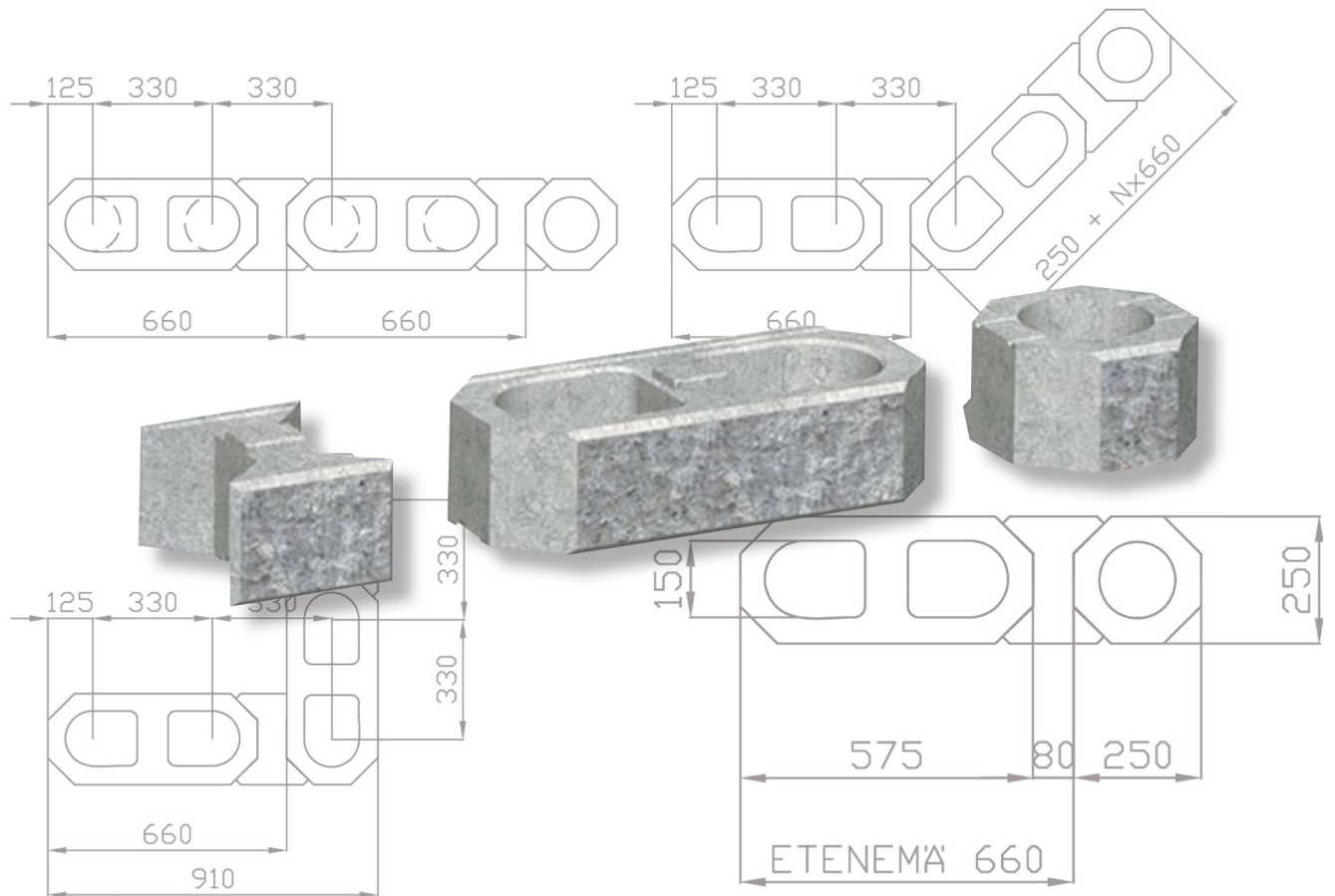


Lammi Muurikivi

SUUNNITTELUOHJE



LAMMI

piha

Sisällysluettelo

1 YLEISTÄ	3
2 LAMMI MUURIN RAKENNE JA OMINAISUUDET	3
2.1 Rakenne.....	3
2.2 Ominaisuudet	3
3 KÄYTTÖKOHTEET	3
4 MUURITYYPIT	4
5 LASKENTAOTAKSUMAT	4
5.1 Materiaalien ominaisuudet.....	4
5.2 Maanpaine	5
5.3 Muurin kestävyys maanpaineelle	5
5.4 Kaatumis- ja liukumisvarmuus	7
5.4.1 Kaatumisvarmuus	7
5.4.2 Liukumisvarmuus	7
5.5 Anturan taivutus- ja leikkauskestävyys	7
6 MITOITUSTAULUKOT	7
6.1 Matala tukimuuri	4
6.2 Korkea tukimuuri.....	5

1 YLEISTÄ

Nämä työohjeet koskevat Lammin Betoni Oy:n muurikiviä. Kivien valmistuksessa, laadunvalvonnassa ja koetuksessa noudatetaan Suomen Standardisoimisliiton standardeja SFS-EN 15435 ja SFS-EN 7018. Laadun valvontamme varmistaa Inspecta Sertifiointi Oy. Muurikivien betonivalutöissä sekä valutöiden valvonnassa noudatetaan betoninormissa BY 50 annettuja ohjeita.

Lammi Muuri on pihojen porrastukseen tarkoitettu näyttävä lohkopintainen betonikivi. Muurikivellä saadaan tehtyä tyylikkäitä, värikkäitä sekä toimivia pihoja.

2 LAMMI MUURIN RAKENNE JA OMINAISUUDET

2.1 Rakenne

Lammi Muuri on tukimuureihin tarkoitettu betonikivi.

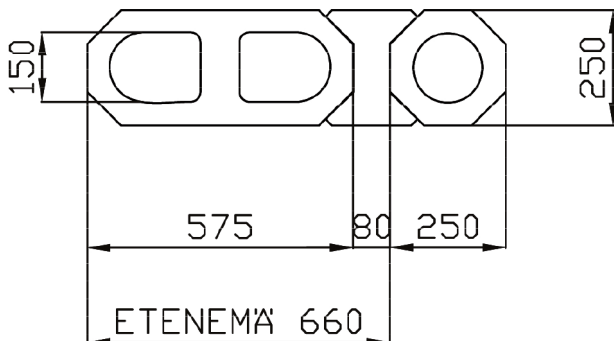


Kuva 1: Lammi Muuri

Lammi Muuri koostuu:

- reiällinen muurikivipari
- umpinainen muurikivipari (päällyskivi)
- reiällinen päätykivi
- umpinainen päätykivi (päällyskivi)

Muurikivipari muodostuu aina pitkästä puikulan muotoisesta kivistä sekä lyhyestä rusetin muotoisesta kivistä.



Kuva 2. LammiMuurin parin etenemä.

2.2 Ominaisuudet

Muurikivet on valmistettu maakosteasta pakkasenkestävästä betonimassasta. Muurikiven kulmat on viistetty. Pintana on valmiiksi tehtaalla lohkaistu lohkopinta. Väreinä ovat harmaa ja musta.

Taulukko 1. Lammi Muurikiven ominaisuuksia

Muurikiviparin etenemä	660 mm
Päätykiven pituus	250 mm
Muurikiven leveys	250 mm
Muurikiven korkeus	150 mm
Muurikiviparin paino	24 + 10 kg
Päätykiven paino	15 kg
Päällyskiviparin paino	30 + 10 kg
Neliömenekki	10 paria/ m ²
Valubetoni	K 35-2, 0-16, S3
Valumassan menekki	90 l / m ²
Reikäväli	330 mm
Reiän halkaisija	150 mm
Rauditus	A 500 HW

3 KÄYTTÖKOHEET

Lammi Muuri on maanpinnan korkeuserojen porrastamiseen. Muurikivi toimii tällöin maanpaineellisena tukimuurina. Muurikivistä voidaan tehdä myös kukkapenkkejä, istutusaltaita, reunakiveyksiä ja portaita. Muurikivistä saa aikaan myös näyttävän aidan tontille, suoja-aitauksen roska- tai kompostiastialle tai vaikkapa sokkelin rakennukselle.

4 MUURITYYPIT

Lammi Muuri jaetaan korkeuden perusteella kolmeen tyyppiin:

A: korkeusero \leq 500 mm ($q = 1,5$ kN/m²)

B: korkeusero \leq 750 mm ($q = 1,5$ kN/m²)

C: korkeusero $>$ 750 mm ($q = 1,5$ kN/m²)

Tyyppin A muurit perustetaan ilman anturaa routimatoman perusmaan varaan. Ensimmäinen kivikerros asennetaan joko puolittain tai kokonaan maan sisään. Muurin sisällä oleva reiät jätetään tyhjiksi.

Tyyppin B muurit perustetaan ilman anturaa routimatoman perusmaan varaan. Ensimmäinen kivikerros asennetaan joko puolittain tai kokonaan maan sisään. Muurin sisällä oleva reiät täytetään soralla/sepelillä.

Tyyppin C muurit tehdään teräsbetonianturan varaan. Muurin sisällä olevat pystysuorat reiät raudoitetaan ja valetaan betonilla täyteen. Betonianturan ja reikien raudoitus ja valutehdään aina rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan. Muurikiven suunnitteluohjeesta löytyy tarvittava tieto suunnittelua varten.

Suorat Lammi Muurit voidaan haluttaessa tehdä myös taaksepäin kaltevaksi. Tällöin ensimmäinen kivikerros asennetaan haluttuun kaltevuuteen. Seuraavat kerrokset ladotaan samanaikaisesti taustatäytön kanssa. Kallistamalla muuria saadaan muurista tehtyä matalaa muuria korkeampi. Kallistetun muurin korkeuden määrää aina rakennesuunnittelija.

5 LASKENTAOTAKSUMAT

5.1 Materiaalien ominaisuudet

Muurikiven ja raudoituksen lujuusarvot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Muurikiven ja raudoituksen lujuus-ominaisuudet

Betoni		
Betonin lujuusluokka		
- harkko		K 30 – 2
- paikallavalubetoni		K 35 – 2
Puristuslujuus		
- ominaislujuus	$f_{ck} = 0,6 K$	21,0 MPa
- laskentalujuus	f_{ctd}	10,5aMPa
Paikallavalubetonin vetolujuus		
- ominaislujuus	$f_{ctk} = 0,15K^2$	
- laskentalujuus	f_{ctd}	1,60 MPa
Kimmokerroin	E_c	0,80 MPa
Varmuuskerroin	γ_c	27400 MPa
		2,0
Raudoitus		
- ominaislujuus	f_{yk}	A 500 HW
- laskentalujuus	f_{yd}	500 MPa
- kimmokerroin	E_s	417 MPa
- varmuuskerroin	γ_s	200000 MPa

Tukimuurin takana olevan täyttömaan sekä tukimuurin ja anturan alla olevan perusmaan ominaisuudet otaksutaan taulukon 3 mukaisiksi.

Taulukko 3. Täyttömaan ja perusmaan ominaisuudet

Täyttömaa:
Hiekka tai sora
Kitkakulma $\phi = 35^\circ$
Tilavuuspaino $r\rho_{maa} = 19$ kN/m ³
Perusmaa:
Hiekka
Sallittu pohjapaine $p_{sall} \geq 100$ kN/m ²

Tukimuurin takana olevan täyttömaan oletetaan olevan vaakasuoran

Pintakuorma $q = 1,5...2,5$ kN/m²

5.1 Maanpaine

Tukimuurin takana oleva täyttömaa aiheuttaa tukimuuriin aktiivimaanpaineen. Aktiivimaanpainekerroin on

$$k_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Kitkakulman laskenta-arvo

$$\varphi_d = \arctan \left(\frac{\tan \varphi}{1,2} \right)$$

Maanpainekertoimen laskenta-arvo

$$k_{ad} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_d}{2} \right)$$

Maanpainekertoimeen sisältyvän varmuuskertoimen lisäksi maanpaineelle ei oteta muuta varmuutta.

Laskettaessa tukimuurin taivutusmomenttia ja leikkausvoimaa käytetään maan painolle pysyvän kuorman varmuuskerrointa $\gamma_g=1,2$ ja pintakuormalle

muuttuvan kuorman varmuuskerrointa $\gamma_g=1,6$. Kokonaisvarmuus tukimuurin murtumiselle on tällöin

$\gamma_{tot}=1,8$ on RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeet taulukon 6 mukaisesti..

Tarkasteltaessa kaatumisvarmuutta käytetään maanpainekertoimen ominaisarvoa k_a ja kaatumis-liukumisvarmuudelle otetaan kokonaisvarmuudeksi 1,5 (RIL 121). Laskettaessa anturan taivutusmomenttia anturan päällä olevasta maan painosta käytetään maan tilavuuspainolle pysyvän kuorman varmuuskerrointa $\gamma_g=1,2$ ja pintakuormalle muuttuvan kuorman varmuuskerrointa $\gamma_g=1,6$.

Maanpainekuorma tukimuurin yläreunassa

$$p_1 = k_a \cdot q$$

Maanpainekuorma tukimuurin alareunassa ja anturan yläreunassa

$$p_1 + p_2 = k_a \cdot q + k_a \cdot \rho_{maa} \cdot H_{täyttö}$$

Rakenteen toiminnan kannalta mitoitettavat kohdat ovat:

1. Muurin kestävyys vaakasuuntaiselle maanpaineelle

Muurin taivutusmomentti ja taivutus-kapasiteetti muurin ja anturan liitoskohdassa

Muurin leikkausvoima ja leikkauskapasiteetti muurin ja anturan liitoskohdassa

2. Rakenteen kaatuminen ja liukuminen vaakasuuntaisesta maapaineesta

Kaatava momentti ja pystyssä pitävä momentti anturan alapinnan tasossa

Maanpaineen aiheuttama vaakavoima ja kitka anturan

3. Anturan taivutuskestävyys anturan päällä olevasta maanpainosta alapinnan tasossa

5.3 Muurin kestävyys maanpaineelle

Muurin kestävyys vaakasuuntaiselle maanpaineelle las-ketaan muurin ja anturan liitoskohdassa, matalalla ilman anturaa olevalla muurilla muurin alareunassa.

Momentti seinän alareunassa

$$M_{d1} = p_{1d} \cdot \frac{H_{täyttö}^2}{2} - \rho_{2d} \cdot \frac{H_{täyttö}^2}{6}$$

missä

$H_{täyttö}$ on maanpinnan korkeusero tukimuurin molemmiin puolin

Taivutuskapasiteettia laskettaessa seinän omalle painolle käytetään varmuuskerrointa $\gamma_g=0,9$.

Seinän taivutuskapasiteetti seinän alareunassa on

$$M_{u1} = 0,9 \cdot G_s \cdot \frac{h_{ef}}{2} \cdot \left(1 - \frac{0,9 \cdot G_s + N_s}{N_{uc}} \right) + N_s \cdot \frac{h_{ef}}{2} \cdot \left(2 \cdot \frac{d}{h_{ef}} - \frac{0,9 \cdot G_s + N_s}{N_{uc}} \right)$$

missä

$N_{uc} = b \cdot h_s \cdot f_{cd} = 1575 \text{ kN/m}$ on seinän puristus kestävyys

$b = 1000 \text{ mm}$

$h_{ef} = 210 \text{ mm}$ on seinän tehollinen paksuus viisteet vähennettynä (kuva 5)

$d = 135 \text{ mm}$ on seinän poikkileikkauksen tehollinen korkeus

$$G_s = b \cdot H_{\text{muuri}} \cdot (25 \text{ kN/m}^3) \text{ seinän reunassa}$$

H_{muuri} on seinän korkeus

$$N_s = A_s \cdot \sigma_s \leq f_{yd} \text{ on seinän raudoituksen vetovoima}$$

A_s on teräsmäärä mm^2/m

$$\sigma_s = \frac{4 \cdot k_b \cdot f_{ctd} \cdot I_b}{\phi} \leq f_{yd}$$

$k_b = 1,7$ on tartuntakerroin harjateräkselle RakMK B9:n mukaan

l_b on seinän raudoituksen tai anturasta tulevien tartuntojen ankkurointipituus tangon päästä tarkasteltavaan kohtaan

ϕ on tangon halkaisija

Leikkausvoima d :n etäisyydellä seinän alareunasta

$$V_{dl} = p_{ld} \cdot (H_{\text{täyttö}} - d) + p_{2d} \cdot \left(\frac{H_{\text{täyttö}} - d}{2} \right)$$

Leikkauskapasiteetti lasketaan RakMK B9:n kaavaa (M 3.11) soveltaen. Seinän leikkauskapasiteetti on

$$V_{uc} = 0,3 \cdot (0,9 \cdot G_s + N_s) \text{ kN/m}$$

Raudoitettu muurissa tarkistetaan käyttötilassa lisäksi halkeaman leveys momentille

$$M_{kl} = p_{1k} \cdot \frac{H_{\text{täyttö}}^2}{2} + p_{2k} \cdot \frac{H_{\text{täyttö}}^2}{6}$$

Halkeaman ominaisleveys lasketaan RakMK B4:n kaavan (2.81) mukaan. Lammi tukimuurille saadaan halkeaman ominaisleveydeksi

$$W_k = \frac{M_{kl}}{z \cdot E_s \cdot A_s} \cdot s_r$$

missä

$$s_r = 260 \text{ mm (harjateräs } \phi 10)$$

$$s_r = 285 \text{ mm (harjateräs } \phi 12)$$

Halkeaman ominaisleveys ei saa ylittää täydellä pintakuormalla q arvoa $w_k = 0,3 \text{ mm}$. ja ilman pintakuormaa arvoa $w_k = 0,2 \text{ mm}$. Näiden perusteella saadaan raudoituksen sallitukseksi jännitykseksi

$$\sigma_s = \frac{M_{kl}}{z \cdot A_s} \leq \sigma_{s,sall}$$

Täydellä pintakuormalla $q=2,5 \text{ kN/m}^2$

$$\sigma_{sall} = 230 \text{ MPa (harjateräs } \phi 10)$$

$$210 \text{ MPa (harjateräs } \phi 12)$$

Ilman pintakuormaa

$$\sigma_{sall} = 155 \text{ MPa (harjateräs } \phi 10)$$

$$140 \text{ MPa (harjateräs } \phi 12)$$

5.4 Kaatumis- ja liukumisvarmuus

5.4.1. Kaatumisvarmuus

Vaakasuuntaisen maanpaineen aiheuttama taivutusmomentti anturan alapinnan tasossa pyrkii kaatamaan rakennetta pohjapaineen resultantin vaikutuspisteen A ympäri. Kaatavaa momenttia M_{kaat} vastustaa muurin painon, anturan painon ja anturan päällä olevan maan painon aiheuttama momentti M_{pyst} pisteen A suhteen. Momentit lasketaan ominaisarvojen perusteella (kitkakulmalle ja maan painolle sekä betonin tilavuuspainolle ei käytetä osavarmuuskerrointa). Kokonaisvarmuus kaatumista vastaan on oltava vähintään $\gamma_{kaat} \geq 1,5$ eli

$$M_{pyst} \geq 1,5 \cdot M_{kaat}$$

Rakennetta kaatava momentti pohjapaineen vaikutuspisteen A suhteen on

$$M_{kaat} = p_{1k} \cdot \frac{(H_{\text{täyttö}} + H_{\text{ant}})^2}{2} + p_{2k} \cdot \frac{(H_{\text{täyttö}} + H_{\text{ant}})^2}{6}$$

Rakennetta pystyssä pitävä momentti pohjapaineen resultantin vaikutuspisteen A suhteen on

$$M_{pyst} = G_s \cdot e_s + G_{\text{ant}} \cdot e_{\text{ant}} + G_{\text{maa}} \cdot e_{\text{maa}}$$

missä

$$G_s = h_s \cdot H_{\text{muuri}} \cdot (25 \text{ kN/m}^3)$$

on seinän betonin paino

H_{muuri} on seinän korkeus

$$G_{\text{ant}} = b_{\text{ant}} \cdot h_{\text{ant}} \cdot (25 \text{ kN/m}^3)$$

on anturan paino

$$G_{\text{maa}} = (b_{\text{ant}} - h_s) \cdot H_{\text{täyttö}} \cdot \rho_{\text{maa}}$$

on anturan päällä olevan maan paino

$$e_s = \frac{h_s - x}{2}$$

on seinän painon resultantin etäisyys pisteestä A

$$e_{ant} = \frac{b_{ant} - x}{2}$$

on anturan painon resultantin etäisyys pisteestä A

$$e_{maa} = \frac{b_{ant} - h_s}{2}$$

on maan painon resultantin etäisyys pisteestä A

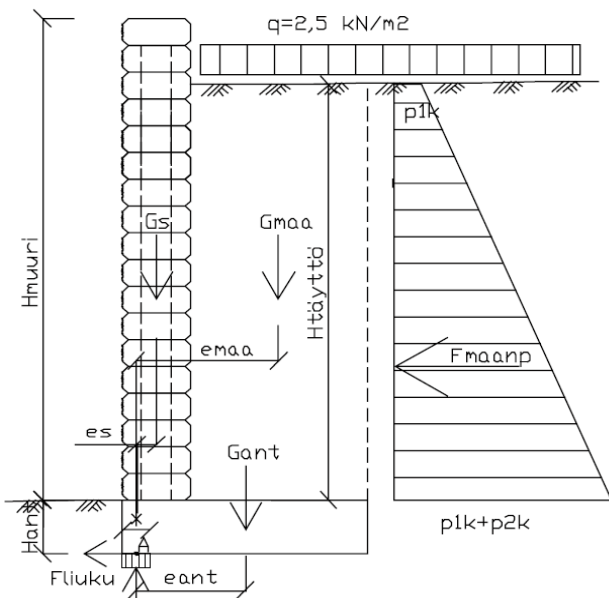
Pystykuormista $N_g = G_s + G_{ant} + G_{maa}$ aiheutuvan pohjapaineen jakautumispihuus anturan leveysuunnassa on

$$x = \frac{G_s + G_{ant} + G_{maa}}{p_{sall}}$$

missä

$p_{sall} \geq 100 \text{ kN/m}^2$ on anturan alla olevan maaperän sallittu pohjapaine.

Matalat, alle 800 mm korkeat muurit voidaan tehdä ilman anturaa, jolloin $G_{ant} = 0$ ja $G_{maa} = 0$.



Kuva 3. Muurin mitat ja kuormitus

5.4.2. Liukumisvarmuus

Vaakasuuntaisen maanpaineen resultantti pyrkii siirtämään muuria ja anturaa kokonaisuudessaan. Liukumista vastustaa anturan alapinnan ja maan välinen kitka. Kokonaisvarmuuden liukumista vastaan tulee olla vähintään 1,5 (RIL 121) eli

$$F_{kitka} \geq 1,5 \cdot F_{maanp}$$

Anturan ja maan välinen kitkavoima on

$$F_{kitka} = \mu \cdot (G_s + G_{ant} + G_{maa})$$

Anturan ja maan väliseksi kitkakertoimeksi voidaan valita $\mu = 0,5$.

Maanpaineen resultantti

$$F_{maanp} = p_{1k} \cdot (H_{täyttö} + H_{ant}) + p_{2k} \cdot \frac{(H_{täyttö} + 2 \cdot H_{ant})}{2}$$

5.5. Anturan taivutus- ja leikkauskestävyys

Anturan taivutus- ja leikkauskestävyys maan päällä olevan maan painosta. Maan painon lisäksi otetaan huomioon maan päällä oleva pintakuorma $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$.

Maan painolle käytetään pysyvän kuorman osavarmuuskerrointa $\gamma_g = 1,2$ ja pintakuormalle muuttuvan kuorman osavarmuuskerrointa $\gamma_q = 1,6$.

Kriittinen leikkaus taivutuksen suhteen on seinän takalinjassa ja leikkauskestävyyden suhteen etäisyydellä dant seinästä.

Taivutusmomentti seinän takalinjassa on

$$M_d = (\gamma_g \cdot \rho_{maa} \cdot H_{täyttö} + \gamma_q \cdot q) \cdot \frac{(b_{ant} - h_s)^2}{2}$$

Mitoittava leikkausvoima on

Anturan yläpinnan raudoitus ja leikkauskestävyys mitoitetaan tavanomaiseen tapaan RakMk B4:n mukaan

Anturan betonin lujuudeksi on mitoitustaulukoissa oletettu vähintään K 25-2:

$$V_d = (\gamma_g \cdot \rho_{maa} \cdot H_{täyttö} + \gamma_q \cdot q) \cdot (b_{ant} - h_s - d_{ant})$$

6. MITOITUSTAULUKOT

6.1 Materiaalien ominaisuudet

	Pintakuorma	
	q = 1,5 kN/m ²	q = 2,5 kN/m ²
Ilman reikien soratäyttöä	H ≤ 500 mm	H ≤ 400 mm
Reiät täytetty soralla	H ≤ 750 mm	H ≤ 650 mm

Taulukko 4. Ei-valettavan matalan tukimuurin maanpintojen välinen korkeusero H (mm).
Varmuus kaatumista ja liukumista vastaan 1,2

Korkeus H (mm) #	Muurin raudoitus / reikä			Antura K 25-2				pohjapaine p kN/m ²
	Anturan tartunnat	Raudoitus 1	Raudoitus 2	Leveys B _{ant} (mm)	Korkeus H _{ant} (mm)	Yläpinnan raudoitus	Pituussuunt. raudoitus alapinnassa	
# 800	1 Ø 10 k330			400	200	Ø 8 k300	2 Ø 8	26
# 1050	1 Ø 10 k330	1 Ø 10k330		500	200	Ø 8 k300	2 Ø 8	31
# 1300	1 Ø 10 k330	1 Ø 10k330		600	200	Ø 8 k300	2 Ø 8	37
# 1500	1 Ø 10 k330	1 Ø 10k330		700	200	Ø 8 k300	2 Ø 10	41
#1750	1 Ø 10 k330	1 Ø 10k330		800	200	Ø 8 k250	2 Ø 10	46
# 1850	1 Ø 10 k330	1 Ø 10k330		900	200	Ø 10 k200	2 Ø 10	48
# 1950	1 Ø 12 k330	1 Ø 12k330		900	200	Ø 10 k200	2 Ø 10	50
# 2100	1 Ø 12 k330	1 Ø 12k330		1000	200	Ø 10 k200	3 Ø 10	53
# 2300	2 Ø 10 k330	1 Ø 10k330	1 Ø 10k330	1100	300	Ø 10 k200	4 Ø 10	60
# 2500	2 Ø 12 k330	1 Ø 12k330	1 Ø 12k330	1200	300	Ø 10 k150	4 Ø 10	64
# 2700	2 Ø 12 k330	1 Ø 12k330	1 Ø 12k330	1300	300	Ø 10 k150	3 Ø 12	68
# 2900	3 Ø 12 k330	1 Ø 12k330	2 Ø 12k330	1400	300	Ø 12 k150	4 Ø 12	72
# 3050	3 Ø 12 k330	1 Ø 12k330	2 Ø 12k330	1500	300	Ø 12 k150	4 Ø 12	7

Taulukko 5. Valettavan tukimuurin raudoitus (A500 HW), anturan mitat ja anturan raudoitus sekä pohjapaine eri korkeuksilla

Raudoituksen betonipeite on c = 25 mm mitattuna muurikiven reiän täyttömaan puoleisesta reunasta.

1 teräs k 330: teräs joka reiässä

2 terästä k 330: 2 terästä joka reiässä

3 terästä k 330; 3 terästä joka reiässä

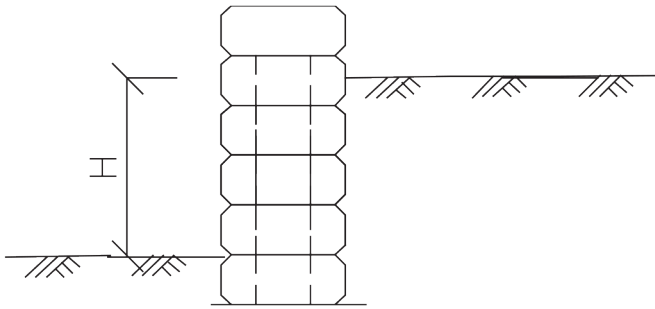
Anturasta muuriin tulevien tartunta terästen ankkurointipituus on:

Harjateräs Ø 10: lb = 600 mm

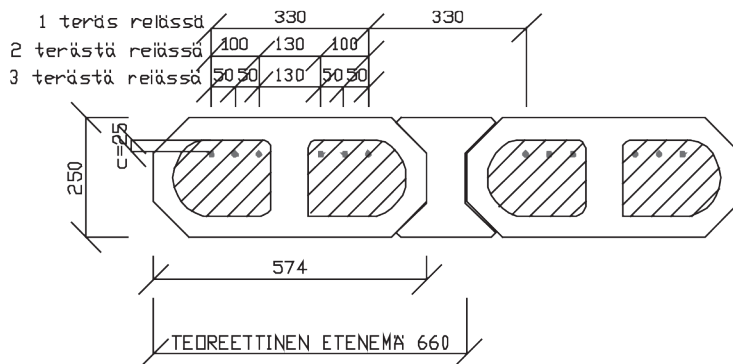
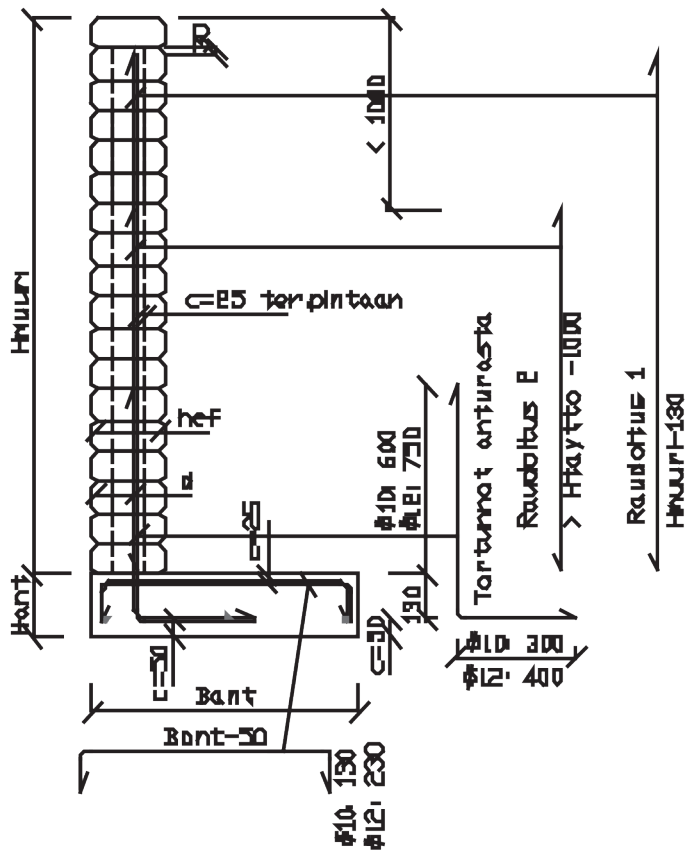
Harjateräs Ø 12: lb = 750 mm

Raudoitus 1 ulottuu muurin alareunasta korkeudelle 30 mm päällyskiven alapinnasta.

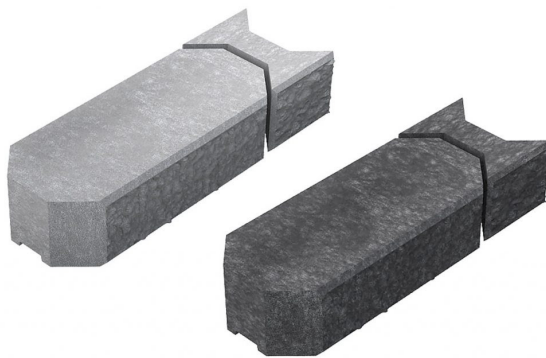
Raudoitus 2 ulottuu muurin alareunasta vähintään korkeudelle 1000 mm muurin yläpinnasta.



Kuva 4. Routimattoman perusmaan päälle ladottu matala Lammi Muuri.



Kuva 5. Korkean Lammi-tukimuurin rauditus



020 7530 400
info@lammi.fi

Lammin Betoni Oy
Paarmamäentie 8
16900 Lammi

lammi.fi



LAMMI

piha