



# VALUERISTEHARKKO EMG 400

## SUUNNITTELU- JA TYÖOHJE



## SISÄLTÖ:

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 1. YLEISTÄ                                          | 3  |
| 2. TILAUS- JA TOIMITUSKETJU                         | 4  |
| 3. RAKENTEIDEN SUUNNITTELU                          | 5  |
| 3.1 Moduulimitoitus                                 | 5  |
| 3.2 Yleistä rakenteiden suunnittelusta              | 5  |
| 3.3 Liikuntasaumat                                  | 5  |
| 3.4 Perustukset                                     | 6  |
| 3.5 Minimiteräsmäärä                                | 6  |
| 4. ASENNUS                                          | 7  |
| 4.1 HB-Valueristeharkkojen asennus                  | 7  |
| 4.2 Raudoitus                                       | 8  |
| 4.3 Aukkojen ylitysvaihtoehdot                      | 8  |
| 4.3.1 Aukon ylitys profiilipellillä                 | 9  |
| 4.3.2 EMG400 aukkopalkki                            | 11 |
| 4.3.3 EMG400 aukkopalkki, liittopalkkina            | 14 |
| 4.3.4 Aukkopalkkien mitoitusohje Valu 150-harkoilla | 17 |
| 4.4 Aukkojen pielet EMG400 eristeharkolla           | 20 |
| 4.5 Valuharkkojen työstö                            | 21 |
| 4.6 Sähköjohdot ja putkitukset                      | 21 |
| 4.7 Valun valmistelu                                | 22 |
| 4.8 Valubetonin vaatimukset                         | 22 |
| 4.9 Valaminen                                       | 22 |
| 4.10 Pinnoittaminen                                 | 22 |
| 4.11 Karmien kiinnitys                              | 22 |
| 5. KATTORAKENTEEN ASENNUS                           | 23 |
| 5.1 Kattoristikoiden asennus                        | 23 |
| 5.2 Ontelolaatan asennus                            | 24 |
| 6. KELLARIN SEINÄN MITOITUS                         | 25 |
| 6.1 Mitoitusesimerkki                               | 25 |
| 6.2 Mitoitustaulukot                                | 29 |
| 7. LIITTEET                                         | 30 |

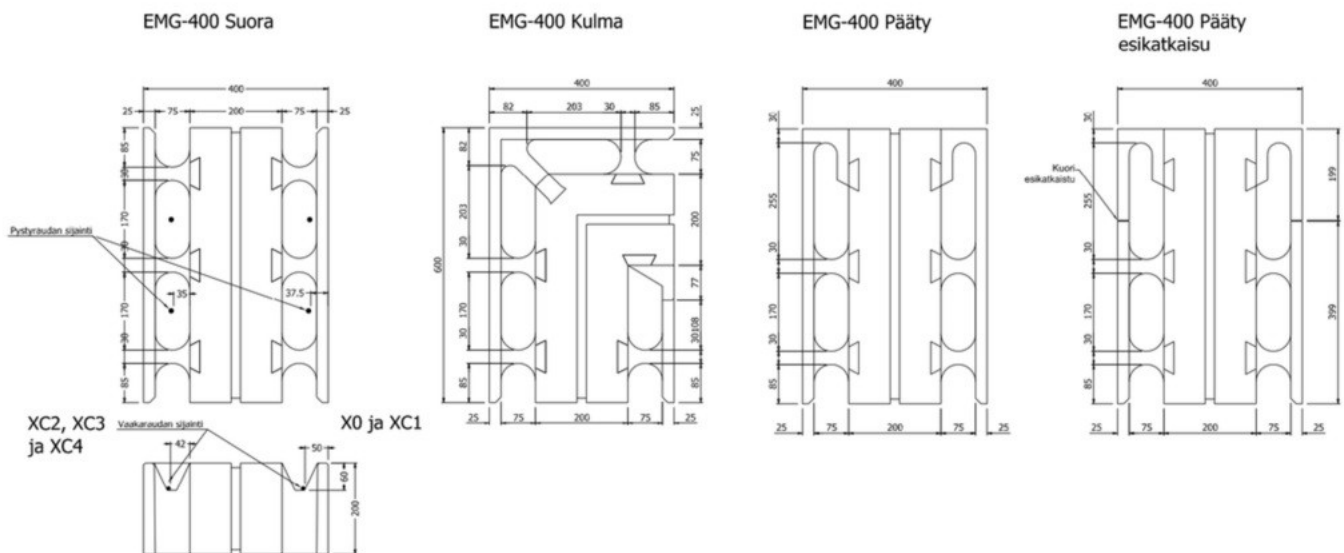
# 1. YLEISTÄ

Tämä suunnittelu- ja työohje on tarkoitettu ainoastaan HB-Betoniteollisuus Oy:n betonisten valueristeharkkojen ohjeeksi. Valueristeharkot ovat moduulimittaisia. Huomioimalla moduulimittainen suunnittelussa, voidaan työmaalla tapahtuvaa harkkojen työstötarvetta oleellisesti vähentää.

Valueristeharkon eristeenä on EPS-Grafit eriste, PIR palosuojattua laatua. Eristeen nimellisleveys on 200 mm. Harkon u-arvo on 0,16 W/(Km<sup>2</sup>). Harkon kuoriosat ovat betonia. Valueristeharkkojen valuaukon leveys on 75 mm. Eristeen ja valuontelon välissä ei ole erillistä harkkoseinämää, jolloin mm. muuraussiteiden käyttö on mahdollista, mikäli halutaan lisätä rakenteen kantavuutta esim. aukkopalkin takia aukkopenielissä. Osassa päätyharkkoja (50/50) on esikatkaistu kohta, joista saadaan vain eriste sahaamalla 200 ja 400 mm pitkät osaharkot. Kulmaharkkoja on sekä oikea- että vasenkätisiä.

HB-Valueristeharkkojen käyttökohteita ovat muun muassa kantavat ulkoseinät, sokkelit sekä maan-paineseinät. Tässä suunnittelu- ja työohjeessa on esitetty ohjeellisia ratkaisumalleja rakenteiden suunnitteluun ja valmistamiseen. **Toteutettavista rakenteista vastaa aina kohteen rakennesuunnittelija.**

Valueristeharkkojen yhdisteleminen muiden harkkotyyppien kanssa on mahdollista, kun otetaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa materiaalien erilaiset käyttäytymistavat. Valueristeharkot ovat ladottavia harkkoja, joiden välissä ei käytetä muurauslaastia. Valueristeharkot ovat lujaa materiaalia ja kestävät hyvin pakkasrasitusta ja muita mekaanisia rasituksia. Ammattitaitoisen asentajan käsissä niistä syntyy rakenne, joka on myös helppo pinnoittaa. Valueristeharkkojen ominaisuudet on esitetty taulukossa 1 ja mitat kuvassa 1. Pakkaustiedot ovat taulukossa 2.



Kuva 1. Mittakuvat.

Taulukko 1. Valueristeharkkojen ominaisuudet.

| Harkkotyyppi    | Pit/lev/kork [mm] | Paino [kg] | Menekki [kpl/m <sup>2</sup> ] | Valubetonin menekki [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]/[litraa/kpl] | Seinän paino valettuna [kg/m <sup>2</sup> ] | Ilmaääneneristävyys R'W [dB] | Paloluokitus |
|-----------------|-------------------|------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------|
| HB-EMG400 suora | 600/400/200       | 24,0       | 8,333                         | 0,125/15,0                                                         | 490                                         | 55                           | EI120, REI60 |
| HB-EMG400 kulma | 600/400/200       | 25,5       | 1 kpl/kulma                   | 0,125/15,0                                                         |                                             | 55                           | EI120, REI60 |
| HB-EMG400 pääty | 600/400/200       | 25,5       | 8,333                         | 0,125/15,0                                                         |                                             | 55                           | EI120, REI60 |

Taulukko 2. Valuharkkojen pakkaustiedot.

| Harkkotyyppi    | Lavalla harkkoja [kpl/lava] | Lavan paino [kg] |
|-----------------|-----------------------------|------------------|
| HB-EMG400 suora | 28                          | 700              |
| HB-EMG400 kulma | 28*                         | 740              |
| HB-EMG400 pääty | 28                          | 740              |

\*Kulmaharkkoja lavalla 14 kpl oikeakätisiä ja 14 kpl vasenkätisiä.

HB-Betoniteollisuus Oy valmistaa ja markkinoi kolmea eri valuharkkotyyppiä. Niin sanotut kylmät valuharkot ovat eristeettömiä betonisia harkkoja, joiden käyttökohteet ovat yleensä perusmuurit, kantavat seinät sekä maanpaineseinät. Pilariharkot ovat nimensä mukaisesti tarkoitettu pilarien valmistamiseen. Valueristeharkkoissa on kahden valuharkkokuoren välissä lämmöneriste. Valueristeharkkoja käytetään rakennuksen ulkoseinissä sekä kellareissa. Yleisimmät käyttökohteet eri harkkoille on kuvattuna taulukossa 3. Tässä ohjeessa keskitytään HB-Valueristeharkkoihin.

Taulukko 3. Valuharkkojen käyttökohteet.

| Harkkotyyppi  | Yleisimmät käyttökohteet                                                                             |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HB-Valu - 150 | Perustukset, kantavat väli- ja ulkoseinät                                                            |
| HB-Valu - 200 | Perustukset, kantavat väli- ja ulkoseinät, kellarin seinät, tukimuurit                               |
| HB-Valu - 250 | Perustukset, kantavat väli- ja ulkoseinät, kellarin seinät, tukimuurit                               |
| HB-Valu - 300 | Perustukset, kantavat väli- ja ulkoseinät, kellarin seinät, tukimuurit, pien- ja rivitalojen anturat |
| HB-EMG400     | Talojen ulko- ja kellarinseinät                                                                      |

Kaikki valuharkot ovat CE-merkittyjä ja täyttävät kansallisen soveltamisstandardin SFS 7018:n vaatimukset. Tuotteiden tuotantoa ja laadunvalvontaa valvoo Kiwa Inspecta Oy, mistä on osoituksena FI-merkki. Valuharkot kuuluvat päästöluokkaan M1. HB-Betoniteollisuus Oy:n valmistamille tuotteille on myönnetty suomalaisesta työstä kertova Avainlippu-tunnus.

## 2. TILAUS- JA TOIMITUSKETJU

Pyydä harkkotarjous myyjältä hyvissä ajoin ennen työmaan aloittamista. Näin varmistutaan harkkojen saatavuudesta ja sopivasta toimitusajasta. Ilmoita myyjälle mahdollisesta kuormanpurkulaitteiston tarpeesta tilauksen yhteydessä.

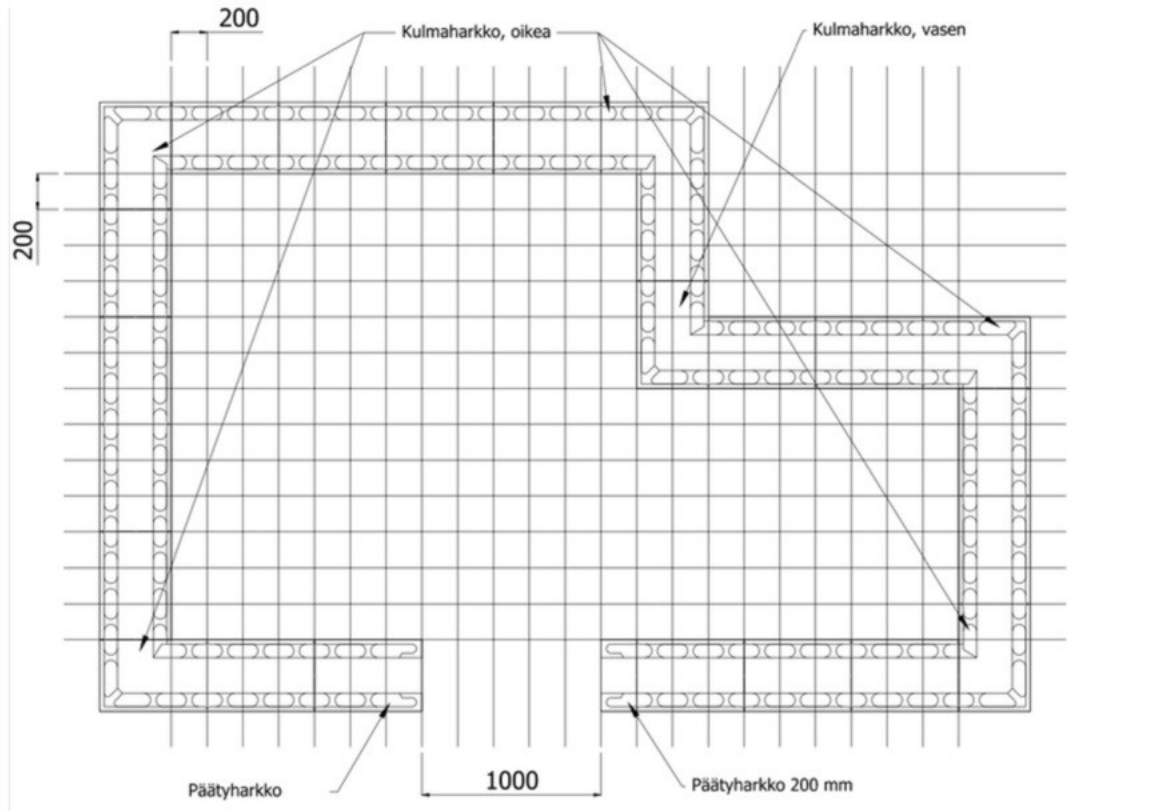
### 2.1 Työmaan valmistelu

Ensimmäinen harkkojen toimitus työmaalle, suositellaan otettavaksi vasta anturan valun ja linjalankojen ohjureiden asennusten jälkeen. Näin lavat eivät haittaa ladontatyön valmisteluja, kuten mittauksia. Harkkolavat tulee sijoittaa vaakasuoralle, tasaiselle alustalle etteivät harkot vaurioidu. Lavojen sijoittelussa kannattaa huomioida, että vältetään turhalta harkkojen siirtelyltä. Työmaalla lavoja ei suositella varastoitavaksi päällekkäin. Pitempiaikaisessa varastoinnissa on estettävä sadeveden, roskien ja lumen pääsy tuotepakkauksiin peittämällä lavat suojapeitteellä. Tarkasta kuormaa vastaanotettaessa, että tuote on tilauksen mukainen, määrä oikea ja että pakkaus on päälisin puolin kolhuton. Säilytä pakkausten etiketit.

### 3. RAKENTEIDEN SUUNNITTELU

#### 3.1. Moduulimitoitus

HB-Valueristeharkot on suunniteltu mitoittettavan 200 mm moduulimitoituksella korkeussuunnassa. Myös vaakasuunnassa mitoituksena käytetään 200 mm jakoa, jotta vältetään Valueristeharkkojen leikkaamiselta.



Kuva 2. Moduulimitoitus.

#### 3.2. Yleistä rakenteiden suunnittelusta

Valueristeharkkoseinän kantavuus perustuu suunnitelmien mukaisen raudoituksen ja valuonteloiden betonivalun yhteistoimintaan. Rakenteet suunnitellaan paikallavalurakenteina, joiden paksuus on valuharkon valuaukon leveys. Kohdassa 5 on taulukko EMG400:n kellarin seinän maksimi täyttökorkkeuksille eri teräs vaihtoehtoilla sekä palkkien kantavuuksille eri palkkikorkkeuksilla. Lisäksi kohdasta 5 löytyy myös mitoitus-esimerkki kellarin seinän mitoitukseen. Valueristeharkkoja ei ole suunniteltu käytettäväksi ilman valua. Rakenteiden mitoituksessa käytetään seuraavia ohjeita:

SRakMK B9:

- SFS-EN 1990. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet.
- SFS-EN 1991-1-1. Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat.
- SFS-EN 1992-1-1. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.
- SFS-EN 1992-1-2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus.
- SFS-EN 1997-1. Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt.

Lisäksi suunnitteluapuna voidaan käyttää Harkkokäsikirja 2016 löytyvää liitettä 2: Muottiharkkorakenteiden mitoitusohje. Mitoitusohjeesta löytyy esimerkkilaskelmia.

### 3.3. Liikuntasaumat

Rakenteisiin voidaan suunnitella liikuntasaumat. Liikuntasaumassa on koko rakenne katkaistava betonin ja terästen osalta. Liikuntasaumojen käyttöä kannattaa harkita tarkoin ja yleensä pientaloissa ne tulevat kysymykseen lähinnä kylmän ja lämpimän rakenteen yhtymäkohdassa. Liikuntasaumat suunnittelee rakennesuunnittelija.

### 3.4. Perustukset

Anturat tehdään kohteen rakennesuunnittelijan rakennekuvien mukaan valamalla. Anturat voidaan valmistaa muottiin valamalla tai käyttämällä HB-Betonin kautta saatavaa Formex-anturaratkaisua. Jos rakenteeseen tulee anturan ja perusmuurin välille tartuntateräksiä, on ne sijoitettava anturaan tarkasti mitoitettuihin kohtiin. Nurkkaladontakuvassa (kuva 3) näkyy oikea pystyterästen jako eri harkkotyypeille. Pystyterästen määrän sekä ankkurointipituudet määrittää kohteen rakennesuunnittelija. Ensimmäisen harkkokerroksen muurauksessa anturan päälle, on syytä kiinnittää huomiota laastisauman muotoiluun. Muotoilemalla laastipurse kaarevaksi, on bitumikermi asentaminen helpompaa ja näin bitumikermi asettuu tiiviisti myötäilemään rakennetta. Liitteessä 2 on kuvattuna periaate EMC-400:n perustuksesta ja liitteessä 3 kellarin seinä.

### 3.5. Minimiteräsmäärä

Pystykuormitetun seinärakenteen tai sokkelin vaakasuuntainen minimiteräsmäärä (kutistumateräkset) lasketaan kaavalla  $A_s, \text{vaad} = 0,001A$ , missä A on seinän poikkileikkauksen bruttopinta-ala, jossa on mukana harkon kuoret. Kaavalla saadaan minimiteräksiksi EMC-400 harkolle T8 mm K400/harkkokuori.

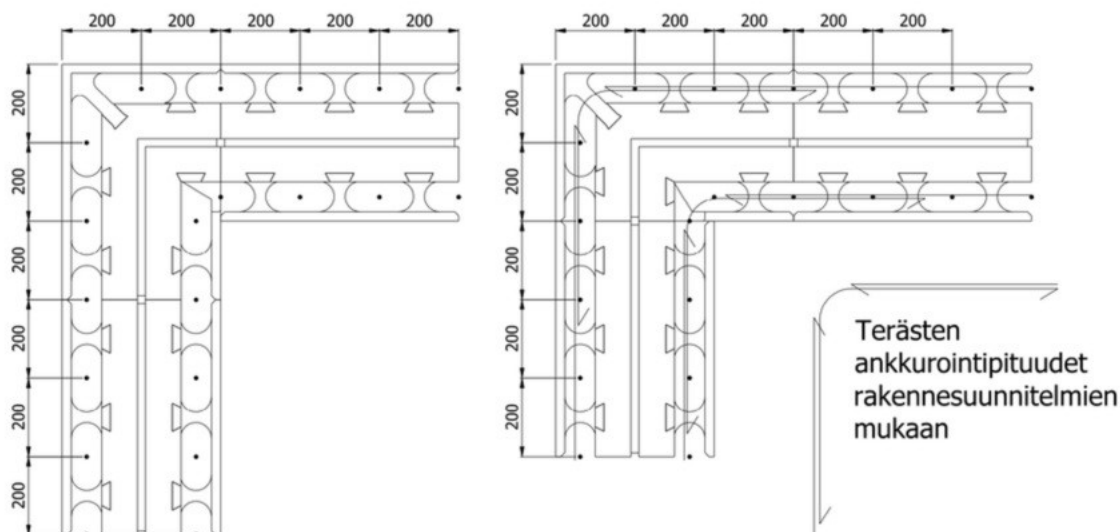


## 4. ASENNUS

### 4.1. HB-Valueristeharkkojen asennus

Ennen työn aloittamista on tarkastettava, että harkot ovat puhtaita eikä niissä ole jäätä tai lunta. Harkot asennetaan etukäteen valetun anturan päälle, käyttäen ensimmäisen harkon asennuksessa tarvittaessa muurauslaastia, jos anturan yläpinnan epätasaisuus niin vaatii. Anturaan on sijoitettu tartuntateräkset. Harkot asennetaan kulmatukiin kiinnitettyjen linjalankojen avulla oikeaan korkoon ja sijaintiin. Ristimitat on myös tarkastettava. Harkot asennetaan 1/3 osa limityksin. Kulmissa käytetään kulmaharkkoja, jotka toimitetaan erikseen omilla lavoilla. (Kuva 3)

Asennuksessa voidaan käyttää tarkoitukseen soveltuvaa kiviliimaa. Käyttämällä kiviliimaa voidaan valunaikaista tukea vähentää. Harkkoja ei tarvitse liimata koko matkalta kiinni. Riittävä liimamäärä on arvioitava tapauskohtaisesti. Siihen vaikuttaa suunniteltu valun korkeus ja käytettävän valubetonin notkeus. Ensimmäinen harkkokerroksen harkot asennetaan muurauslaastin avulla tarkalleen vaakasuoraan oikeaan korkoon. Yläpinnan suorituksen varmistamiseksi käytetään tarvittaessa muovikiiloja. Tekemällä ensimmäinen harkkokerros tarkasti, helpottuu myöhempien harkkokerrosten asennus huomattavasti.



Kuva 3. Nurkkaladonta.

Nurkissa käytetään erillisillä lavoilla olevia kulmaharkkoja, joita on vasen- ja oikeakätisiä. 14 oikea- ja 14 vasen – kulmaa samalla lavalla. Jos ladonta aloitetaan vasenkätisellä valueristeharkolla, käytetään seuraavassa kerroksessa oikeakätistä harkkoa. Siten pystysuuntaiset valuontelot tulevat kohdakkain ja valusta saadaan yhtenäinen. Harkot pyritään asentamaan mahdollisimman tiiviisti yhteen, jotta valun aikana ei betoni tai sementtiliima valu harkkojen saumoista. Valueristeharkkoja asennettaessa tulee eristeen vaaka- ja pystysaumassa olevaan koloon pursottaa polyuretaania, jotta eristeiden saumoista tulee tiivis. Lisäksi polyuretaani auttaa pitämään harkot kiinni toisissaan valun ajan katso liite 1.

Jos harkkojako ei käy asennettavan seinän kanssa yhteen, joudutaan harkkoja katkaisemaan. Katkaistuja harkkoja ei suositella asennettavaksi nurkkiin tai lähelle niitä, koska pienemmät ja kevyemmät harkot liikkuvat helpommin pois paikoiltaan valun aikana. Katkaistut harkot tulee aina kiinnittää kiviliimalla.

Aukkojen ja päätyjen kohdalla käytetään valueristeharkoissa päätyharkkoja, jotka ovat erillisellä lavalla. Ikkuna- ja oviaukkoja asennettaessa tulee huomioida riittävä asennusväli. Tavallisesti aukosta tehdään 30 mm leveämpi ja korkeampi, mitä ikkunan tai oven koko on. Harkkotaloissa käytetään yleensä 30 mm nimellismittaa kapeampia ja matalampia ikkunoita ja ovia, mitä ikkunakoot ovat yleensä (esim. ikkuna-koko 1170x870 mm). Tällä tavoin on helpompi saavuttaa harkkojen moduulimitoitus. Ikkunakoko tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa!

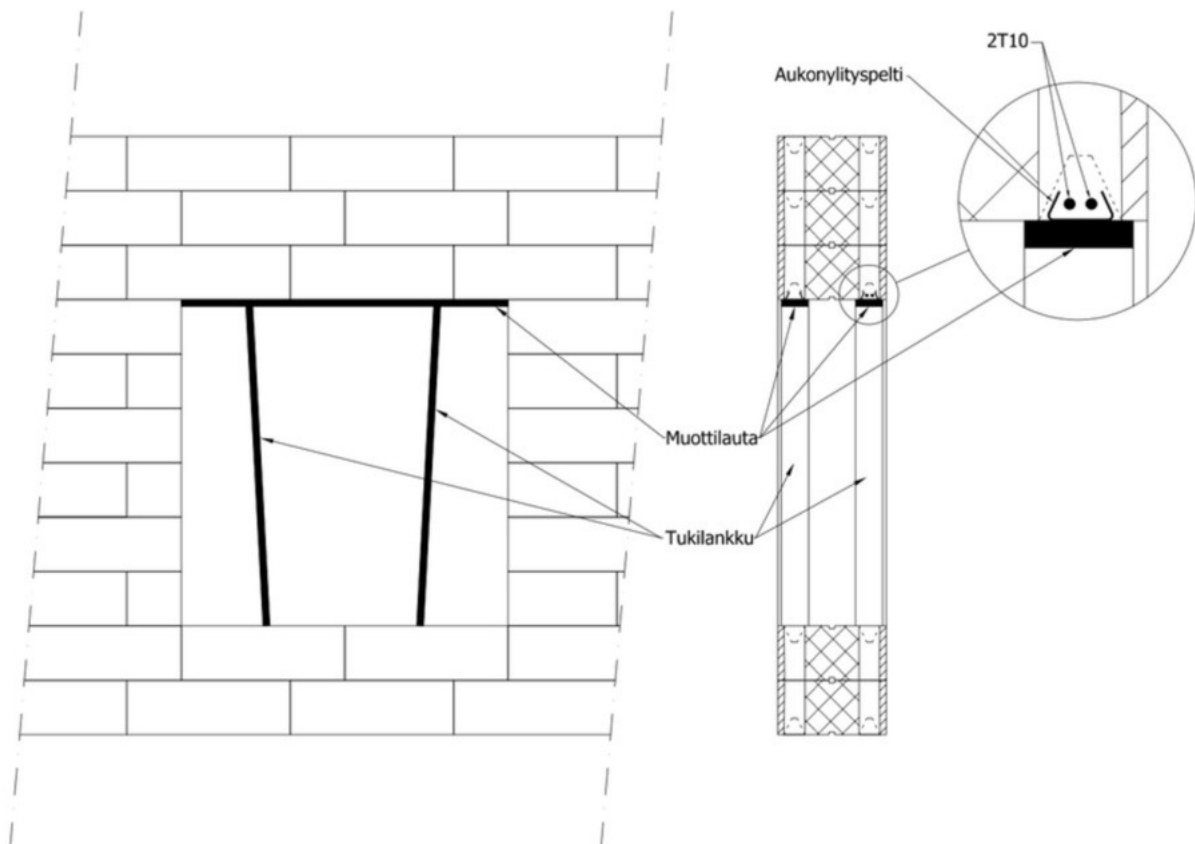
## 4.2. Raudoitus

Rakenteet raudoitetaan kohteen rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaan. Tässä ohjeessa olevat rauditusmäärät ovat ohjeellisia (eivät tyyppirakenteita), eikä niitä voi sellaisenaan käyttää ilman rakennesuunnittelijan hyväksyntää. Tavallisesti käytetään teräslaatua A500HW, jonka halkaisija on 8...12 mm. Vaakaraudoituksen oikea sijainti on kuvattuna kuvassa 1.

## 4.3. Aukkojen ylitysvaihtoehdot

Aukkojen ylitykset tehdään normaaleja valueristeharkkoja käyttäen. Kuvassa 4 on kuvattuna aukonylitysperiaate HB-Aukonylityspelttiä käyttäen. Aukon päälle asennetaan ensin HB-Aukonylityspeltti ohjaamaan ja kannattelemaan harkkoja. Aukonylityspeltti ulotetaan 50 mm aukon pielessä päätyharkon päälle, jotta pystysuuntainen valu ei katkea aukon nurkassa. Valueristeharkot asennetaan aukoissa ylösalaisin, jotta saadaan vetoteräksset lähelle palkin alareunaa. Kun harkot on asennettu, aukonylityspellin alle asennetaan valunaikainen tuenta muottilautaa ja tukilankkua käyttäen. HB-Aukonylityspeltti tuetaan vähintään kahdella tukilankulla valun ajaksi. Kun aukko on  $\geq 900$  mm, tulee tukilankut olla vähintään 500 mm:n välein. Tukilankut tulee olla harkon molemmilla valettavilla osilla. Aukot raudoitetaan rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaan, kuitenkin siten, että vetoterästen minimirauditus on 2T10.

HB-Aukonylityspellin päälle sijoitetaan aukon vetoteräksset niin, että riittävä suojaetäisyys 25 mm täyttyy. Suojaetäisyyden varmistamiseksi on syytä käyttää oikeankokoisia raudituskorokkeita. Aukkojen kohdalla on myös syytä tukea valuharkot myös sivusuunnassa. EMG-400:n aukonylitykset voidaan toteuttaa myös ilman HB-Aukonylityspelttiä. Tällöin harkko aukon yläpuolisen harkon alapinta muotitetaan vanerilla/lankulla ja tuetaan vähintään kahdella tukilankulla ennen harkkojen asentamista. Tuet voidaan poistaa, kun betoni on saavuttanut muotinpurkulujuuden, joka on olosuhteista riippuen, 2–14 pv.



Kuva 4. Aukon ylitys.

### 4.3.1 Aukon ylitys profiilipellillä

Taulukon arvot on laskettu käyttäen seuraavia lähtötietoja:

Betonin lujuus C30/37,  $f_{cd} = 11,1 \text{ N/mm}^2$

$f_{ctd} = 0,83 \text{ N/mm}^2$

Vetoteräs A500HW 2T10,  $f_{yd} = 417 \text{ N/mm}^2$

Hakateräs A500HW (paksuus taulukosta)

Betonin suojaetäisyys 25 mm

Valuaukon leveys 75 mm

Laskennassa on käytetty kaavoja:

Taivutuskapasiteetti

$$M_u = 0,85 * A_s * f_{yd} * d$$

Leikkauskapasiteetti

$$V_c = 0,4 * f_{ctd} * b * d$$

Taulukko 4. Leikkausraudoittamaton palkki.

| Palkin korkeus                         | 1 harkkokerros (200 mm) | 2 harkkokerrosta (400 mm) | 3 harkkokerrosta (600 mm) |
|----------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| d=                                     | 160mm                   | 360mm                     | 560mm                     |
| $M_u =$                                | 8,9 kNm                 | 20,0 kNm                  | 31,2 kNm                  |
| $V_c =$                                | 4,0 kN                  | 9,0 kN                    | 14 kN                     |
| Aukko [m]                              | $q_u$ [kN/m]            |                           |                           |
| 0,6                                    | 21,0                    | 62,0                      | 62,0                      |
| 0,8                                    | 13,0                    | 61,0                      | 62,0                      |
| 1,0                                    | 9,0                     | 41,0                      | 62,0                      |
| 1,2                                    | 7,5                     | 27,0                      | 62,0                      |
| 1,4                                    | 6,0                     | 20,0                      | 54,0                      |
| 1,6                                    | 5,0                     | 16,0                      | 38,0                      |
| 1,8                                    | 4,5                     | 13,5                      | 29,0                      |
| 2,0                                    | 4,0                     | 11,0                      | 23,0                      |
| 2,2                                    | 3,5                     | 9,5                       | 19,5                      |
| 2,4                                    | 3,2                     | 8,8                       | 17,0                      |
| 2,6                                    | 2,9                     | 7,9                       | 14,5                      |
| 2,8                                    | 2,7                     | 7,1                       | 13,0                      |
| 3,0                                    | 2,5                     | 6,5                       | 12,0                      |
| Paikallinen puristuskestävyys määräävä |                         |                           |                           |

Leikkauskapasiteetti leikkausraudoitetulle palkille Leikkaushaoilla vastaan otettava leikkausvoima:

$$V_s = 0,9 * (A_{sv} / s) * f_{yd} * d, \text{ jossa}$$

$$s = \text{hakaväli} = 200 \text{ mm}$$

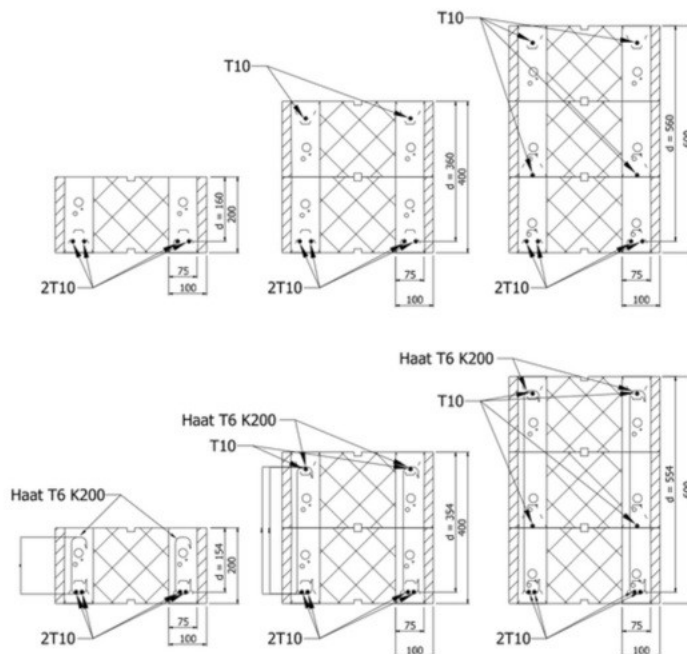
Taulukko 5. Leikkausraudoitettu palkki.

| Palkin korkeus                                     | 1 harkkokerros (200 mm) | 2 harkkokerrosta (400 mm) | 3 harkkokerrosta (600 mm) |
|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 leikkeiden UHT6 K200; Asv = 28,3 mm <sup>2</sup> |                         |                           |                           |
| d=                                                 | 154mm                   | 354mm                     | 554mm                     |
| Mu =                                               | 8,6 kNm                 | 19,7 kNm                  | 30,8 kNm                  |
| Vc =                                               | 12,0 kN                 | 27,6 kN                   | 43,2 kN                   |
| Aukko [m]                                          | qu [kN/m]               |                           |                           |
| 0,6                                                | 34,8                    | 62,0                      | 62,0                      |
| 0,8                                                | 26,1                    | 60,0                      | 62,0                      |
| 1,0                                                | 20,8                    | 48,0                      | 62,0                      |
| 1,2                                                | 17,4                    | 40,0                      | 62,0                      |
| 1,4                                                | 14,7                    | 34,2                      | 53,6                      |
| 1,6                                                | 13,0                    | 30,0                      | 46,9                      |
| 1,8                                                | 11,6                    | 26,6                      | 41,7                      |
| 2,0                                                | 10,4                    | 24,0                      | 37,5                      |
| 2,2                                                | 9,4                     | 21,8                      | 34,1                      |
| 2,4                                                | 8,7                     | 20,0                      | 31,3                      |
| 2,6                                                | 8,0                     | 17,6                      | 27,5                      |
| 2,8                                                | 7,4                     | 15,1                      | 23,7                      |
| 3,0                                                | 6,9                     | 13,2                      | 20,7                      |
| Paikallinen puristuskestävyys määräävä             |                         |                           |                           |
| Taivutusvastus määräävä                            |                         |                           |                           |

Tarvittava ankkurointipituus tuella lasketaan kaavalla

$$l_b = V_d / (1,7 * f_{ctd} * u_s)$$

jossa  $u_s$  on tangon ympärysmitta.



Kuva 5. Palkkirakenteet.

### 4.3.2 EMG400 aukkopalkki

- Mitoitus RakMk-B9, RakMk-B4 ja Harkkokäsikirjan liitteen 2 mukaan.
- Taulukossa ilmoitetaan palkin suurin mitoituskuorma, sisältäen palkin oman painon. Mitoituskuorma määritetään RakMk:n varmuuskertoimilla.
- Laskennallinen jänneväli  $1.05 \cdot \text{aukkoväli}$ , T-teräs tuodaan vähintään 200 mm tuelle.
- Palkin yläreuna oletetaan sivusuunnassa tuetuksi, kiepahdusta ei tarkasteta.
- Kantavassa palkissa T-teräs toimii ainoastaan valun aikaisena tukena, liittovaikutusta ei oteta huomioon.
- Tukialueen kestävyys: taulukon arvoissa ei tarkastettu - suunnittelija tarkistaa.
- Aukkopalkin valaminen T-teräksen varaan, taipumarajana  $L/500$  tai 5 mm.
- Terästä kuormittaa ainoastaan harkon ja betonivalun omapaino.
- Taulukon arvot perustuvat betonin lujuusluokkaan C30/37.
- Suojapeitepaksuutena käytetty 25 mm.
- Kapasiteettitaulukon arvot perustuvat murtorajatilan mukaiseen tarkasteluun. Kapasiteettitaulukko ei sisällä käyttörajoitilan mukaista tarkastelua taipumille tai betonin halkeilulle. Käyttörajoitila tarkastelut tehtävä kohteen suunnittelijan toimesta.
- Poikkileikkaus raudoitetaan: alareunan vetorauditus 2T10 A500HW/harkkopuolisko.
- Leikkaushakaraudoitus: T6 K200 A500HW (Huom. Leikkausraudoitusta ei voi käyttää, jos T-teräksessä ei ole reikiä). Leikkausraudan yläpää ankkuroidaan palkin yläpinnan pääraudan taakse.
- Ankkurointi tulee määrittää kohdekohtaisesti.
- Leikkausraudoitetun poikkileikkauksen kapasiteettien käyttö edellyttää, että leikkausraudat mahtuvat rakenteeseen standardin mukaisella tavalla.
- Aukon reunalla pystysuuntaiset teräkset rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan, mutta vähintään 1T10.

Taulukko 6. T-profiili 60x60x7, S235 valutukena.

| Max aukkoväli    | 2 harkkokerrosta | 3 harkkokerrosta |
|------------------|------------------|------------------|
| Ei tukea (mm)    | 1800             | 1600             |
| 1 välituki (mm)  | 4000             | 3500             |
| 2 välitukea (mm) | 5000             | 5000             |



EMG400 suora



EMG400 kulma oikea



EMG400 kulma vasen



EMG400 pääty

**Asennustarvikkeet:**

- Aukonylityspelti EMG400, pituus 3000 mm
- Pieni 45x7x7 mm, 400 kpl/pss
- Iso 100x22x10 mm, 250 kpl/pss

Taulukko 7. Leikkausraudoittamaton, viivakuorma per harkkopuolisko.  
Alapuolisen seinän kestävyys ja tuen paikallinen puristuskestävyys tulee tarkistaa tapauskohtaisesti.

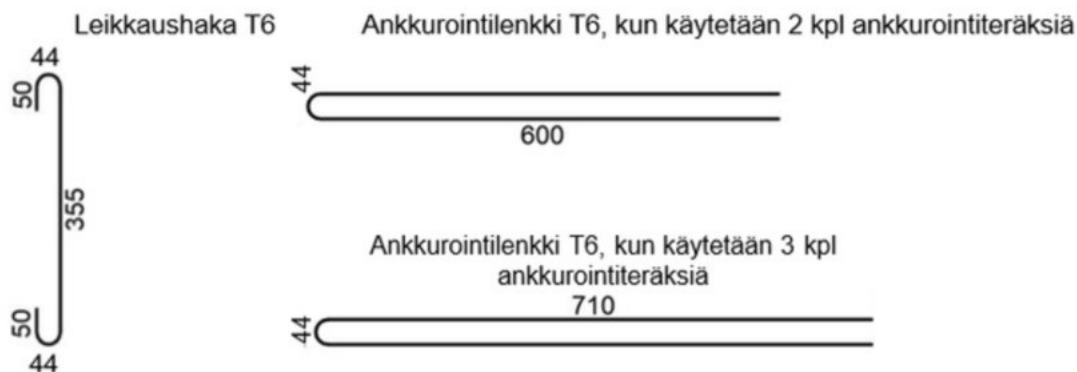
| Palkin korkeus | 2 harkkokerrosta (400 mm) | 3 harkkokerrosta (600 mm) |
|----------------|---------------------------|---------------------------|
| d (mm)         | 360                       | 560                       |
| Mrd (kNm)      | 20                        | 31.2                      |
| Vrd (kN)       | 9                         | 14                        |
| Aukko (m)      |                           |                           |
| 0.6            | 40.2                      | 50.0                      |
| 0.8            | 40.2                      | 50.0                      |
| 1.0            | 40.2                      | 50.0                      |
| 1.2            | 33.2                      | 50.0                      |
| 1.4            | 24.0                      | 50.0                      |
| 1.6            | 18.7                      | 50.0                      |
| 1.8            | 15.4                      | 36.3                      |
| 2.0            | 13.0                      | 28.6                      |
| 2.2            | 11.3                      | 23.5                      |
| 2.4            | 10.0                      | 20.0                      |
| 2.6            | 8.9                       | 17.4                      |
| 2.8            | 8.1                       | 15.4                      |
| 3.0            | 7.4                       | 13.8                      |
| 3.2            | 6.8                       | 12.5                      |
| 3.4            | 6.3                       | 11.4                      |
| 3.6            | 5.9                       | 10.5                      |
| 3.8            | 5.5                       | 9.7                       |
| 4.0            | 5.2                       | 9.1                       |
| 4.2            | 4.9                       | 8.5                       |
| 4.4            | 4.6                       | 8.0                       |
| 4.6            | 4.4                       | 7.5                       |
| 4.8            | 4.2                       | 7.1                       |
| 5.0            | 4.0                       | 6.8                       |

Taulukko 8. Leikkausraudoitettu, viivakuorma per harkkopuolisko.  
Alapuolisen seinän kestävyys ja tuen paikallinen puristuskestävyys tulee tarkistaa tapauskohtaisesti.

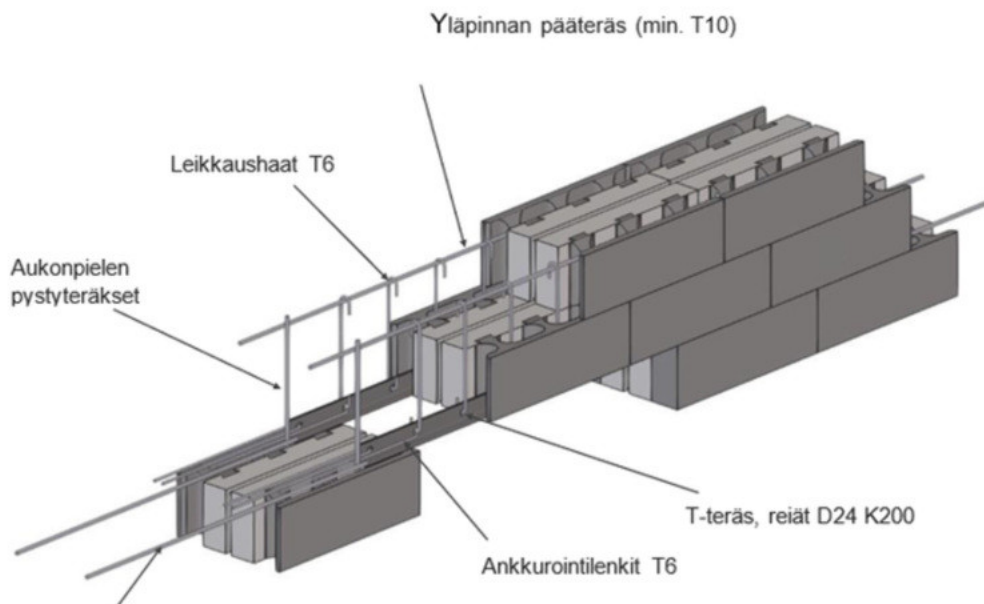
| Palkin korkeus | 2 harkkokerrosta (400 mm)                                 | 3 harkkokerrosta (600 mm) |
|----------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------|
|                | <b>1 leikkeinen UHT6 K200; A sv = 28.3 mm<sup>2</sup></b> |                           |
| d (mm)         | 354                                                       | 554                       |
| Mrd (kNm)      | 20                                                        | 31.2                      |
| Vrd (kN)       | 27.8                                                      | 43.4                      |
| Aukko (m)      |                                                           |                           |
| 0.6            | 88.3                                                      | 88.3                      |
| 0.8            | 88.3                                                      | 88.3                      |
| 1.0            | 88.3                                                      | 88.3                      |
| 1.2            | 88.3                                                      | 88.3                      |
| 1.4            | 74.0                                                      | 88.3                      |
| 1.6            | 56.8                                                      | 88.3                      |
| 1.8            | 44.9                                                      | 69.8                      |
| 2.0            | 36.3                                                      | 56.5                      |
| 2.2            | 30.0                                                      | 46.7                      |
| 2.4            | 25.2                                                      | 39.2                      |
| 2.6            | 21.5                                                      | 33.4                      |
| 2.8            | 18.5                                                      | 28.8                      |
| 3.0            | 16.1                                                      | 25.1                      |
| 3.2            | 14.2                                                      | 22.1                      |
| 3.4            | 12.6                                                      | 19.6                      |
| 3.6            | 11.2                                                      | 17.4                      |
| 3.8            | 10.1                                                      | 15.7                      |
| 4.0            | 9.1                                                       | 14.1                      |
| 4.2            | 8.2                                                       | 12.8                      |
| 4.4            | 7.5                                                       | 11.7                      |
| 4.6            | 6.9                                                       | 10.7                      |
| 4.8            | 6.3                                                       | 9.8                       |
| 5.0            | 5.8                                                       | 9.0                       |

### 4.3.3 EMG400 aukkopalkki, liittopalkkina

- Mitoitus SFS-EN 1994-1-1 ja SFS- EN 1992-1-1 mukaisesti.
- Taulukossa ilmoitetaan palkin suurin mitoituskuorma, sisältäen palkin oman painon. Mitoituskuorma määritetään Eurokoodien mukaisilla varmuuskertoimilla.
- Laskennallinen jänneväli on aukkoväli + tukileveys. Taulukon arvoissa tukileveytenä on käytetty arvoa 200 mm. T-teräs tuodaan vähintään 200 mm tuelle.
- Tukialueen kestävyys tarkistettava suunnittelijan toimesta.
- Kapasiteettitaulukossa palkin yläreuna on oletettu sivusuunnassa tuetuksi, jolloin kiepahdusta ei ole tarkastettu.
- Aukkopalkin valun aikainen tuentapituus edellisen kohdan mukaisesti.
- Taulukon arvot perustuvat betonin lujuusluokkaan C30/37.
- Suojapeitepaksuutena käytetty 25 mm.
- Kapasiteettitaulukon arvot perustuvat murtorajatilán mukaiseen tarkasteluun. Kapasiteettitaulukko ei sisällä käyttörajatilan mukaista tarkastelua taipumille tai betonin halkeilulle. Käyttörajatilan tarkastelut tehtävä kohteen suunnittelijan toimesta.
- Leikkaushakoina T6 K200 A500HW yksileikkeisenä. Leikkaushakojen yläpää ankkuroidaan palkin yläpinnan pääteräksen (vähintään T10) taakse.
- Vaihtoehtoina kaksi tapausta: T-teräksen ankkurointi 2 kpl ja 3 kpl T6 vaakalenkkiä molempiin päihin. 3kpl lenkkejä vaatii k100 rei'ityksen palkkiin.
- Ankkurointi tulee määrittää kohdekohtaisesti. Minimi pituus 450 mm (2 lenkkiä) / 550 mm (3 lenkkiä) tuen keskipisteeltä. Tarvittaessa suunnittelija huomioi limityspituuden seinän pääraudoituksen kanssa.
- Leikkausraudoitetun poikkileikkauksen kapasiteettien käyttö edellyttää, että leikkausraudat mahtuvat rakenteeseen standardin mukaisella tavalla.
- Aukon reunalla pystysuuntaiset teräkset rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan (vähintään T10) . T-palkin rei'itys: D24, keskipiste 30 mm teräksen alareunasta.



Kuva 6. Esimerkki hakateräksistä (2 harkkokerrosta) ja vaakasuuntaisista ankkurointilenkeistä



Kuva 7. Aukkopalkin raudoitusperiaate.

Taulukko 9. Leikkausraudoittamaton, viivakuorma per harkkopuolisko.  
 Alapuolisen seinän kestävyys ja tuen paikallinen puristuskestävyys tulee tarkistaa tapauskohtaisesti. T-teräksen ankkurointi 2 kpl 6 mm vaakalengillä

| Palkin korkeus | 2 harkkokerrosta (400 mm)                                                      | 3 harkkokerrosta (600 mm) |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                | <b>1 leikkeinen UHT6 K200; A sv = 28.3 mm<sup>2</sup>, ankkurointi 2 hakaa</b> |                           |
| d (mm)         | 370                                                                            | 570                       |
| Mrd (kNm)      | 10.1                                                                           | 15.8                      |
| Vrd (kN)       | 20.5                                                                           | 31.5                      |
| Aukko (m)      |                                                                                |                           |
| 0.6            | 43.3                                                                           | 43.3                      |
| 0.8            | 43.3                                                                           | 43.3                      |
| 1.0            | 41.4                                                                           | 43.3                      |
| 1.2            | 31.7                                                                           | 43.3                      |
| 1.4            | 25.0                                                                           | 43.3                      |
| 1.6            | 56.8                                                                           | 39.0                      |
| 1.8            | 20.3                                                                           | 31.6                      |
| 2.0            | 16.7                                                                           | 26.1                      |
| 2.2            | 14.1                                                                           | 22.0                      |
| 2.4            | 12.0                                                                           | 18.7                      |
| 2.6            | 10.3                                                                           | 16.1                      |
| 2.8            | 9.0                                                                            | 14.1                      |
| 3.0            | 7.9                                                                            | 12.4                      |
| 3.2            | 7.0                                                                            | 10.9                      |
| 3.4            | 6.3                                                                            | 9.8                       |
| 3.6            | 5.6                                                                            | 8.8                       |
| 3.8            | 5.1                                                                            | 7.9                       |
| 4.0            | 4.6                                                                            | 7.2                       |
| 4.2            | 4.2                                                                            | 6.5                       |
| 4.4            | 3.8                                                                            | 6.0                       |
| 4.6            | 3.5                                                                            | 5.5                       |
| 4.8            | 3.2                                                                            | 5.1                       |
| 5.0            | 3.0                                                                            | 4.7                       |

Taulukko 10. Leikkausraudoittamaton, viivakuorma per harkkopuolisko.  
Alapuolisen seinän kestävyys ja tuen paikallinen puristuskestävyys tulee tarkistaa tapauskohtaisesti. T-teräksen ankkurointi 3 kpl 6 mm vaakalengillä

| Palkin korkeus | 2 harkkokerrosta (400 mm)                                                      | 3 harkkokerrosta (600 mm) |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                | <b>1 leikkeinen UHT6 K200; A sv = 28.3 mm<sup>2</sup>, ankkurointi 3 hakaa</b> |                           |
| d (mm)         | 370                                                                            | 570                       |
| Mrd (kNm)      | 15.0                                                                           | 23.5                      |
| Vrd (kN)       | 20.5                                                                           | 31.5                      |
| Aukko (m)      |                                                                                |                           |
| 0.6            | 64.2                                                                           | 64.2                      |
| 0.8            | 64.2                                                                           | 64.2                      |
| 1.0            | 64.2                                                                           | 64.2                      |
| 1.2            | 61.1                                                                           | 64.2                      |
| 1.4            | 46.8                                                                           | 64.2                      |
| 1.6            | 36.9                                                                           | 58.0                      |
| 1.8            | 29.9                                                                           | 47.0                      |
| 2.0            | 24.7                                                                           | 38.8                      |
| 2.2            | 20.8                                                                           | 32.6                      |
| 2.4            | 17.7                                                                           | 27.8                      |
| 2.6            | 15.3                                                                           | 24.0                      |
| 2.8            | 13.3                                                                           | 20.9                      |
| 3.0            | 11.7                                                                           | 18.3                      |
| 3.2            | 10.4                                                                           | 16.2                      |
| 3.4            | 9.2                                                                            | 14.5                      |
| 3.6            | 8.3                                                                            | 13.0                      |
| 3.8            | 7.5                                                                            | 11.7                      |
| 4.0            | 6.8                                                                            | 10.6                      |
| 4.2            | 6.2                                                                            | 9.7                       |
| 4.4            | 5.7                                                                            | 8.9                       |
| 4.6            | 5.2                                                                            | 8.2                       |
| 4.8            | 4.8                                                                            | 7.5                       |
| 5.0            | 4.4                                                                            | 6.9                       |

### 4.3.4 Aukkopalkkien mitoitusohje Valu 150-harkoilla

EMG400 valueristeharkkoseinien aukonylityspalkkien teko Valu 150-harkoilla. Mitoitusohjeessa on mitoitettu aukonylityspalkit yhden, kahden ja kolmen harkon korkuisina palkkirakenteina. Erikseen on mitoitettu palkki leikkausraudoitettuna ja leikkausraudoittamattomana.

Mitoitusohjeessa on mitoitettu RakMk B9 ja B4:n mukaan. Sallittu tasainen kuorma palkille on mitoitettu suurimman vaikuttavan rasituksen mukaan momentti- ja leikkauskapasiteetin avulla. Mitoituksessa ei ole huomioitu ankkurointikapasiteettia, eikä tuulen vaikutusta sivuttaiseen taivutukseen.

Rakennesuunnittelijan on määritettävä terästen ankkurointipituus tuella ja palkin sivusuuntainen kestävyys tuulikuormalle. Lisäksi on tarkastettava paikallinen puristuskestävyys tuella.

#### **Kaavat:**

##### Momenttikapasiteetti:

$$M_u \left\{ \begin{array}{l} = 0,85 \cdot A_s \cdot f_{yd} \cdot d \\ \leq 0,3 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \end{array} \right\}$$

$A_s$ =vetoteräsmäärä

$f_{yd}$ =raudoituksen laskentalujuus

$d$ =palkin tehollinen korkeus

$b$ =valuuharkon paikallavaluuosan leveys

$f_{cd}$ =paikallavaluubetonin laskentalujuus

##### Leikkausraudoittamattoman palkin leikkauskapasiteetti:

$$V_u \left\{ \begin{array}{l} = 0,3 \cdot k \cdot \left( 1 + 50 \cdot \frac{A_{sl}}{b \cdot d} \right) \cdot b \cdot d \cdot f_{ctd} \\ \leq 0,4 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctd} \end{array} \right\}$$

$A_{sl}$ =tuelle ankkuroitu vetoteräsmäärä (vähintään 30 % maksimimomentin vaatimasta teräsmäärästä)

$k=1,6-d(m) \geq 1,0$  kun  $\rho_c \geq 2400 \text{ kg/m}^3$

$k=1,0$  kun  $1800 \text{ kg/m}^3 \leq \rho_c < 2400 \text{ kg/m}^3$

$k=0,85$  kun  $\rho_c < 1800 \text{ kg/m}^3$

$f_{ctd}$ =paikallavalubetonin vetolujuuden laskenta-arvo

##### Leikkausraudoitetun palkin leikkauskapasiteetti:

$$V_u \left\{ \begin{array}{l} = 0,4 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctd} + 0,9 \cdot \frac{A_{sv}}{s} \cdot f_{yd} \cdot d \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \\ \leq 0,25 \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \end{array} \right\}$$

$f_{yd}$ =leikkausraudoituksen laskentalujuus

$s$ =hakojen väli

$A_{sv}$ =leikkausraudoituksen leikkeiden yhteenlaskettu poikkileikkausala

$\alpha=90^\circ$

**Lähtötiedot:**

Pääteräkset 2T12 B500B

Paikallavaluubetoni C25/30

Leikkaushaati UHT6 k 200 B500B

$$A_s = 226 \text{ mm}^2$$

$$f_{yd} = 417 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 160 \text{ mm}$$

$$b = 104 \text{ mm}$$

$$f_{cd} = 9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = 0,72 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{sl} = 67,8 \text{ mm}^2$$

$$k = 1,6 - d(\text{m}) \geq 1,0 \text{ kun } \rho_c \geq 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1,44$$

$$s = 200 \text{ mm}$$

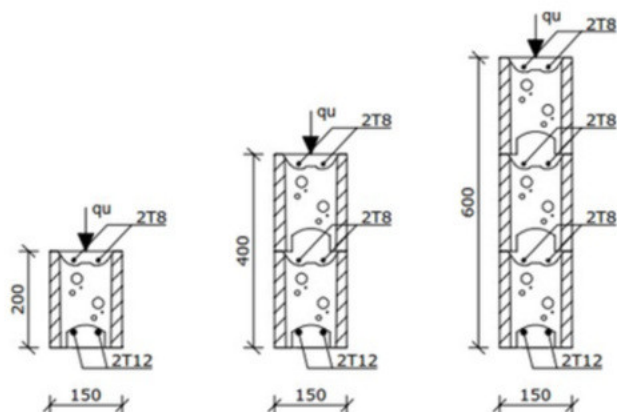
$$A_{sv} = 56,6 \text{ mm}^2$$

**Laskenta:**

$$q_u \left\{ \begin{array}{l} = \frac{2 * V_u}{L - 2 * d} - g_u \\ \leq \frac{8 * M_u}{L^2} - g_u \end{array} \right\}$$

Taulukko 11. Leikkausraudoittamaton palkki.

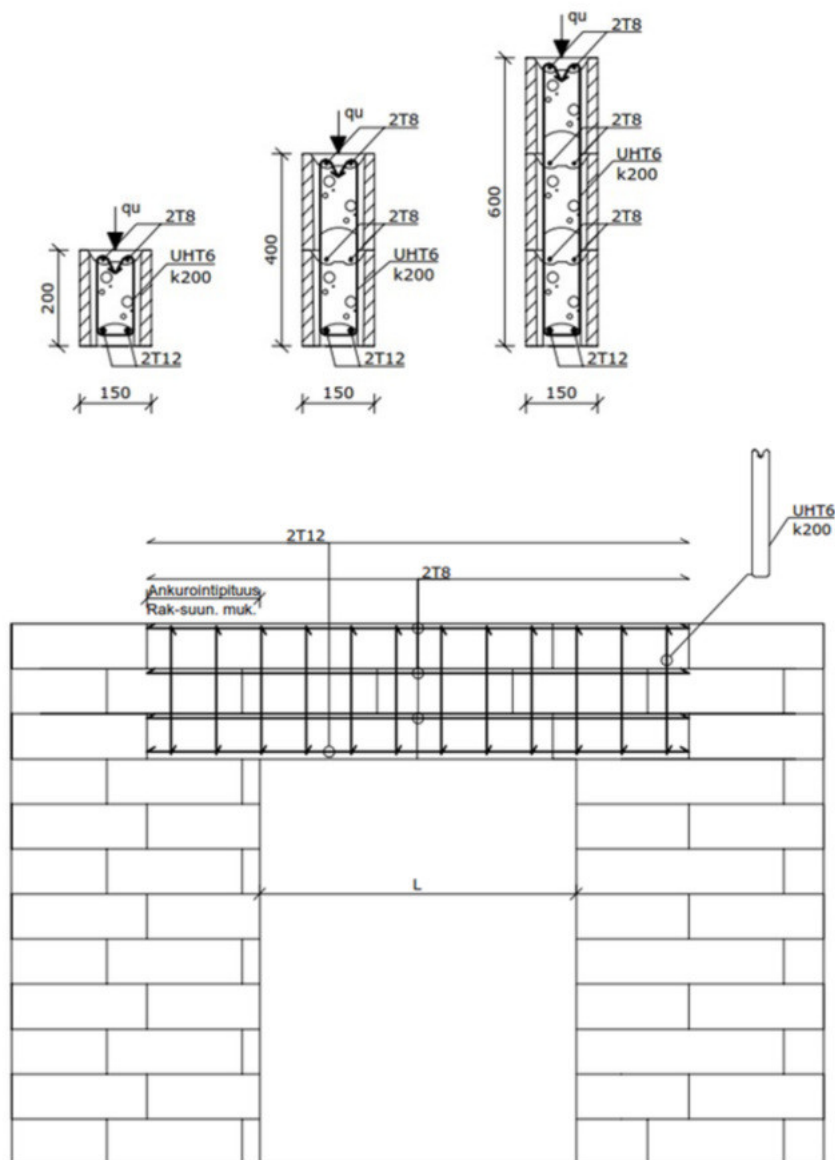
| Palkin korkeus | 1 harkkokerros 200 mm             | 2 harkkokerrosta 400 mm | 3 harkkokerrosta 600 mm |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| d (mm)         | 160                               | 360                     | 560                     |
| Pääteräkset    | 2 Ø 12                            | 2 Ø 12                  | 2 Ø 12                  |
| Mu (kNm)       | 7.2                               | 28.8                    | 44.0                    |
| Vu (kN)        | 4.8                               | 10.8                    | 13.9                    |
| gu (kN/m)      | 0.9                               | 1.7                     | 2.6                     |
| Aukko (m)      | gu (kN/m)                         |                         |                         |
| 0.6            | 34                                |                         |                         |
| 0.8            | 19                                |                         |                         |
| 1.0            | 13                                |                         |                         |
| 1.2            | 10                                | 43                      |                         |
| 1.4            | 8                                 | 30                      |                         |
| 1.6            | 7                                 | 23                      |                         |
| 1.8            | 6                                 | 18                      | 38                      |
| 2.0            | 5                                 | 15                      | 29                      |
| 2.2            | 4                                 | 13                      | 23                      |
| 2.4            | 4                                 | 11                      | 19                      |
| 2.6            | 3                                 | 8                       | 12                      |
| 2.8            | 3                                 | 9                       | 14                      |
| 3.0            | 3                                 | 8                       | 12                      |
| 3.2            | 2                                 | 7                       | 11                      |
| 3.4            | 2                                 | 6                       | 10                      |
| 3.6            | 2                                 | 6                       | 9                       |
| 3.8            | 2                                 | 5                       | 8                       |
|                | Vu Leikkauskapasiteetti vaikuttaa |                         |                         |
|                | Lasketaan seinämäisenä palkkina   |                         |                         |



Kuva 8. Leikkausraudoittamaton palkki.

Taulukko 12. Leikkausraudoitettu palkki.

| Palkin korkeus | 1 harkkokerros 200 mm             | 2 harkkokerrosta 400 mm | 3 harkkokerrosta 600 mm |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| d (mm)         | 160                               | 360                     | 560                     |
| Pääteräksset   | 2 Ø 12                            | 2 Ø 12                  | 2 Ø 12                  |
| Haat           | Ø 6 k 200                         | Ø 6 k 200               | Ø 6 k 200               |
| Mu (kNm)       | 7.2                               | 28.8                    | 44.9                    |
| Vu (kN)        | 21.8                              | 49.1                    | 76.3                    |
| gu (kN/m)      | 0.9                               | 1.7                     | 2.6                     |
| Aukko (m)      | gu (kN/m)                         |                         |                         |
| 0.6            | 155                               |                         |                         |
| 0.8            | 89                                |                         |                         |
| 1.0            | 57                                |                         |                         |
| 1.2            | 39                                | 159                     |                         |
| 1.4            | 28                                | 116                     |                         |
| 1.6            | 22                                | 88                      |                         |
| 1.8            | 17                                | 69                      | 108                     |
| 2.0            | 14                                | 56                      | 87                      |
| 2.2            | 11                                | 46                      | 72                      |
| 2.4            | 9                                 | 38                      | 60                      |
| 2.6            | 8                                 | 33                      | 51                      |
| 2.8            | 6                                 | 28                      | 43                      |
| 3.0            | 6                                 | 24                      | 37                      |
| 3.2            | 5                                 | 21                      | 32                      |
| 3.4            | 4                                 | 18                      | 28                      |
| 3.6            | 4                                 | 16                      | 25                      |
| 3.8            | 3                                 | 14                      | 22                      |
| 4.0            | 3                                 | 13                      | 20                      |
|                | Mu momenttikapasiteetti vaikuttaa |                         |                         |
|                | Lasketaan seinämäisenä palkkina   |                         |                         |
|                | Vu Leikkauskapasiteetti vaikuttaa |                         |                         |

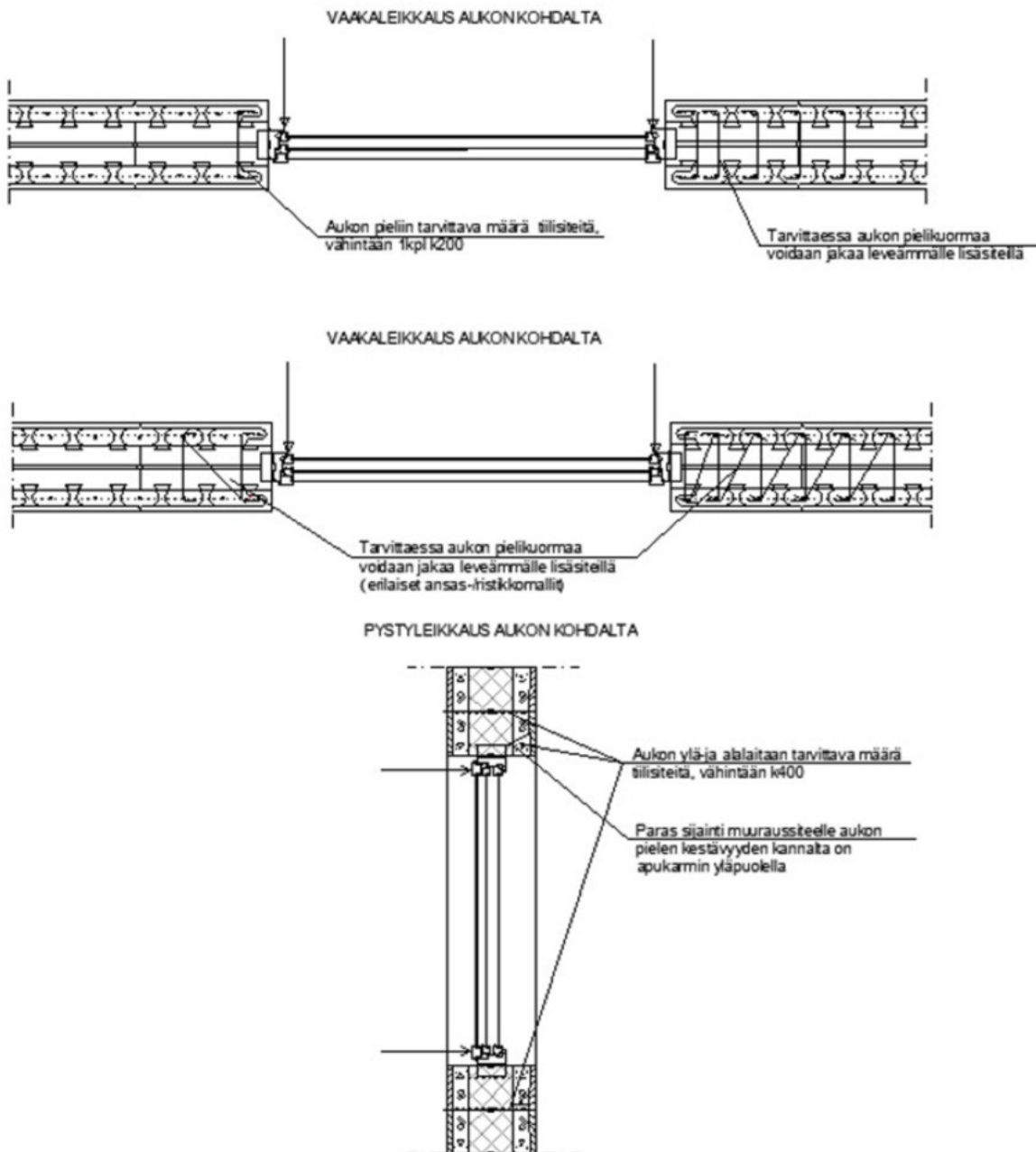


Kuva 9 ja 10. Leikkausraudoitettu palkki.

#### 4.4 Aukkojen pielet EMG400 eristeharkolla

Aukkojen pielessä suositellaan käyttämään ruostumattomia tiilisiteitä vähintään K200 jaolla. Todellinen tarve määritellään rakennesuunnittelijan toimesta, sen mukaan, mitä aukolta tulee viivakuormaa aukon pieleen. Tarvittaessa voidaan seinän pituussuunnassa asentaa enemmän siteitä jakamaan aukon pielikuormaa leveämmälle. Seinän mitoitus aukkojen vieressä normaalisti pysty- ja taivutuskuormitettuna eristeharkkopilari- /seinärakenteena. Kuvassa 11 esitetään muuraussiteet aukkojen pielessä.

Esim. Maarla Oy:n ruostumattoman RST-tiilisiteen 4 mm suoritusasoilmoituksessa on siteen puristuskapasiteetiksi ilmoitettu 0,656 kN ja vetokestävyydeksi 8 kN. Siteen ankkurointikapasiteetti tarkastettava tarvittaessa erikseen, mikäli ei sisälly suoritusasoilmoituksessa esitettyyn arvoon.



Kuva 11. Muuraussteet aukkojen pielissä.

## 4.5. Valuharkkojen työstö

Valueristeharkot on valmistettu normaalipainoisesta betonista (nettokuivatiheys ~2250 kg/m<sup>3</sup>) ja niitä voidaan työstää esimerkiksi harkkosirkkelillä tai kulmahiomakoneella, jossa on timanttikatkaisulaikka. Harkkoja katkaistaessa on syytä huomioida valureikien koko ja valun aiheuttama valupaine. Katkaistuissa harkkoissa tulee olla vähintään kaksi kannasta. Pienempiä harkkoja tulee välttää tai harkot tulee tukea erityisen hyvin valun ajaksi. Harkkoja työstettäessä on huomioitava oikea suojavarustus; kuulo-, hengitys- sekä silmäsuojaimet.

## 4.6. Sähköjohdot ja putkitukset

Sähköjohdot asennetaan valun sisällä aina suojaputkeen. Suojaputket asennetaan harkkojen asennusvaiheessa. Vesi- ja keskuspölyimurin putket asennetaan samalla. Putkien paikallapysyvyys on tärkeää varmistaa ennen valua. Asennukset eivät saa tukkia alapuolisia valuonteloita. Tarvittaessa alapuoliset valuontelot valetaan ennen putkien asentamista.

## 4.7. Valun valmistelu

Tarkista valettavan seinän ja yläpinnan suoruus. Jos yläpinta ei ole riittävän suora, voidaan yläpintaan asentaa laudat muoteiksi oikeaan korkoon. Täytä mahdolliset kolot ja reiät muurauslaastilla. Älä käytä polyuretaania! Isommat reiät voidaan muotittaa. Tarkista raudoitusten sijainti ja suojaetäisyydet sekä niiden paikallapysyvyys valun aikana. Tue valueristeharkkoseinä erityisen hyvin nurkista, mutta myös nurkkien välillä tulee olla riittävä määrä tukia, estämässä harkkojen sivuttaissiirtyminen. Kostuta harkkojen sisäpinnat vedellä, jotta valubetoni leviää harkkojen joka onteloon. Tarkista suunnitteluasiakirjoista betonin vaatimukset. Laske tarvittava betonin määrä. Ylimmän valueristeharkon eristeenpäälle on suositeltavaa asentaa suojamuovi valun ajaksi, jotta eriste pysyy betonista puhtaana.

## 4.8. Valubetonin vaatimukset

Valubetonin lujuusluokan määrittää kohteen rakennesuunnittelija, mutta minimilujuus on C30/37 ja maksimiraekoko 8 mm (IT-betonissa maksimiraekoko on 12 mm). Betonin vaadittu rasitusluokka tulee ottaa huomioon betonia valittaessa. Betonin tulee olla säänkestävää. Betonimassan notkeusluokka (BY50:n mukainen) on S3 tai S4.

## 4.9. Valaminen

Helpoiten valu onnistuu pumpulla. Valaminen aloitetaan nurkista edeten eteenpäin. Valettaessa massan korkeusero on enintään 0,5 m (2,5 harkkoa) ja yhdellä kertaa valetaan 1,5 m (7,5 harkkoa). Työsauma tulee aina harkkokerroksen puoleen väliin. Valun aikana tarkkaillaan koko ajan harkkojen paikalla pysymistä. Harkot valetaan täyteen välipohjien tuilla, aukkojen alapinnoissa sekä seinän yläpäässä. Täryttäminen suoritetaan ohuella sauvatäryttimellä, joka toisesta valaukosta hyvin kevyesti. Täryttäessä tulee olla varovainen, ettei tärytys liikuta tai riko harkkojen sisällä olevia teräksiä tai putkituksia. Kun käytetään itsetiivistävää betonia, jätetään täryttäminen suorittamatta. Valun jälkeen betonipurseet poistetaan harjaamalla. Betonivalun jälkihoitona suositellaan rakenteen sisäpintojen kevyttä kastelua ja peittämistä. Jälkihoitoa suositellaan tehtäväksi viisi vuorokautta valun jälkeen. Jälkihoidon laiminlyönti saattaa heikentää betonin loppulujuutta oleellisesti.

## 4.10. Pinnoittaminen

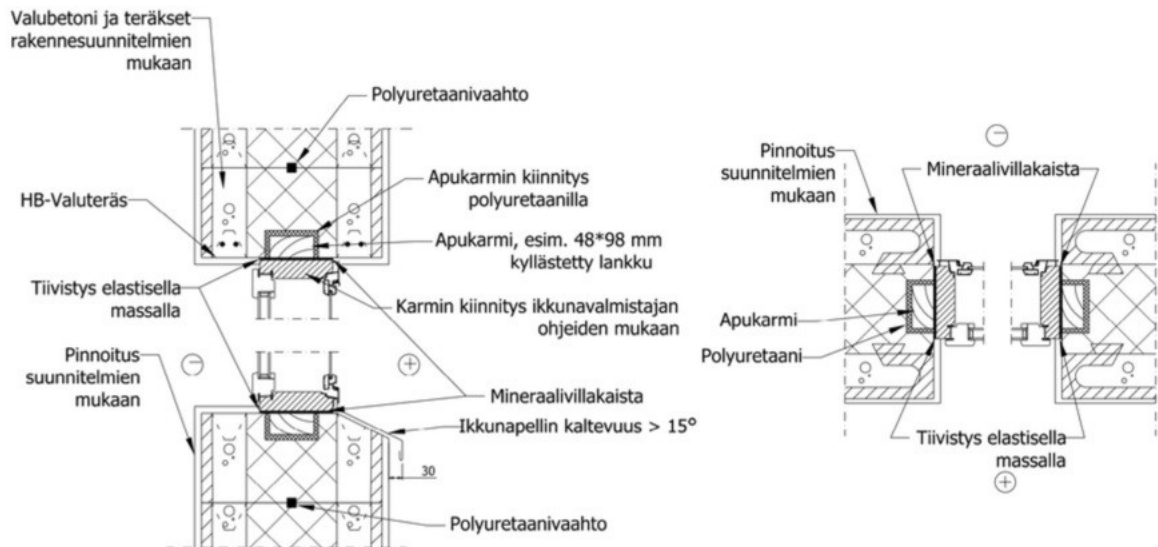
Pinnoittaminen suositellaan tehtäväksi yhden lämmityskauden jälkeen, jolloin seinän tasapainokosteuden voidaan olettaa olevannormalisoitunut rakennusaikaisen kosteuden poistuttua. Vaihtoehtoisesti pinnoitettavan seinän kosteutta voidaan mitata. Oikea kosteus riippuu käytettävästä pinnoitusmateriaalista.

Valueristeharkkoseiniä ulko- ja sisäpinnat pinnoitetaan tavallisesti kaksikerrosrappauksella. Myös vaihtoehtona on ohutrappaus, kun viimeistelyllä ei ole suurta merkitystä.

Tavallisesti perusmuuri tasoitetaan, jonka jälkeen asennetaan perusmuurin vedeneristys. Näkyväsokkelin osuus pinnoitetaan halutulla tavalla.

## 4.11. Karmien kiinnitys

Valueristeharkon eristeeseen kiinnitetään ns. apukarmi, johon ikkunan tai oven karmi kiinnitetään. Eriste lovetaan ja siihen kiinnitetään tavallisesti 98\*48 mm tai 48\*48 mm kyllästetty lankku polyuretaanilla, kts kuva 12. Karmi kiinnitetään apukarmiin karmiruuveilla. Apukarmin ja karmin välinen rako tiivistetään joko mineraalivillalla, polyuretaanilla tai itsepaisuvalla nauhalla. Ikkunat asennetaan ikkunavalmistajan ohjeiden mukaan.



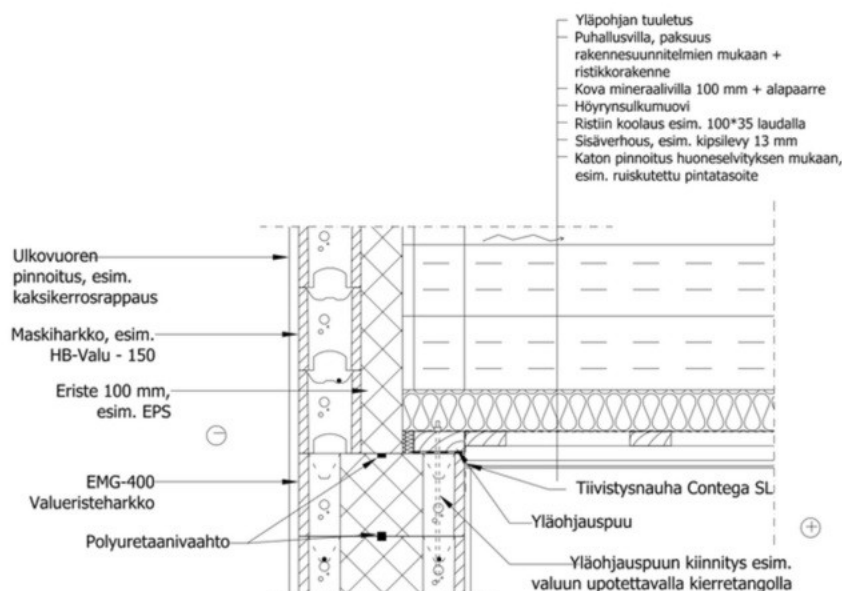
Kuva 12. Aukon ylitys ja karmin kiinnitys.

## 5. KATTORAKENTEESEN ASENNUS

### 5.1. Kattoristikoiden asennus

Kattoristikkoja varten kiinnitetään ylimmän valueristeharkon päälle yläohjauspuu. Valueristeharkon yläpinta tulee olla tasainen. Epätasaisuudet voidaan hioa hiomakivellä pois. Yläohjauspuun leveys riippuu kattoristikkosuunnitelmista selviävästä tuen vähimmäisleveydestä. Yläohjauspuun ja Valueristeharkon väliin asennetaan yläohjauspuun levyinen bitumikermi tai solumuovinauha.

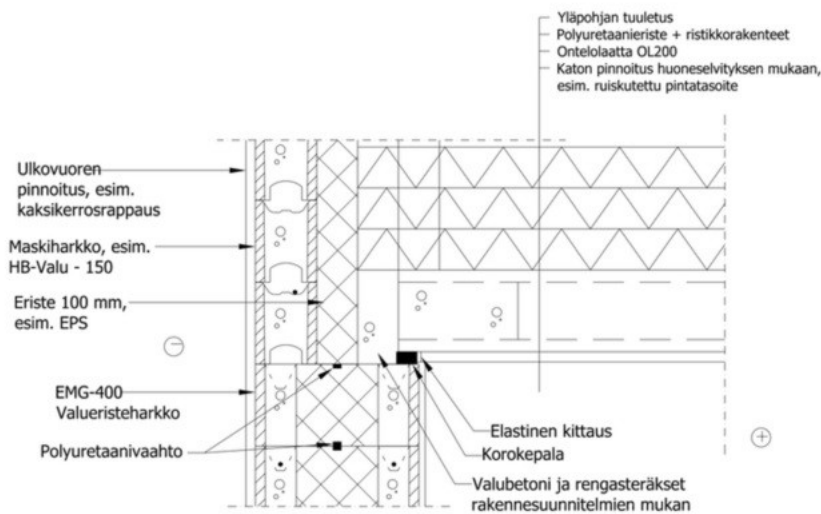
Yläohjauspuu voidaan kiinnittää valuharkkoon etukäteen Valueristeharkon valuu upotettuihin kierretankoihin. Jos kiinnikkeet halutaan asentaa valun jälkeen, voidaan käyttää betoniruuveja. Kiinnikemäärät ja laadut määrittelee kohteen rakennesuunnittelija. Kun käytetään kierretankoja, tulee ne sijoittaa oikealla jaolla riittävän syväälle valubetoniin. Kun yläohjauspuuta aletaan kiinnittämään, porataan ensin oikeankokoinen reikä kierretankojen kohdalle. Kun reiät on porattu, asennetaan yläohjauspuu paikoilleen niin, että kierretangot menevät yläohjauspuuhun poratuista rei'istä läpi. Yläohjauspuun ollessa paikoillaan, kiinnitetään yläohjauspuu valueristeharkkoon ruuvaamalla oikeankokoinen mutteri kierretankoon ja kiristämällä mutteri tiukalle. Mutterin alla tulee käyttää aluslevyä. Kattoristikon asennus kuvassa 13.



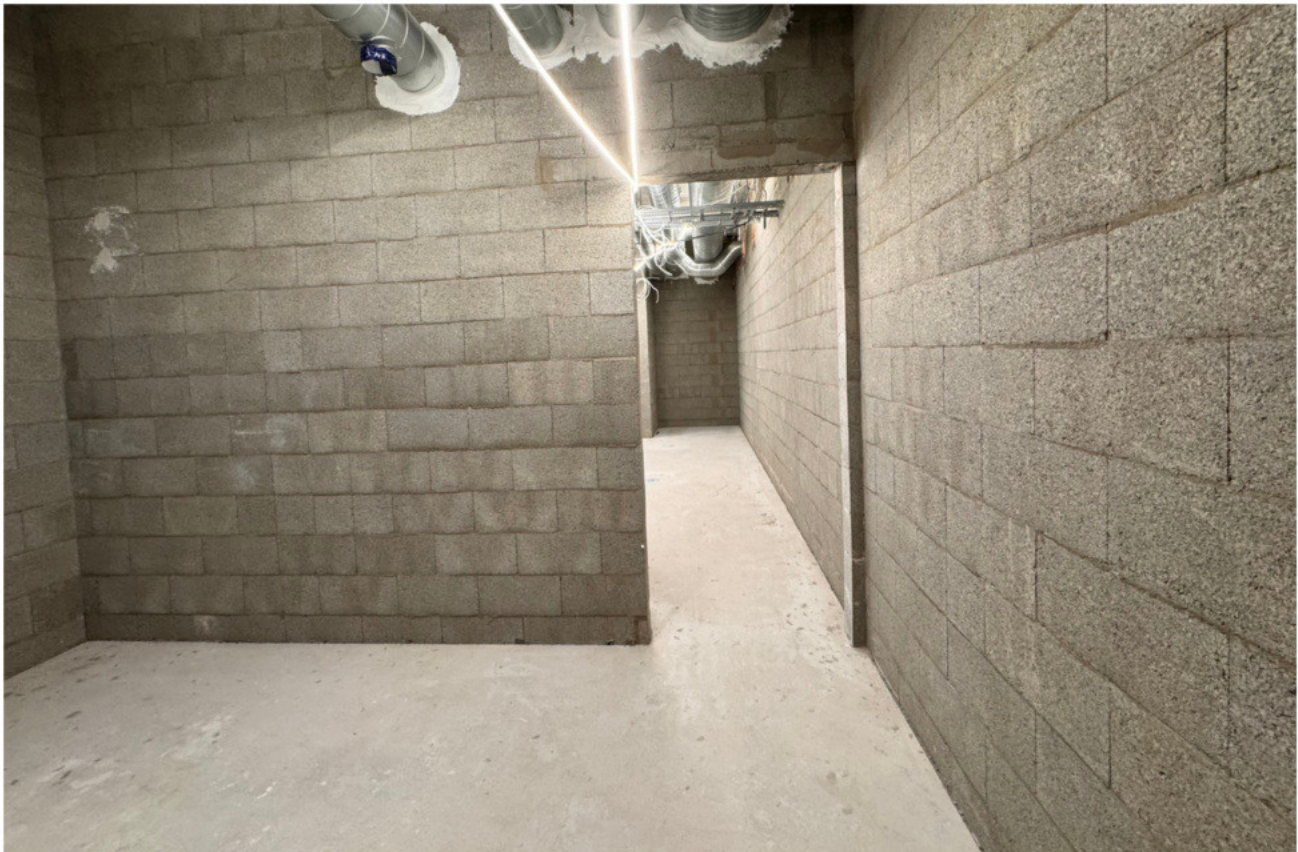
Kuva 13. Kattoristikon asennus.

## 5.2. Ontelolaatan asennus

Ontelolaatan asentamista varten tulee ontelolaatan kanssa samalle tasolle tulevana valueristeharkkona käyttää työmaalla halkaistua valueristeharkkoa. Se onnistuu parhaiten sahaamalla eristeen ja harkon saumasta käsisahalla. Tai HB-Valu-150:stä kuten kuvassa 14. Vaihtoehtoisesti voidaan ontelolaatan kohdalle tehdä muotti. Valueristeharkkoseinässä tulee olla asennettuna tartuntateräkset ontelolaattaa ja mahdollisesti välipohjalta jatkuvaa seinää varten. Ontelolaatan alle tuleva valueristeharkko täytetään valuvaiheessa kokonaan. Ontelolaatat asennetaan sisemmän harkkokuoren päälle niin, että ontelolaatan reuna tulee 50 mm harkon ulkokuoren sisäpuolelle valuontelon kohdalle. Harkkokuoren ja ontelolaatan välissä käytetään muovisia korokepaloja, jotta ontelolaatta saadaan oikeaan korkoon. Ontelolaatan reikiin asennetaan rakennesuunnitelmien mukaiset teräkset. Valueristeharkko, joka on ontelolaatan kanssa samalla tasolla, on syytä kiinnittää esimerkiksi kiviliimalla alempaan harkkoon kiinni, ettei se irtoa valun aikana. Ontelolaatan ja valuharkkoseinän välinen liitos valetaan rakennesuunnitelmissa määrätyllä betonilla. Ontelolaatan sauma - ja pintavalussa noudatetaan ontelolaattavalmistajan ohjeita.



Kuva 14. Ontelolaatan liitos.



## 6.KELLARIN SEINÄN MITOITUS

### 6.1. Mitoitusesimerkki

#### Lähtötiedot mitoitukseen

Kellarin seinän korkeus L: 3,0 m  
Harkon tiedot: EMG-400  
Harkkokuoren leveys= 100 mm  
Kuoren paksuus= 25 mm  
Paino valettuna: 5,1 kN/m<sup>2</sup>

Täytön korkeus H= 2,2 m  
Valuontelon leveys h= 75 mm  
Eristeen leveys= 200 mm

Betonin tiedot:  
Lujuusluokka C30/37

$$f_{cd} = 11,1 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = 0,83 \text{ N/mm}^2$$

Teräset tiedot:

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ywd} = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk0,05} = 2,03 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 33000 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 417 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

Muut lähtötiedot:

Betonin suojapeite c= 25 mm

Valitaan pystyteräs T10 K200 A<sub>s</sub> = 393 mm<sup>2</sup>

d= 47,5 mm (etäisyys vetoterästen painopisteestä poikkileikkauksen yläpintaan)

#### Kuormat

Sisäkuoreen kellarin seinän puolivälissä vaikuttava normaalivoima metrin levyisellä kaistalla:

$$N_{d,YP+VP+KS} = 47,9 \text{ kN/m}$$

Kellarin seinän vaakakuormat:

$$\text{Kitkamaa } p_1 = 6,5H = 14,3 \text{ kN/m}^2$$

$$p_2 = 0,5q = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pintakuorma } q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{p1,max} = \frac{p_1 H^2}{6L} \left( L - H \left( 1 - \frac{2}{3} * \sqrt{\frac{H}{3L}} \right) \right) = 5,9 \text{ kNm}$$

Maksimimomentti on korkeudella  $H_{p1}$  seinän alareunasta

$$H_{p1} = H * \left( 1 - \sqrt{\frac{H}{3L}} \right) = 1,11 \text{ m}$$

$$M_{p2,max} = \frac{p_2 * H^2}{2} * \left( 1 - \frac{H}{2 * L} \right) = 2,3 \text{ kNm}$$

Maksimimomentti on korkeudella  $H_{p2}$  seinän alareunasta

$$H_{p2} = H * \left(1 - \frac{H}{2L}\right) = 1,4 \text{ m} < H, OK$$

Vaakavoimista aiheutuvat kuormitukset voidaan jakaa kummallekin kuorelle tasan. Tarkastellaan sisäkuoren kuormituksia ja kantokykyä seinän puolivälissä. Valitaan sisäkuoren ja ulkokuoren mitoitusmomentiksi maanpaineen ja pintakuorman aiheuttamien momenttien summa

$$M_d = M_{d,p1+p2}/2 = 4,1 \text{ kNm/m}$$

## Kellarin seinän normaalivoimakapasiteetti

Kapasiteetti lasketaan kaavalla

$$N_u = \frac{1 - 2 * e_d/h_c}{1 + 0,001 * (L_c/h)^2} * A_c * f_{cd} = 138,5 \text{ kN/m}$$

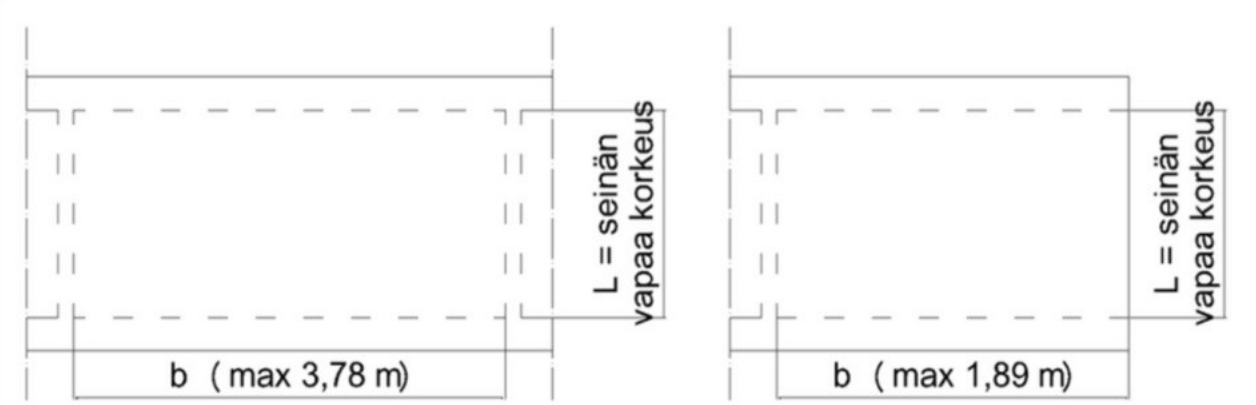
ja tarkastellaan puristuskestävyyttä seinän puolivälissä 1 metrin levyisellä kaistalla.

$$L_c = 3000$$

## Kellarin seinän maksimitukivälit

Kellarinseinän maksimitukiväli sekä kerroin  $k_c$  saadaan taulukosta 13.

Taulukko 13. Kellarin seinän maksimitukivälit.

|  |                                                                                                               |                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sivutukien välimatkan ja seinän korkeuden suhde $b/L$                                | Sivutukien välimatkan ja rakenteen paksuuden (126 mm) suhde $b/h < 30(0,126 \text{ m} * 30 = 3,78 \text{ m})$ | Sivutuen etäisyys vapaaseen reunaan jaettuna rakenteen paksuudella $b/h < 15(0,126 \text{ m} * 15 = 1,89 \text{ m})$ |
| 0,3                                                                                  | 0,2                                                                                                           | 0,5                                                                                                                  |
| 0,5                                                                                  | 0,3                                                                                                           | 0,7                                                                                                                  |
| 1,0                                                                                  | 0,6                                                                                                           | 0,9                                                                                                                  |
| 1,5                                                                                  | 0,8                                                                                                           | 1,0                                                                                                                  |
| 2,0                                                                                  | 0,9                                                                                                           | 1,0                                                                                                                  |
| >2,0                                                                                 | 1,0                                                                                                           | 1,0                                                                                                                  |

## Kellarin seinän mitoitus normaalivoimalle ja vaakakuormille

Epäkeskisyydet:

Oletetaan normaalivoimien vaikuttavan sisäkuoreen keskeisesti, joka on tässä tapauksessa varmalla puolella oleva oletus.

a) Perusepäkeskisyys  $e_a$  (työnsuoritukseen liittyvä epäkeskisyys)

$$e_a = h / 20 + l_o / 500 = 9,75 \text{ mm}$$

b) Lisäepäkeskisyys  $e_2$  (rakenteen hoikkeuden vaikutus)

$$e_2 = (\lambda / 145)^2 * h = 24,3 \text{ mm}$$

Hoikkeusluku  $\lambda = l_o / i = 82$  mm

Suorakaidepoikkileikkaukselle jäyhyys säde  $i = h / 12^{1/2} = 36,4$  mm

$$h = (h_1^3 + h_2^3)^{1/3} = 126,0 \text{ mm}$$

jossa  $h_1 = h_2 = 75 + 25$  mm.

c) Kuorman epäkeskisyys

$$e_o = M_{oEd} / N_{Ed} \text{ tai } e_o = \max(0,6e_{o1} + 0,4e_{o2}, 0,4e_{o1})$$

$$e_o = 85 \text{ mm}$$

d) Mitoitusepäkeskisyys  $e_d$

Mitoituksessa käytettävä epäkeskisyys  $e_d$  on edellä laskettujen epäkeskisyyksien summa

$$e_d = e_a + e_2 + e_o = 119 \text{ mm}$$

Rakenne mitoitetaan normaalivoimalle  $N_d = 47,9$  kN/m

ja epäkeskisyydelle  $e_d = 119$  mm seinän puolivälissä

## Puristetun ja taivutetun teräsbetonirakenteen mitoitus

1) Valitaan poikkileikkauksen mitat leveys  $b$  ja korkeus  $h$  sekä veto- ja puristusraudoitus  $A_s, A_{sc}$

Tarkasteltavassa rakenteessa ei käytetä puristusteräksiä ja  $A_{sc} = 0$ , jolloin em. kaavoissa kyseiset termit jäävät pois

2) Lasketaan keskeisen puristuksen normaalivoimakestävyys

$$N_{Rd,0} = (A_s + A_{sc})f_{sd} + b * h * f_{cd} = 996,1 \text{ kN}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

sekä tasapainomurtoon kuuluvat normaalivoima  $N_{Rd,b}$  ja epäkeskisyys  $e_{d,b}$

Jos  $N_{Rd,b} < N_{Ed} < N_{Rd,0}$  pilarissa tapahtuu puristumurto

$$\epsilon_{cu} = 0,0035$$

$$N_{Rd,b} = 0,8 * b d f_{cd} \frac{\epsilon_{cu} E_s}{f_{sd} + \epsilon_{cu} E_s} + (A_{sc} - A_s) / f_{sd} = 264,4 \text{ kN}$$

$$x_b = \frac{d \epsilon_{cu} E_s}{f_{sd} + \epsilon_{cu} E_s} = 29,8 \text{ mm}$$

$$y_b = 0,8 x_b = 23,8 \text{ mm}$$

$$d_s = d - x_b = 17,7 \text{ mm}$$

$$e_{d,b} = \frac{f_{cd} y_b b \left( d - d_s - \frac{y_b}{2} \right) + A_{sc} f_{cd} (d - d_c - d_s) + A_{sc} f_{cd} d_s}{N_{Rd,b}} = 17,9 \text{ mm}$$

### 3) Pilarin puristuskestävyys

$$N_{Rd} = \frac{N_{Rd,0}}{1 + \frac{e_d}{e_{d,b}} \left[ \frac{N_{Rd,0}}{N_{Rd,b}} - 1 \right]} = 51,3 \text{ kN}$$

tai Whitneyen menetelmän perusteella arvioitu kaavalla:

$$N_{Rd} = \frac{A_{sc} f_{cd} (d - d_c) + 0,4 f_{cd} b d^2}{e_d + d - h/2} = 77,6 \text{ kN}$$

Valitaan pienempi arvo 51,3 kN

Jos  $N_{Rd,b} < N_{Ed} < N_{Rd,0}$  pilarissa tapahtuu puristusmurto.

Nyt  $N_{Rd,b} > N_{Ed} < N_{Rd,0}$ , joten  $N_{Ed}$  on OK.

Jos  $N_{Ed} \leq N_{Rd}$

47,9 < 51,3 kN → mitoitus on hyväksyttävä.

Teräsjännityksen tarkistus:

$$\sigma = M/z \cdot A_s = M/0,85 \cdot d \cdot A_s \leq f_{yd} \rightarrow \sigma = 257,0 \text{ N/mm}^2 < 417 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{s,vaad} = M/0,85 \cdot d \cdot f_{yd} = 242,2 \text{ mm}^2$$

Valitaan ulkokuoreen teräs T10 K200

Tarkistetaan puristetun pinnan korkeus

$$x/d \leq x_b/d$$

$$x = A_s f_{sd} / (b f_{cd}) = 14,7 \text{ mm}$$

$$x_b/d = 0,63 > x/d = 0,31 \text{ OK}$$

Kutistuma teräkset lasketaan kaavalla

$$A_s = 0,001A = 100 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A = (75 \text{ mm} + 25 \text{ mm}) \cdot 1000 \text{ mm} = 100000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Vaakasaumoihin sijoitetaan T8 K400 } A_s = 125,7 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seinän kuoren leikkausvoimakkestävyys seinän alapäässä

$$V_c = 0,4 f_{ctd} b d = 15,8 \text{ kN/m}$$

$$V_d = V_{Ap1} + V_{Ap2} = 13,6 \text{ kN/m OK}$$

Leikkausvoima seinän alapäässä

$$V_{Ap1} = p_1 \cdot \frac{H \left( 1 - \frac{H}{3L} \right)}{2} = 11,9 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ap2} = p_2 \cdot \frac{H(2L - H)}{2L} = 1,7 \text{ kN/m}$$

## Raudoituksen ankkurointikestävyys

Ankkurointikestävyys  $F_{bu}$  rakenteen tuella lasketaan kaavasta

$$F_{bu} = 1,7f_{ctd}u_s l_b \geq \sigma_s A_s$$

$$f_{ctd} = 0,83 \text{ N/mm}^2$$

$$u_s = \text{tangonympärysmitta} = 2\pi r = 31,4 \text{ mm}$$

$$\sigma_s = \text{murtorajatilan laskentakuormaa vastaava teräsännitys} = 257 \text{ N/mm}^2$$

$$l_b = \text{ankkurointipituus} = V_d / (1,7f_{ctd}u_s) = 306 \text{ mm}$$

$$A_s = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_s A_s = 20,2 \text{ kN} > F_{bu}, \text{ ankkurointipituus ei riitä}$$

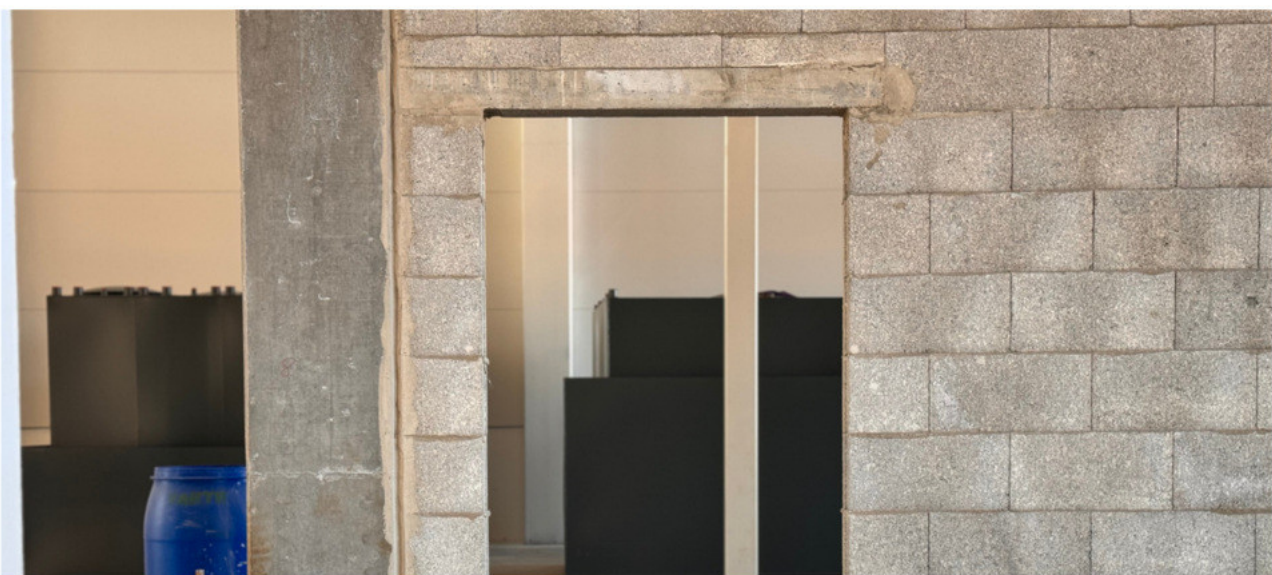
Valitaan ankkurointipituudeksi 500 mm  $\rightarrow F_{bu} = 22,2 \text{ kN}$

## 6.2. Mitoitustaulukot

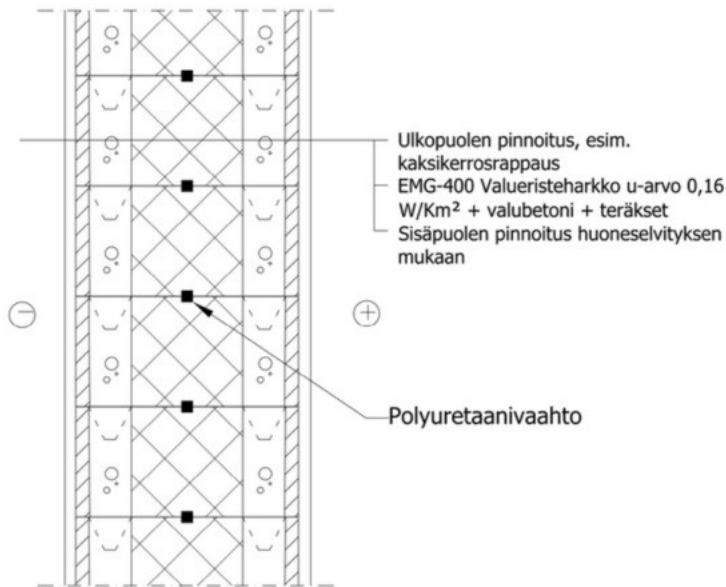
Taulukon 14 arvot on mitoitettu laskentaesimerkin mukaisilla lähtötiedoilla, mutta normaalivoimaksi on valittu 45,0 kN/m. Kun kuormat muuttuvat, muuttuu myös kellarin seinän epäkeskisyydet ja siten myös kapasiteetti. Tästä syystä taulukon arvot ovat vain suuntaa antavia. Kellarin seinä tulee mitoittaa aina tapauskohtaisesti, mitoituksesta vastaa kohteen rakennesuunnittelija.

Taulukko 14. Kellarin seinän maksimitäyttökorkeudet.

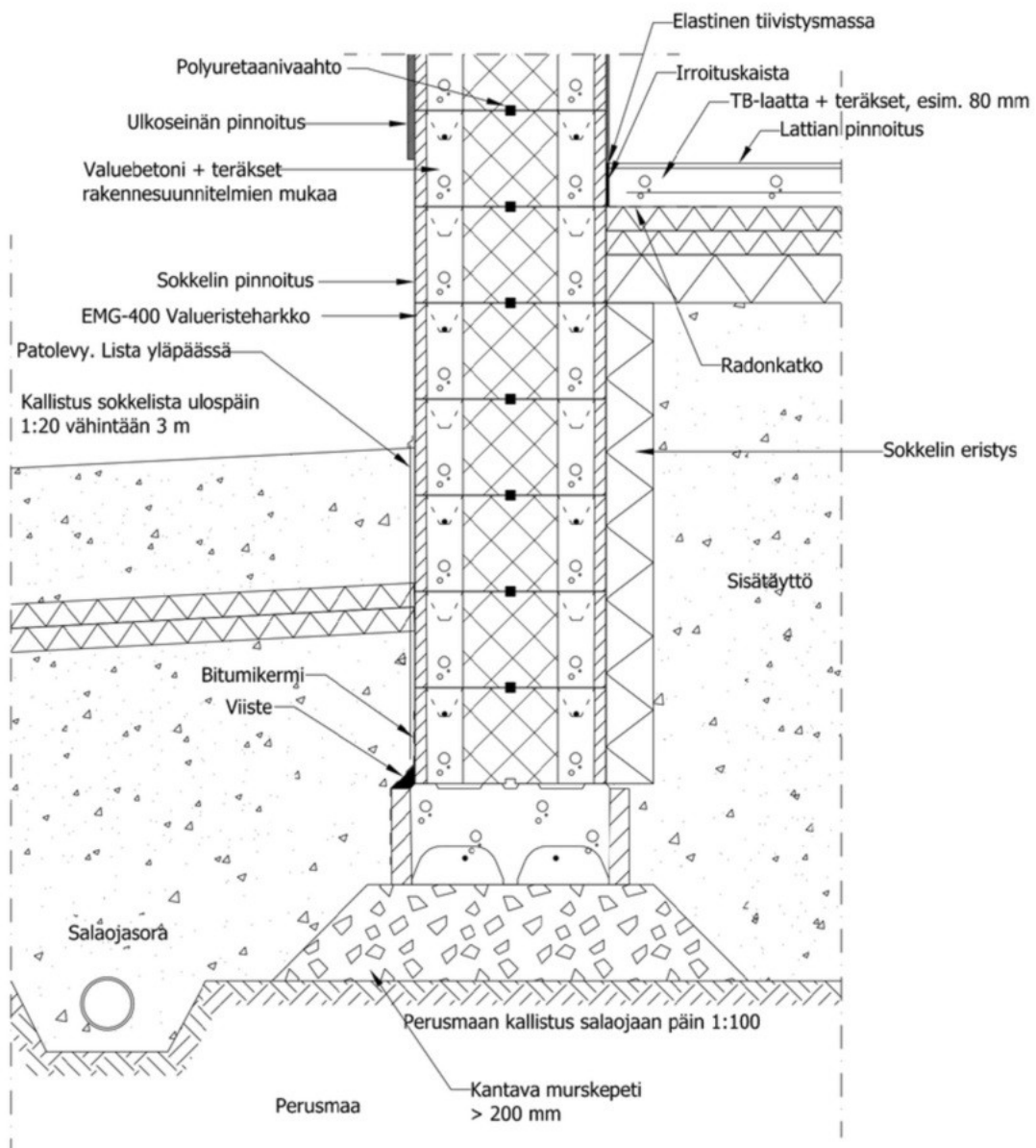
| Teräskoko                   | 10                     | 10   | 8    | 8    |
|-----------------------------|------------------------|------|------|------|
| Teräsjako                   | K400                   | K200 | K400 | K200 |
| Kellarin seinän korkeus [m] | Max täytön korkeus [m] |      |      |      |
| 1,8                         | 1,8                    | 1,8  | 1,8  | 1,8  |
| 2,0                         | 2,2                    | 2,2  | 1,7  | 2,2  |
| 2,2                         | 2,0                    | 2,5  | 1,6  | 2,3  |
| 2,4                         | 1,9                    | 2,4  | 1,6  | 2,2  |
| 3,4                         | 1,9                    | 2,2  | 1,6  | 2,1  |
| 3,8                         | 1,8                    | 2,1  | 1,5  | 2,1  |



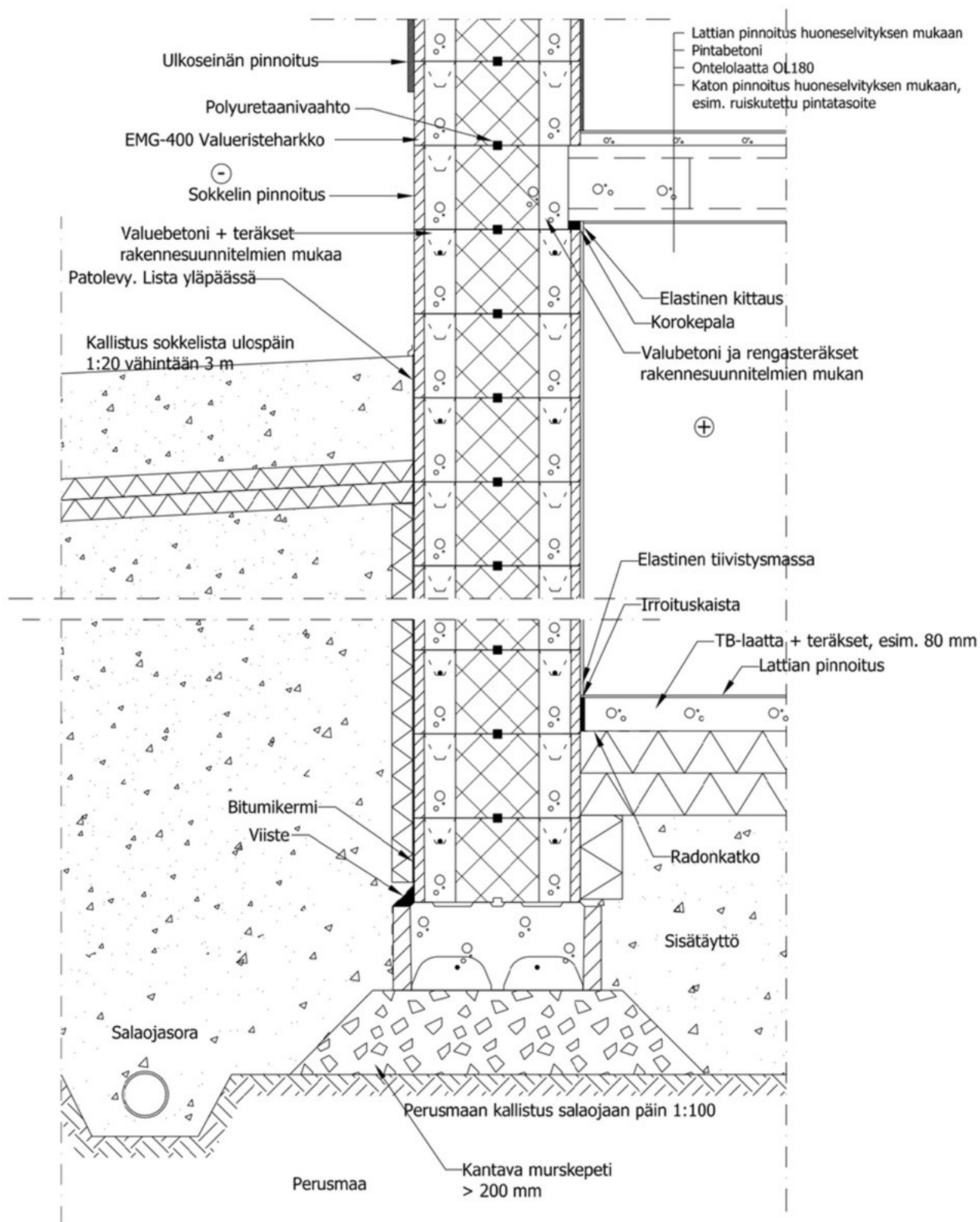
## 7. Liitteet



Liite 1. EMG-400 seinärakenne.



Liite 2. Perustusleikkaus.



Liite 3. Kellarin seinä.



Viiden tähden  
betonituottaja