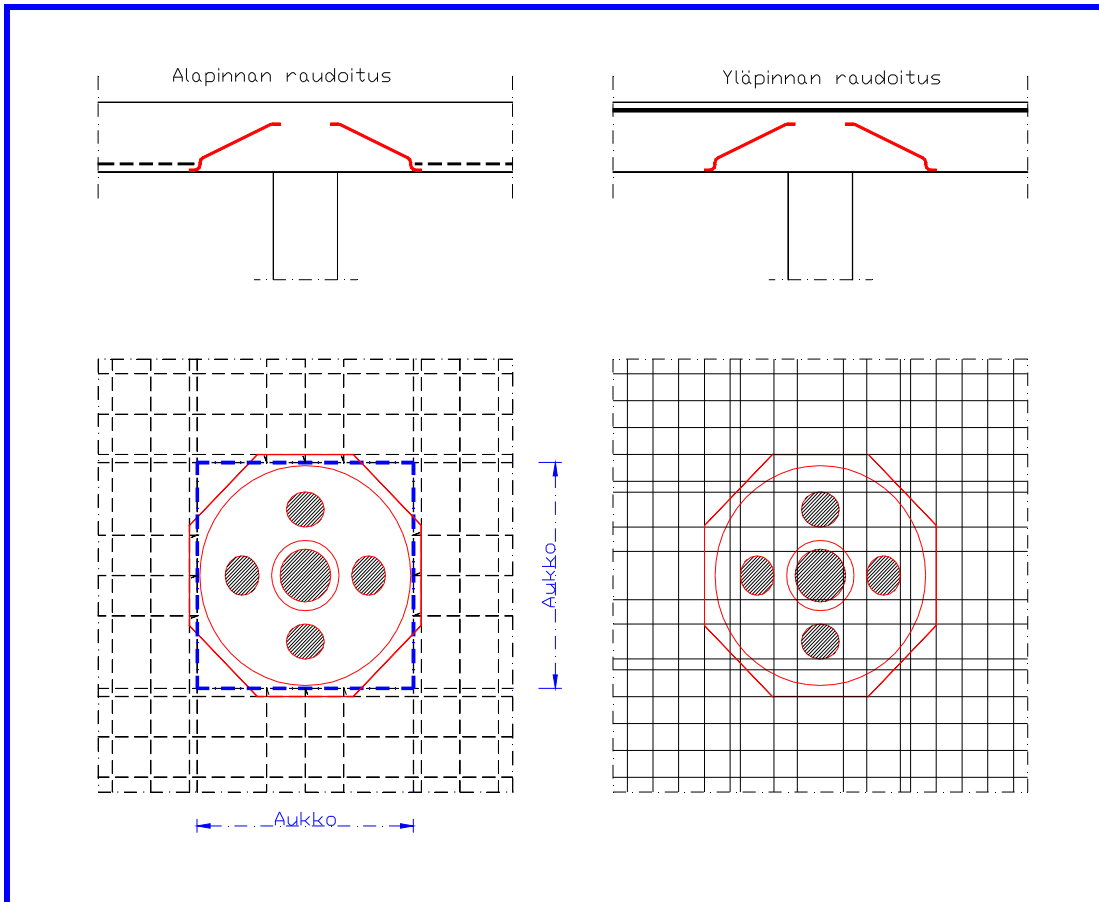
## 5.2 Rakenneosien rauditus ja laatan läpiviennit

### 5.2.1 Laatan alapinnan rauditus

Jotta päästään suurimpaan mahdolliseen lävistyskapasiteettiin UFO asennetaan suoraan laatan valualustan päälle. UFO:n alalaipan alle ei siis tule varsinaista betonipeitettä. Laatan alapinnan rauditukseen tulee aukko UFO:n kohdalle. Laatan alaosa tuen läheisyydessä on puristettu, joten tässä kohtaa raudoitusta ei tarvita. Kuitenkaan ei ole syytä tehdä tarpeettoman suurta aukkoa. Aukko voi olla neliön muotoinen ja alla olevan taulukon kokoinen.

UFO:n koko (mm)	Aukon koko (mm)
900	850
550	520

Bamtec mattoraudoitusta käytettäessä tehdään yleensä aukot valmiiksi raudoitteisiin tehtaalla. Verkkoraudoitusta käytettäessä aukko voidaan tehdä leikkaamalla verkot työmaalla. Irtotankoraudoitusta käytettäessä voidaan muutama tanko siirtää sivusuunnassa aukon reunalle ja loput aukkoa kohtaavista teräksistä lopetetaan aukon reunalle. Ne tangot, jotka sivuavat UFO:a sen alalaipan yläpuolella voidaan katsoa olevan tuelle ankkuroituja.



### 5.2.2 Laatan yläpinnan rauditus

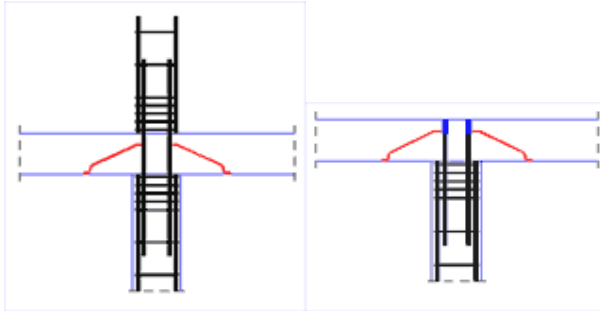
Yläpinnan rauditus kulkee UFO:n ylitse. Liitoskohdan yksittäisten raudoitustankojen sijainti sivusuunnassa suunnitellaan ottaen huomioon pilareiden jatkosterästen sijainti sekä mahdollisia läpivientejä UFO:n pienempien sivureikien kautta. Irtotankoraudoitusta käytettäessä on helppo hieman siirtää muutama tanko sivusuunnassa, jotta UFO:n aukkoihin helpommin päästään käsiksi esim. betonin valua ja tiivistystä ajatellen. UFO:n korkeus ja vastaava laatan minimipaksuus on esitetty oheisessa taulukossa.

Ufon koko (mm)	Ufon korkeus (mm)	Laatan minimipaksuus (mm)
550	110	125
900	180	200

Kun käytetään laatan minimipaksuutta ei ole paljon tilaa UFO:n vaakasuuntaisen huippukohdan yläpuolella. Tällöin keskimmäiset tangot on siirrettävä hieman kauemmaksi liitoskohdan keskeltä.

### 5.2.3 Pilarin rauditus

Korkeiden pilarilaattarunkoisten rakennusten vaakasuuntainen jäykistys kannatta tavallisesti tehdä porras- ja hissikulujen avulla, jotka joka tapauksessa ovat paljon jäykempiä kuin itse pilarilaattarunko. Tarvittaessa voi tehdä jäykistäviä seinänpätkiä.



Taloudellisen ja hoikan rungon aikaansaamiseksi on syytä välttää taivutusmomenteja pilari-laatta -liitoksessa. Näin ei tarvitse jatkaa pilarin kaikkia pääteräksiä laatan läpi, mikä helpottaa liitoksen detaljisuunnittelua ja sen toteuttamista työmaalla.

Raudoituksen valmistuksen ja suunnittelun kannalta paras tapa on käyttää valmiiksi koottua raudoittekomponenttia, joka pituus on laattapintojen vapaa väli. Raudoite-elementit voidaan koota raudoitustehtaalla hitsaamalla tai sitomalla työmaalla raudoituksen peruskomponenteista; suorat leikatut teräkset ja taivutusautomaatilla tehdyt irto- tai kierrehaat.

Liitoksessa tarvittava teräsmäärä, yläpuolella olevan pilarin kuorman siirtämiseksi laatan läpi, on yleensä paljon pienempi kuin alapuolisen pilarijänteen teräsmäärä. Pilareiden liitoksen raudoitus tehdään helpoiten suorilla tankopätkillä, jotka asennuksen helpottamiseksi muutamalla haalla voidaan koota raudoituskomponentiksi. Liitosraudoitus mitoitetaan niin, että se mahtuu UFO:n keskikohdan pyöreään aukkoon tai vahvikkeen kyljessä oleviin pienempiin aukkoihin. Liitostankojen pituus = laattapaksuus + 2 kertaa tangon jatkospituus.

Limijatkoksessa liitettävien tankojen vapaa saa olla korkeintaan 4 kertaa tankopaksuus, ellei jatkospituutta kasvateta, mutta tämä ei yleensä muodostu ongelmaksi. Pilarin päissä suositellaan muutaman lisähaan käyttö 50-100 mm hakavälillä pilarin koosta riippuen.

Jatkoksen voi myös tehdä kierremuhveilla, mikä työteknisistä syistä usein on järkevin valinta.

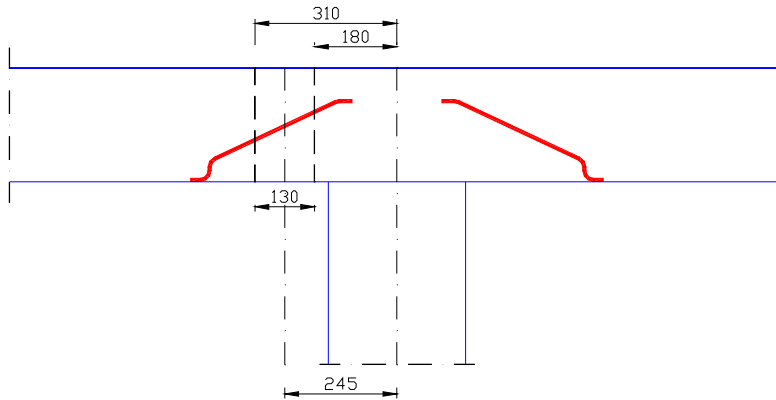
#### 5.2.4 Laatan läpiviennit pilarin vieressä

UFO:ssa on neljä ympyränmuotoista reikää, jotka mahdollistavat pystysuuntaisten läpivientien tekoa pilarin vierestä. Laattaan tehtävien reikien sijainti ja suurin koko on esitetty alla olevissa kuvissa.

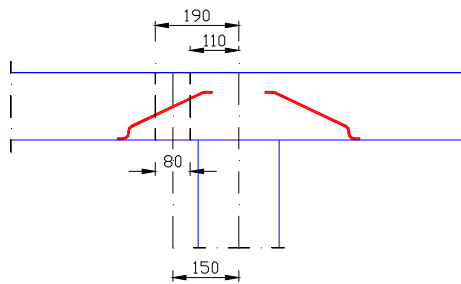
Laatan taivutusyhtä varten käytetään reikävarauksessa teräsputkea, jonka seinämäpaksuus on noin 5 % sen ulkohalkaisijasta. Näin poistettu betoni tulee kompensoiduksi yhtä kestäväällä kappaleella. (Tämä periaate pätee yleisesti pilarilaatoilla).



Mahdolliset laatan läpivienit / UFO 900



Mahdolliset laatan läpiviennit / UFO 550



## 6. UFO LÄVISTYSVAHVIKKEEN ASENNUS

UFO:n asennus tehdään liitteenä olevan asennusohjeen mukaisesti.

## 7. VAHVIKKEEN VALMISTUKSEN LAADUNVALVONTA

Käytetyn teräsmateriaalin oikeellisuus varmistetaan aineodistuksen avulla. Valmiin tuotteen laadunvalvonta perustuu pistokokeenomaiseen mittojen tarkistamiseen ja se tehdään Celsa Steel Service Oy:n toimesta. Tuotteessa ei ole liitoksia eikä saumoja.

Valmistajan laadunvalvontaa valvoo Inspecta Sertifiointi Oy. Laadunvalvontaraportit toimitetaan suoraan Betoniyhdistykselle.

## 8. VAHVIKKEEN ASENNUKSEN VALVONTA

Asennusta suorittavan tahon työsuoritusten valvonta kuuluu työmaaorganisaatiolle. Vahvike asennetaan asennusohjeiden mukaisesti. Tulee mm kiinnittää huomiota siihen, että vahvike on sijoitettu keskeisesti alla olevaan pilariin tai paaluun nähden sekä siihen että vahvikkeen siirtyminen valin aikana on estetty.

## 9. LIITTEET

- Liite 2, OFO asennusohje 8.4.2010
- Liite 8, Esimerkki korroosiovaralaskelmasta 8.8.2011
- Liite 10, UFO lävistysvahvikkeen tuen koon määrittäminen paalulaatassa 26.5.2011

## Lisätietoa

Celsa Steel Service Oy

Casper Ålander

puh.019-2213 220  
gsm. 0500-819 262

### **UFO lävistysvahvikkeen asennus**

Vahvikkeen on oltava molemmin puolin puhdas liasta, jäästä, lumesta, rasvasta, öljystä, maalista tai muista vieraista aineista. Vähäinen määrä kiinteää pintaruostetta ei haittaa. Erityisesti on syytä huolehtia siitä, ettei muottiöljyä pääse vahvikkeen niille pinnoille, jotka valetaan sisään betoniin.

Kun käyttää muottiöljyä säästeliäästi, niin kuin aina pitää tehdä, tämä ei ole ongelma.

Vahviketta ei millään tavalla saa työstää. Myös lämpökäsittely on kielletty. Mahdollisesta hitsaamisesta on sovittava erikseen toimittajan kanssa.

Vahvike asennetaan keskeisesti alla olevaan pilariin tai paaluun nähden, kartion kärki ylöspäin suoraan valualustan päälle. Vahvikkeen alalaipan alle ei siis tule betonipeitettä. Vahvikkeen siirtyminen vaaka tai pystysuunnassa seuraavien työvaiheiden aikana on estettävä esimerkiksi lyömällä muutama naula kohtisuoraan muottiin vahvikkeen reunoille ja taivuttamalla naulankannat UFO:n alalaipan päälle. Vähän useampi pieni naula on muotin kulumisen kannalta parempi kuin muutama iso. Paalulaatoissa vahvike lukitaan paikoilleen laatan raudoituksen avulla esimerkiksi sijoittamalla osa alapinnan raudoituksen väliskeistä vahvikkeen alalaipan päälle.



### **Laatan raudoitus**

Laatan alapinnan raudoitukseen tulee aukko lävistysvahvikkeen kohdalle, ks. kohta Laatan raudoituksen suunnittelu. Aukko tehdään siirtämällä osa vahvikkeeseen törmäävistä tangoista ulospäin, niin että ne kulkevat vahvikkeen alalaipan ylitse. Loput alapinnan tangoista, jotka osuvat kesemmälle vahviketta, lopetetaan vahvikkeen pystysuoraan osaan tai taivutetaan sivulle.

Käytettäessä varastoverkkoja tehdään aukko leikkaamalla verkosta pala pois.

Laatan yläpinnan raudoitus kulkee katkaisemattomana vahvikkeen ylitse. Tankopakasuuksien ja tankomäärän täytyy olla rakennesuunnitelman mukaiset. Tiheän raudoituksen tapauksessa voi yksittäisiä tankoja hieman siirtää sivusuunnassa, jotta vahvikkeen aukkoihin paremmin pääsee käsiksi valuvaiheessa. Tällaiselle toimenpiteelle on kuitenkin syytä hankkia rakennesuunnittelijan suostumus.

### **Laatan valu**

Vahvikkeen alueella käytetään samaa massaa kuin muualla laatasta, ellei rakennesuunnitelmissa muuta erikseen ole määritelty. Vahvikkeen ja muotin välinen tila valetaan erityisen huolellisesti, niin että koko tila tulee täyteen ja betoni tiivistyy kunnolla. Valupaineesta johtuen, erityisesti vibratessa, vahvike pyrkii nousemaan. Nouseminen estetään valamalla ensin vahvikkeen ulkopuolella, joka puolelta ympäri vahvikkeen aukkoihin saakka. Vahvikkeen sisäpuolinen tila valetaan ja tiivistetään kun valukorkeus on sellainen että vahvikkeen aukot vielä ovat näkyvissä.

Pilarilaatassa pilarin lähistö joutuu erittäin suurten rasiusten alaiseksi, joten on syytä tältä osin suorittaa valu erityisen suurella huolellisuudella. Tämä pätee kaikentyypisillä pilarilaattarakaisilla.

### Esimerkki korroosiovaralaskelmasta

Lähtökohtana on, että vahvikkeen kantokyky alkaa heikentyä kun vahvikkeen alalaipan tarvittavasta ainevahvuudesta on ruostunut yli 30 %.

#### Kuormitus

Lävistysvoima  $V_d = 693$  kN

Epäkeskisyyss  $e = 20$  mm

#### Rakenne

Pilari  $250 \times 250$  mm<sup>2</sup> -> näennäisen pilarin halkaisija  $\varnothing = 282$  mm.

UFO 900/6 kapasiteetiksi saadaan  $V_d = 928$  kN.

#### Vahvikkeen kapasiteetin käyttöaste

Vahvikkeen kapasiteetin käyttöaste on  $693$  kN /  $928$  kN =  $0,75$

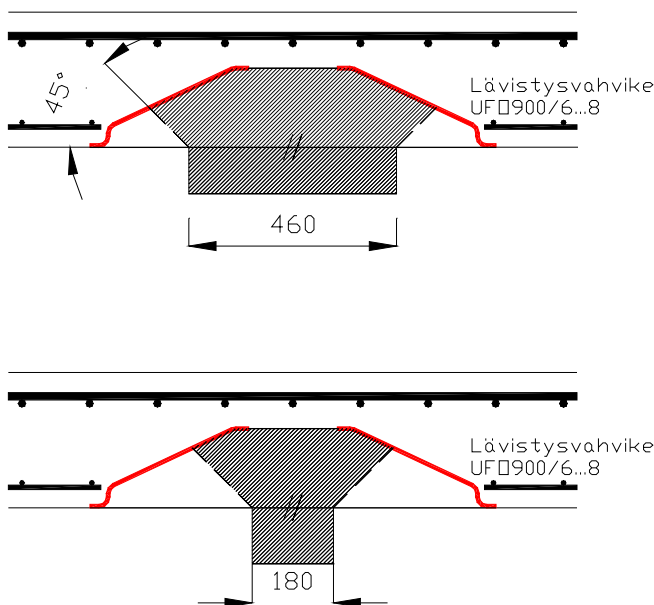
eli vastaava materiaalipaksuus on  $0,75 * 6$  mm =  $4,5$  mm.

#### Korroosiovara

Korroosiovara on siis valitulla vahvikkeella  $6$  mm –  $0,7 * 4,5$  mm =  $2,85$  mm.

## UFO LÄVISTYSVAHVIKKEEN TUEN KOON MÄÄRITTÄMINEN PAALULAATASSA

Perustapauksessa tuen yläpää on laatan alapinnan tasossa. Vahvikkeen tuen muodostaa kuvassa 1 viivoitettu alue. Laatta tukeutuu vahvikkeen alalaippaan ja tuen ulkopuolella olevaan vahvikkeen kartio-osuuteen. Tuen yläpuolella oleva osuus vahvikkeesta toimii vedettyä kalvona. Kalvovoiman suuruus riippuu tuen halkaisijasta.

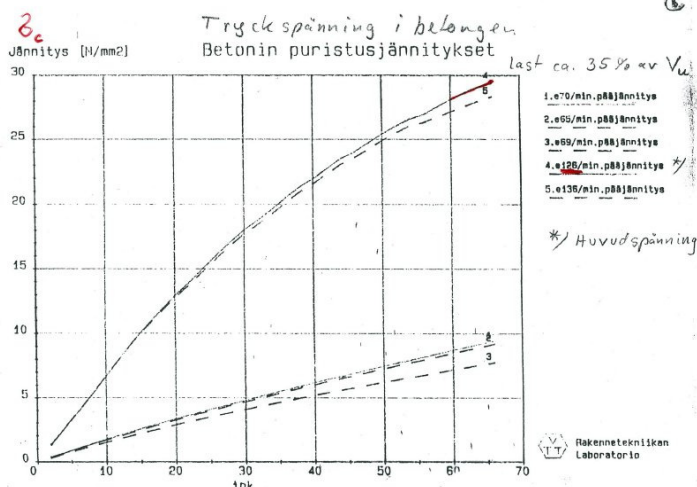
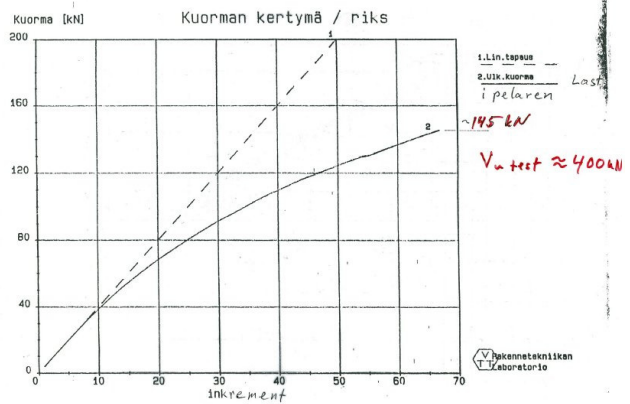
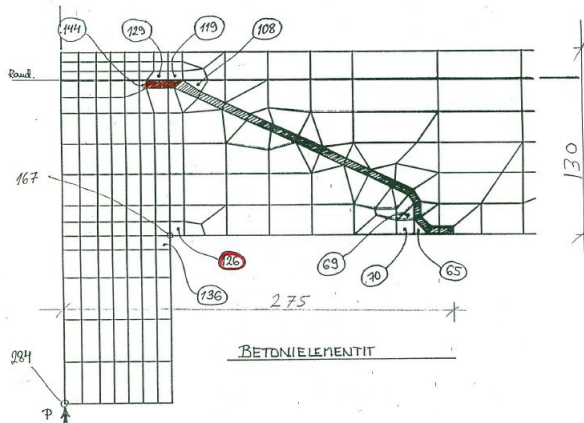


Kuva 1. Lävistysvahvikkeen tuki (viivoitettu alue).

Esimerkiksi UFO 900/6 vahvikkeen pienin sallittu tuen halkaisija on 180 mm ja sen kokoisella tuella vahvikkeen kapasiteetti keskeisellä kuormalla on 729 kN. Maksimikapasiteetti tällä vahvikkeella saadaan tuella jonka halkaisija on 460 mm jolloin kapasiteetti on 1433 kN. (Vahvikkeelle käytetään materiaalivarmuuskerronta 1,15 kaikissa rakenneluokissa.)

Paalulaatassa paalun yläpää eli varsinainen laatan tukipinta on yleensä noin 50 mm laatan alapintaa ylempänä. Tämä otetaan huomioon käyttämällä redusoitua tuen halkaisijaa. Redusoitua tukikokoa määritettäessä otetaan teräsbetonipaaluilla huomioon kitkavoima paalun kyljen ja laatan välisessä saumassa. Tämä on perusteltua, koska pistemäisesti tuetun laatan alapinta on tukireaktion aiheuttaman taivutusmomentin vaikutuksesta erittäin voimakkaasti puristettu. Pääjännityksen suuruus on tarkalla FEM analyysillä jossa on käytetty pyörähdysymmetristä rakennemallilla ja epälineaarista materiaalmallia, todettu ylittävän betonin lineaarisen lujuuden jo kuormitustasolla joka on alle 40 % kokeellisesti todetusta murtokuormasta. Betoni kestää tällaisen jännitystason sen takia, että kyseessä on 2-akiaalinen puristus. Edellisen perusteella kitkajännitys betonipaalulla (sileän betonipinnan kitkakertoimella 0,5 kerrottu puristus jännitys

paalun kyljen ja la laatan välisessä saumassa) on joka tapauksessa selvästi suurempi kuin mitoituksessa käytetty leikkauskapasiteetin yläraja, joka on  $0,25 f_{cd}$ .



Kuva 2. FEM analysillä ja epälineaarilla materiaalimallilla laskettu pääjännityksen taso laatan alapinnassa (elementti 126). Vastaavan rakenteen lävistyskoe TTKK:lla.

Redusoitu halkaisija määritetään seuraavasti:

- 1) Lasketaan keskimääräinen teoreettinen leimapaine paalun yläpäässä.

$$p_{lt} = V_d / A_c$$

jossa  $V_d$  on lävistysvoiman suunnitteluarvo  
 $A_c$  on paalun nimellinen poikkipinta-ala.

- 2) Lasketaan kitkavoima leikkauskapasiteetin maksimiarvokaavalla.

$$V_{U,max} = 0,25 f_{cd} A_{sv}$$

jossa  $f_{cd}$  on betonin puristuslujuuden suunnitteluarvo  
 $A_{sv}$  on paalun kyljen ja la laatan välisen pinnan ala.

- 3) Lasketaan kuinka suurta paalun pään pinta-alan lisäystä kitkavoima vastaa käyttäen yllä laskettua paalun yläpään keskimääräistä teoreettista leimapainetta.

$$A_{\text{lisä}} = V_{U, \text{max}} / p_{\text{lt}}$$

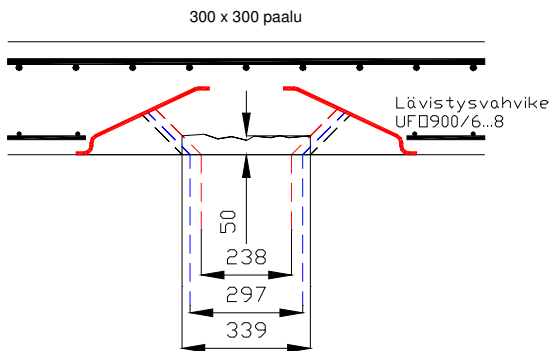
- 4) Lasketaan paalun yläreunan kautta 45 asteen kulmassa menevän viivan ja laatan alapinnan leikkauskohdan sisälle jäävän alueen pinta-ala (kuvassa 3 punainen katkoviiva).

$$A_a = \pi(\varnothing - 2s)^2 / 4$$

jossa  $\varnothing$  on ympyrän muotoiseksi muunnetun paalun halkaisija  
s on paalun yläpään ja laatan alapinnan välinen etäisyys.

- 5) Lasketaan redusoidun paalun halkaisija UFO:n kantokyvyn määrittämistä varten (kuvassa 3 sininen katkoviiva) käyttäen paalun poikkipinta-alana em. pinta-alojen summa.

$$\varnothing_{\text{red}} = [4(A_a + A_{\text{lisä}}) / \pi]^{1/2}$$



Kuva 3. Redusoidun tuen koon (sininen katkoviiva) määrittäminen paalun yläpään ollessa 50 mm laatan alapinnan yläpuolella UFO 900 vahvikkeella ja 300x300 mm paalulla.

Edellä kuvattu menetelmä pätee teräsbetonipaaluilla. Paalumateriaaleilla joilla kitkavoima paalun kyljen ja betonilaatan välillä on pienempi, kuten teräs ja puupaaluilla, lasketaan redusoidun paalun halkaisija UFO:n kantokyvyn määrittämistä varten seuraavasti:

- 1) Määritetään paalun tukipinnan vastaava halkaisija  $\emptyset$  kuten perustapauksessa.
- 2) Lasketaan vastaava tuen halkaisija laatan alapinnan tasossa (kuvassa 3 punainen katkoviiva)

$$\emptyset_{\text{red}} = \emptyset - 2s$$

jossa  $\emptyset$  on ympyrän muotoiseksi muunnetun paalun yläpään halkaisija  
 $s$  on paalun yläpään ja laatan alapinnan välinen etäisyys.

Laskentaesimerkki:

#### Lähtötiedot

Teräsbetonipaalu 300x300 (vastaava halkaisija on 339 mm)

Paalun nousu laattaan 50 mm

UFO 900/6

Laatan betoni K30-2

Lävistysvoima  $V_d = 772$  kN

$$p_{\text{lt}} = V_d / A_c = 772\,000 / 300^2 = 8,58 \text{ MPa}$$

$$V_{U,\text{max}} = 0,25 f_{\text{cd}} A_{\text{sv}} = 0,25 \times 14 \text{ MPa} \times 50 \times 4 \times 300 \text{ mm}^2 = 210 \text{ kN}$$

$$A_{\text{lisä}} = V_{U,\text{max}} / p_{\text{lt}} = 210\,000 \text{ N} / 8,58 \text{ MPa} = 24474 \text{ mm}^2$$

$$A_a = \pi(\emptyset - 2s)^2 / 4 = \pi(339 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm})^2 / 4 = 44680 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset_{\text{red}} = (4(A_a + A_{\text{lisä}}) / \pi)^{1/2} = (4(44680 + 24474) / \pi)^{1/2} = 297 \text{ mm}$$

Redusoidulla tuen halkaisijalla UFO 900/6 vahvikkeen kapasiteetti on käyttöselosteen mukaisesti 1022 kN keskeiselle voimalle.

26.5.2011

*Casper Ålander*