

A 3D architectural rendering of a concrete bridge pier. The pier is shown in a cross-section, revealing its internal structure with a series of rectangular voids. A red construction tool, possibly a rebar or a formwork component, is shown inserted into the concrete. The background is dark, and the pier is illuminated from below, creating a strong contrast.

NOPEA HELPPO TARKKA

 PONTTIHARKKO

Lujabetoni
VAHVIN BETONIOSAAJA

LUJA-PONTTIHARKKOJEN SUUNNITTELUOHJE 18.6.13, VER.2

SUUNNITTELUOHJE

SISÄLTÖ

1. LUJA-PONTTIHARKOT YLEISESTI	3
1.1 Kevytsojaraharkko tuotteena	4
1.2 Ainutlaatuinen seinärakenne	4
2. HARKKOPERUSTUSTEN SUUNNITTELU	7
2.1 Yleisimmät harkkoperustustavat	7
2.2 Matala perusmuuri maanvaraisessa ja ryömintätilaisessa perustuksessa	8
2.2.1 Matalaperustuksen korkeus	8
2.2.2 Routasuojaus	9
2.2.3 Perusmuurin lämmöneristys	11
2.2.4 Perusmuurin rauditus	11
2.3 Kellarillinen perustus	13
2.3.1 Mitoitus maanpaineelle	13
2.3.2 Lämmöneristys	16
2.4 Perusmuurin pinnoitus	17
2.5 Radon	18
3. ULKOSEINÄT	19
3.1 Suunnitteluperusteet	19
3.2 Moduulimitoitus	19
3.3 Vähimmäisraudoitus	22
3.4 Rengaspalkki	23
3.5 Muuraussiteet eristeharkkoseinässä	23
3.6 Lämmöneristävyys	24
3.7 Kantavien ulkoseinien mitoitus pystykuormalle	25
3.8 Ulkoseinien mitoitus tuulikuormalle	26
3.9 Aukkojen vaikutus kantavaan seinään	29
3.10 Aukkojen ylitykset	31
3.11 Liikuntasaumamat	33
3.12 Ikkunoiden ja ovien liittyminen	34
4. VÄLISEINÄT	35
4.1 Palonkestävyys	35
4.2 Ääneneristävyys	36
4.3 Ei-kantavat väliseinät	36
4.4 Kantavat väliseinät	38
4.5 Jäykistävät seinät	39
5. SEINIEN PINNOITUS	40
5.1 Ulkoseinien pinnoitus	40
5.2 Sisäseinien tasoitus	40
6. DETALJIT	41

1. LUJA-PONTTIHARKOT YLEISESTI

Luja-ponttihakko on kevytsorasta valmistettava mittatarkka ja korkealaatuinen rakennusharkko. Ponttihakon edistyk- sellisiä ominaisuuksia ovat harkkojen ympäriponttaus sekä ohutsaumalaastin käyttö, jolloin muurauksen työmäärä vä- henee oleellisesti ja työ on huomattavasti perinteistä harkkoa nopeampaa ja tarkempaa. Myös aputyön määrä vähenee oleellisesti. Luja-ponttihakko onkin tämän päivän moderni ratkaisu kaikkiin harkkorakenteisiin.

Luja-ponttihakkoja on saatavilla sekä eristämättöminä että eristettyinä rakenneharkkoina ja 88 mm paksuina väliseinä- harkkoina. Kattavasta Luja-ponttihakkoerheestä löytyykin ratkaisu kaikkeen harkkorakentamiseen. Lujabetoni valmistaa myös betonihakkoja eli muottihakkoja tilanteisiin, joissa halutaan kevytsorarakennetta massiivisempaa tai ilmatiiviimpää rakennetta.

Tämä suunnitteluohje on laadittu suunnittelijan oppaaksi harkkorakenteen mitoitukseen ja suunnitteluun.

Suunnitteluohje perustuu Eurocode-mitoitukseen ja on yhteensopiva Eurocodeen perustuvan rakenteiden mitoituksen kanssa. Luja-ponttihakot ovat CE-merkittyjä.

Yhteyshenkilömme avustavat mielellään oikean harkon valinnassa, mikäli ohje ei ratkaise jotain suunnittelun ongelmata- tilannetta.

1.1 KEVYTSORAHARKKO TUOTTEENA

Kevytsoraharkot valmistetaan betonista, jonka pääasialliset raaka-aineet ovat kevytsora, sementti ja vesi. Kevytsora tunnetaan yleisesti myös Leca-sorana, joka on lyhenne sanoille Lightweight Expanded Clay Aggregate.

Sementti, vesi ja kevytsora sekoitetaan valmistavassa tehtaassa pakkosekoittajalla maakosteaksi betoniksi, josta puristetaan mittatarkkoja kevytsoraharkkoja muotteihin harkkotuotekoneen voimakkaan puristimen avulla. Tämän jälkeen harkot kuivatetaan ja paketoidaan lavatoimituksiin. Kevytsora on luonteeltaan huokoista runkoainetta, mikä tekee siitä erittäin hyvin lämpöä eristävän kiviaineksen. Tässä suhteessa kevytsora on uniikki betonin runkoaine ja se antaa Luja-ponttiharkoille ainutlaatuiset ominaisuudet lämmöneristävyyden suhteen. Huokoisuus antaa kevytsoraharkoille myös hyvän kestävyysjäätymistä vastaan. Kevytsora on tiivistä, mikä huokoisuuteen yhdistettynä nopeuttaa harkkojen kuivumista kosteusrasituksen jälkeen. Ilmatiiviyttä vaativissa rakenteissa kevytsoran huokoisuus on lievä haitta (esim. alapohjan ja perusmuurin liittymä), mutta tämä voidaan ratkaista suhteellisen helposti pinnoitus- ja eristeratkaisuilla.

Luja-ponttiharkkoperheen mittajärjestelmä perustuu Suomessa käytössä olevaan moduulijärjestelmään ja on 5M-moduulimittainen. Tällöin kaikkien rakennusharkkojen nimellinen pituusmitta on 500 mm. Korkeusmittana on 2M-järjestelmä, eli 200 mm, paitsi väliseinäharkossa 300 mm. 5M-moduulijärjestelmä pitää harkkojen painon alhaisena ja nopeuttaa edelleen muuraustyötä.

Kevytsoraharkkoja käytetään tyypillisesti sekä perusratkaisuina että ulkoseinärakenteissa. Kivipohjaisissa väliseinissä kevytsoraharkko on erittäin laajasti käytetty rakenne. Erikoistuotteina kevytsoraharkkoja valmistetaan myös anturaharkoiksi ja katelatoiksi kevytsoraeristetyille bitumihuopakatoille. Kevytsoraharkko on tuotteena luja ja erittäin pitkäikäinen, mutta silti helposti työstettävissä ilman timanttiteräisiä työkaluja.

Luja-ponttiharkkoa käytetään maanvaraisissa perusmuureissa 200 mm ... 420 mm leveinä. Maanpainetta vastaanottavissa seinissä leveysmitoitus on yleensä 250 mm ... 420 mm. Alle 200 mm leveitä harkkoja käytetään mm. äänieristysväliseinissä sekä erilaisissa erikoisrakenteissa. Väliseinäharkkoja käytetään sekä kosteiden tilojen seinissä,

että laadukkaan rakentamisen ääntäeristävissä väliseinissä.

Lämmöneristetyissä ulkoseinärakenteissa nykyaikainen ja energiaa säästävä valinta on 420 mm leveä harkko. Luja-ponttiharkon U-arvo on tällä leveydellä jopa tasoa 0,12 W/(m²K) ja Lujabetoni suosittelee tätä harkkoa kaikkien lämpimien ja puolilämpimien tilojen energialaskua leikkaamaan. Lämpöeristettyjä harkkoja käytetään myös sokkelirakenteissa.

1.2 AINUTLAATUINEN SEINÄRAKENNE

Luja-ponttiharkot muurataan polymeerimodifioidulla ohutsaumalaastilla, jonka tartuntakyky ja kestävyys ovat erittäin hyviä. Ohutsaumalaasti on Fescon Oy:n tuote ja kehitetty nimenomaan Luja-ponttiharkkoja varten.

Muuraustyö suoritetaan nimellispaksuudeltaan 5 mm saumauksella ja täysin ilman harkkojen päätylaastia. Harkkojen pontit ohjaavat harkot mittatarkasti toisiinsa yhteen. Harkkojen korkeus on 195 mm, jolloin 5 mm sauman kanssa ne muodostavat 200 mm korkean rakenteen (2M-mittajärjestelmä). Haluttaessa voidaan käyttää korkeampaa muuraussaumaa ja perinteistä muurauslaastiakin 20 mm saumakorkeuteen saakka.

Luja-ponttiharkkojen kanssa käytetään sekä modernia tikasraudoitetta että perinteistä harjateräsraudoitetta. Luja-ponttiharkkojen muotoilu ohjaa sekä tikasraudoitteet että harjateräkset mittatarkasti paikalleen oikeille suojaetäisyyksille. Laastitartunta luo harkon ja raudoitteen välille yhteistoiminnan ja harkkorakenne toimii teräsbetonirakenteena. Oikein asennettu muurauslaasti peittää teräkset täysin ja suojaa raudoitetta korroosiolta emäksisyydellään haastavissakin oloissa.

Luja-ponttiharkkoperheen muotoilu on suojattu EU-mallisuojalla.

LUJABETONIN KEVYTSORABETONIHARKKOJEN TEKNISET OMINAISUUDET

	PONTTI UH – JA RUH-HARKOT	PONTTI EH-420 PONTTI EH-420 KULMA PONTTI EH-420	
Kevytsorabetoni	3 / 700	4 / 750	
KUIVATIHEYS			
- Kevytsorabetoni	700	750	kg/m³
- Polyuretaani		37	kg/m³
ULKOSEINÄT			
- Vesipitoisuus	4	4	%
- Lämmönjohtavuus; täydet saumat	0,25	0,25	W/(mK)
- Lämmönjohtavuus; rakosaumat	0,21	0,21	W/(mK)
KELLARIN SEINÄT			
- Vesipitoisuus	7	7	%
- Lämmönjohtavuus; rakosaumat	0,22	0,22	W/(mK)
PERUSMUURIT			
- Vesipitoisuus	10	10	%
- Lämmönjohtavuus; rakosaumat	0,24	0,24	W/(mK)
Polyuretaani; lämmönjohtavuus		0,023	W/(mK)
Nimellispuristuslujuus f_{qm}	3	4	MPa
KEVYTSORABETONIN OMINAISLUJUUKSET			
- Puristus f_{ck}	2,1	2,8	MPa
- Taivutusvetolujuus vaakasaumojen suuntaisessa murtotasossa f_{tk1}	0,26	0,26	MPa
- Taivutusvetolujuus vaakasaumojen suuntaa vastaan kohtisuorassa murtotasossa f_{tk2}	0,3	0,4	MPa
- Leikkauslujuus f_{vk}	0,18	0,24	MPa
Materiaalin osavarmuusluku	1,8	1,8	
Kuivumiskutistuma	< 0,6	< 0,6	mm/m
Lämpölaajeneminen	$6 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	1/K

Taulukko 1. Kevytsorabetoniharkkojen tekniset ominaisuudet

LUJA-PONTTIHARKKOJEN MITAT JA PAINOT

HARKKO	PITUUS	LEVEYS	KORKEUS	KG/KPL	KPL/M ²	LAASTIME-NEKKI
	mm	mm	mm			ltr/harkko
Pontti VSH-88 puolikas	300	88	297	4,5	11,1	0,2
Pontti VSH-88	600	88	297	9,1	5,6	0,4
Pontti VSH-88 uraharkko	600	88	297	8,4	5,6	0,4
Pontti UH-100	500	100	195	6,6	10	0,5
Pontti UH-125	500	125	195	8,3	10	0,6
Pontti UH-150	500	150	195	10,0	10	0,6
Pontti RUH-200	500	200	195	11,1	10	1,0
Pontti RUH-200 kulma	500	200	195	13,0	5/m	1,1
Pontti RUH-250	500	250	195	14,5	10	1,1
Pontti RUH-250 kulma	500	250	195	15,0	5/m	1,1
Pontti RUH-300	500	300	195	16,0	10	1,2
Pontti RUH-300 kulma	500	300	195	16,9	5/m	1,7
Pontti RUH-420	500	420	195	21,8	10	1,5
Pontti RUH-420 kulma	500	420	195	24,1	5/m	2,0
Pontti EH-420	500	420	195	16,9	10	0,9
Pontti EH-420 ulkokulma	290	420	195	8,5	5/m	0,5
Pontti EH-420 sisäkulma	330	420	195	11,9	5/m	0,6
Pontti EH-420 palkki	500	420	195	13,2 ¹⁾	10	0,7

¹⁾ Ilman täyttövalua; täyttövalu 9,3 litraa/harkko

Taulukko 1. Kevytsorabetoniharkkojen tekniset ominaisuudet

2. HARKKOPERUSTUSTEN SUUNNITTELU

2.1 PERUSTAMISTAVAN VALINTA

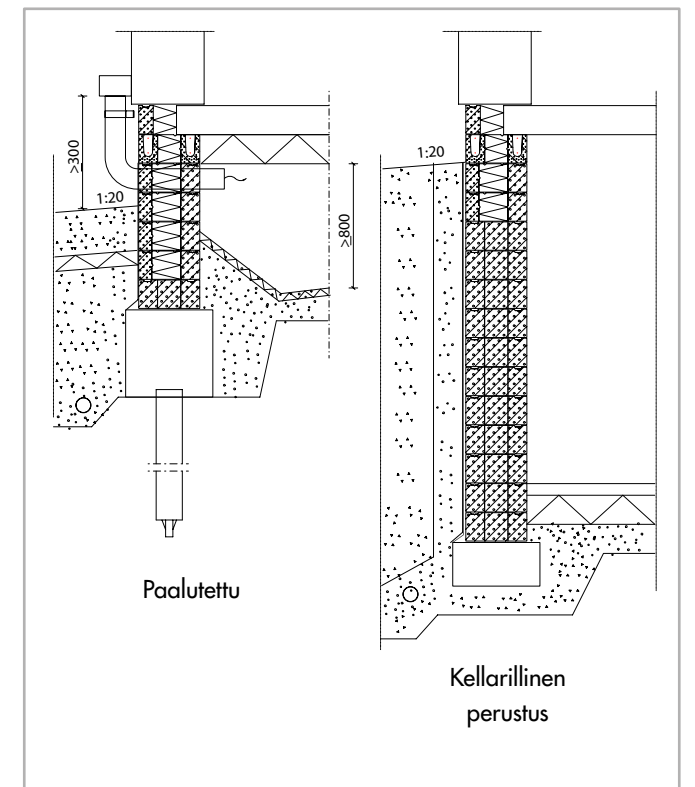
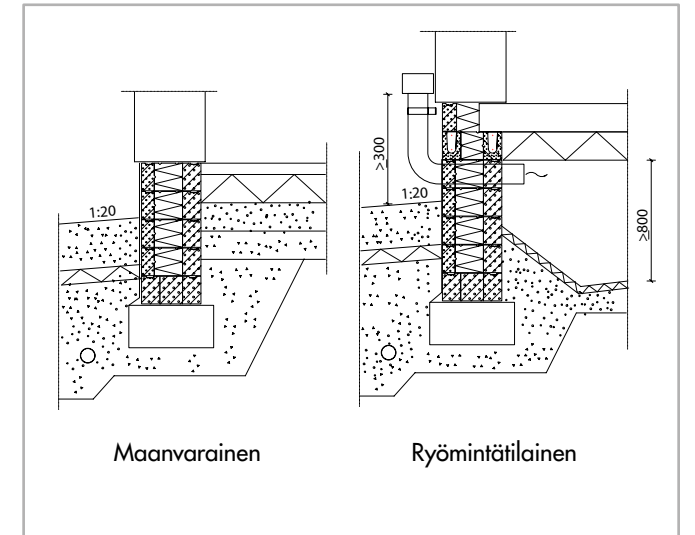
Perustustavan valinta on usean asian summa: valintaan vaikuttavat mm. tontin olosuhteet, maanpohjan laatu, rakennuksen käyttökuormat, sijainti sekä Suomessa että paikallisesti, käytettävät yläpuoliset rakenteet sekä korkeusasemat tontilla. Kellarilliset rakenteet perustetaan myös eri tavalla kuin kellarittomat.

Perustusten toiminta tulee olla riskitöntä ja varmaa, sillä niiden virheiden havaitseminen myöhemmin on vaikeaa ja korjaaminen erittäin kallista. Perustuksilla on uusimman tiedon mukaan myös merkittävä vaikutus hyvään sisäilman laatuun. Perustusten suunnittelussa ehdoton lähtökohta on luotettava ja erikoistilanteetkin kestävä rakenteellinen ja kosteustekninen toiminta. Perustukset tulisi suunnitella pienet rakennusvirheet kestäviksi sekä normaaleissa tapauksissa ilmatiiviiksi sisärakenteisiin päin. Perustussuunnittelu on aina tehtävä tapauskohtaisesti.

Perustusten ensisijainen rakenteellinen tehtävä on siirtää rakennuksen ja käyttötilanteen aiheuttamat kuormat maaperään. Perustusrakenteiden tulee myös estää maaperässä ja maanpinnalla olevien vesien pääsy rakenteiden ja rakennuksen sisään. Perustusten tulee itsessään kestää kosteutta ja jäätymis-sulamissyklejä, sekä toimia ilmatiivinä rakenteena sisäilmaan päin. Tämä tekijä on korostunut radonongelmien ja mikrobipohjaisten sisäilmaongelmien johdosta.

Perustusten kastuminen ja kosteusrasitus tulee estää niiden kestävydestä huolimatta perustusten pitkäikäisyyden takaamiseksi ja riskien minimoimiseksi. Tontti tulee muotoilla aina rakennuksesta poispäin, rakentaa riittävä salaojitus, sekä huolehtia maanalaisesta vedeneristämisestä esim. bitumieristyksellä ja/tai patolevyillä.

Maaperän muotoilun tulisi noudattaa kallistuskulmaa 1:20 ja ulospäin viettävä matka tulisi olla vähintään 3 metriä rakennuksen seinästä poispäin (15 cm lasku). Rakennuksen viereen patoutuva sulamisvesi on erityisen haitallista pitkäaikaisvaikutuksiltaan ja tämä tulee huomioida maanrakennuksen sekä piharakentamisen valvonnassa.



Kuva 1. Yleisimmät harkkoperustustavat

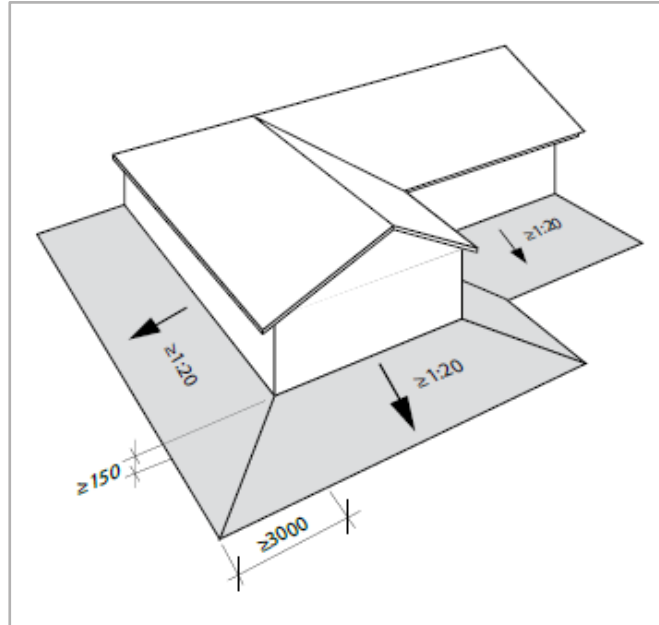
Kosteuden nousu alapohjarakenteisiin on katkaistava kapillaarisen nousun estävällä kiviaineskerroksella. Tyypillinen virhe on käyttää salaojasepeliä, jossa on yleensä mukana hienoainesta merkittäviä määriä. Tätä lajiketta ei tule käyttää, vaan pestyä kiviainesta karkeana sepelinä vähintään 200 mm:n rakennekerroksena. Perustusten pystyrakenteita vasten sisäpuolelle tulee asettaa joka kohtaan vähintään 200 mm kerros samaa sepelilajiketta.

Mikäli kevytsoraharkkorakenteeseen liittyy puu- tai tiilirakenne, on se eristettävä kosteuseristeellä kevytsorarakenteesta, vaikka Luja-Pontti-harkkorakenteen kapillaarinen nousukorkeus on hyvin pieni. Myös aluspuun ja harkkorakenteen väliin asennetaan eristys, jonka on toimittava myös ilmatiivinä katkona. Eristeenä voi toimia esim. kumibitumihoopakasta tai umpisoluihin muovinauha, mieluiten paisuvaa mallia oleva. Lisätiivisteinä voi käyttää polyuretaanivaahtoa. Tiilirakenteen alle asennettava nauha toimii samalla liikuntasaumana kahden kivipohjaisen materiaalin välillä. Eristekaistaa pitkin johdetaan pois kuorimuurin taakse mahdollisesti pääsevä vesi.

2.2 MATALA PERUSMUURI MAANVARAISESSA JA RYÖMINTÄTILAISSA PERUSTUKSESSA

Pientalojen yleisin perustamistapa on matala perusmuuri. Perusmuurin kuormitus riippuu paitsi itse rakennuksesta, myös lattian perustamistavasta: maanvarainen alapohja kuormittaa perusmuuria vähemmän kuin tuulettuva, kantava alapohja. Tästäkin huolimatta tuulettuva alapohja on suositeltavampi rakenne sisäilmaongelmien välttämiseksi: maanvaraisen alapohjan luotettava ja ilmatiivis eristäminen on oleellisesti vaikeampaa kuin tuulettuvan alapohjan. Lisäksi tiivistyksen korjaaminen on erittäin hankalaa ja maaperän kautta tulevien haitallisten, pienten ilmavuotojen havaitseminen on itsessään erittäin vaikeaa. Tuulettuva ryömintätilainen alapohja on paaluperustusten yhteydessä luontevin rakenneratkaisu. Lujabetoni suosittelee ryömintätilaista alapohjaa kaikkeen pientalorakentamiseen. Alapohjan aiheuttama lisäkuormitus on otettava huomioon perusmuurin mitoituksessa.

Matalaperustuksen korkeus on oleellinen suunnittelun lähtökohta. Ulkopuolisen maanpinnan ja sisäpuolisen lattiason korkeuseroksi suositellaan vähintään 500 mm:ä. Mikäli maaperä rakennuspaikalla on routivaa, tulisi perustussyvyyden oltava minimissään vähintään 600 mm maanpinnasta alaspäin lukien, jolloin anturan alapinta on siis 600 mm maanpinnan alapuolella. Tällöin ulkopuolisen routaeristeen päälle voidaan asentaa vähintään 300 mm suojaava maakerros, mielellään jopa enemmänkin. Perusmuurin korkeuden lisääntyessä sen pituussuuntainen jäykkyys lisääntyy, mikä antaa muurille rakenteellista suojaa paikallisia painumia vastaan. Mikäli rakennuspaikan maaperä on routimatonta ja hyvin kantavaa, voi perusmuuria madaltaa hieman. Tällöin tulee kuitenkin punnita riskin määrää suhteessa perustamisen hintaan: perusmuurin tekeminen ja kaivuussyvyyden lisääminen on kohtuullisen edullista suhteessa mahdollisten korjaustoimenpiteiden hankaluuteen ja kalleuteen. Perustamisessa tulisi välttää kaikenlaista rakenteellista riskinottoa.



Kuva 2. Maanpinnan kallistukset rakennuksen ympärillä pintavesien poisjohtamiseksi /Harkkokäsikirja/

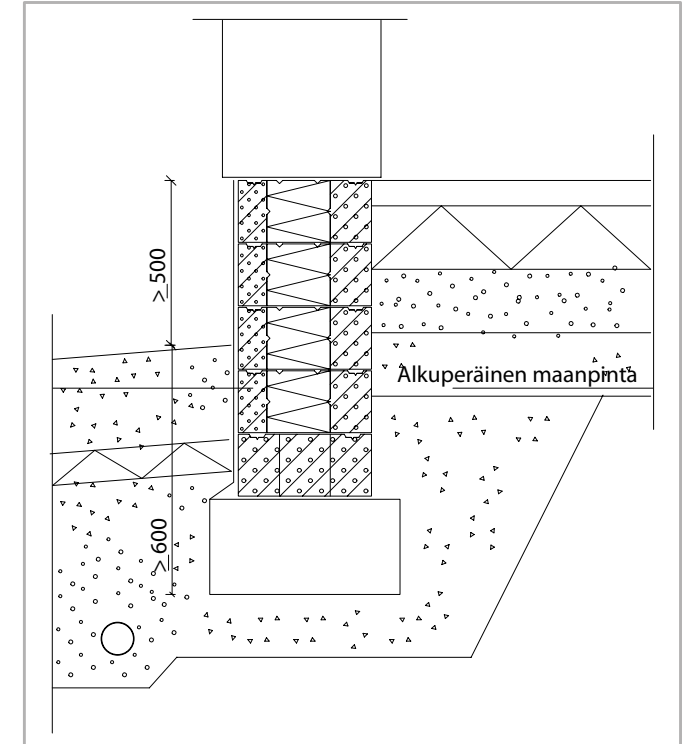
2.2.1 MATALAN PERUSMUURIN KORKEUS

Perusmuurin korkeudeksi tulee esitetyillä arvoilla minimissään 1,0 metriä eli viisi täyttä harkkokerrosta, tyypillisen 200...300 mm anturakorkeuden päälle muurattuna. Sisäpuolisten seinien anturaperustukset voivat olla ulkoseinien anturoita ylempänä. Ryömintätilaisessa alapohjassa on huomioitava ryömintätilan minimi vapaa korkeus 800 mm. Käytännössä ryömintätila kannattaisi mitoittaa hiekan minimiarvoja korkeammaksi, esimerkiksi yhden harkkokerroksen verran, sillä alapohjan alapuoliset putkivedot vähentävät merkittävästi vapaata liikkumiskorkeutta.

Anturan mitat riippuvat perustamistavasta (maanvarainen/ryömintätilainen), maapohjan sallitusta pohjapaineesta sekä perusmuurissa käytetyn harkon leveydestä. Lämpimien rakennusten perusmuureissa käytetään eristeharkkoa Pontti EH-420 ja maanpinnan alapuolella alimmissa harkkokerroksissa eristämätöntä harkkoa Pontti RUH-420. Tällöin sopiva anturan leveys on 500...600 mm ja korkeus 200...300 mm. Anturan mitoitus tulee tarkastella tapauskohtaisesti.

Paalutettujen anturoiden leveys on yleensä 600 mm ja korkeus 500...600 mm paalun koosta ja paaluvälistä riippuen. Lujabetoni suosittelee pien- ja rivitalojen paaluperustuksiin Luja-pienpaalua, joka on 180mm halkaisijaltaan oleva teräsbetoninen jatko- ja paalu. Paalutus tehdään normaalilla kaivinkoneella lisälaitteella varustettuna. Paalun kantava pinta-ala on moninkertainen kilpailuviin teräspaaluratkaisuihin verrattuna. Ratkaisu onkin tätä kautta erittäin kustannustehokas ja kilpailukykyinen.

Väliseinien anturoiden leveys riippuu seinässä käytetyn harkon leveydestä ja maaperän sallitusta pohjapaineesta. Työteknisesti voi olla edullista käyttää samaa anturaleveyttä, mikäli anturassa käytetään anturaharkkoa tai valmis-muottianturoita.



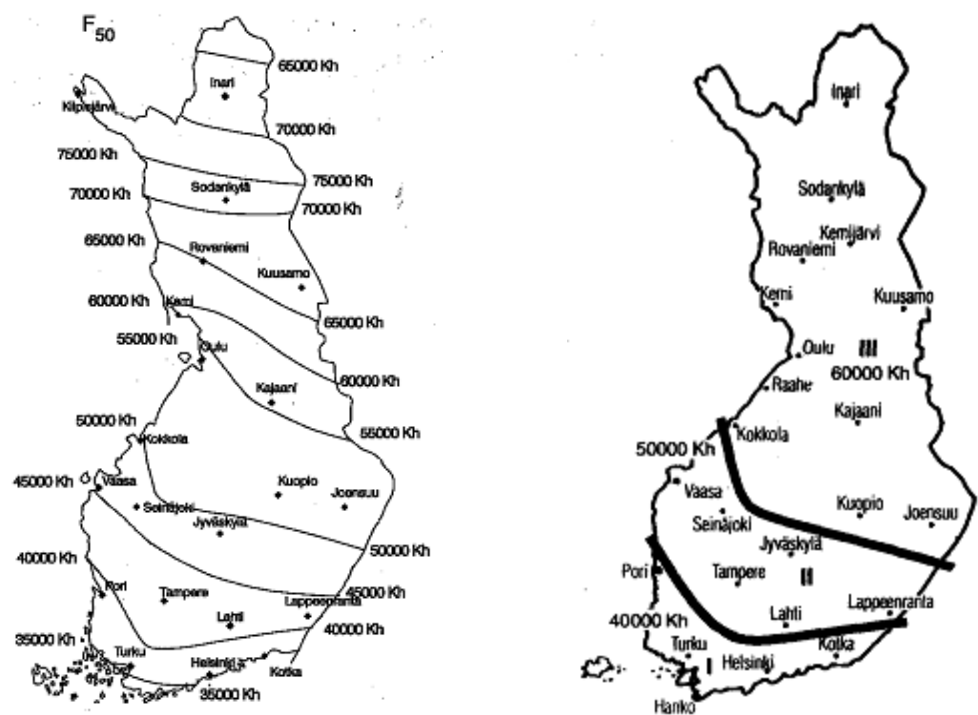
Kuva 3. Matalaperustuksen korkeus

2.2.2 ROUTASUOJAUS

Routasyvyys eli roudattoman (jäätymättömän) maan syvyys vaihtelee Suomessa maalajista ja paikkakunnan pakkasmäärästä riippuen välillä 1,5 m...3,0 m. Kun anturataso perustetaan routasyvyyden yläpuolelle, kuten hyvin tyypillinen ratkaisu on, tulee perustusten alla olevan maaperän jäätyminen estää riittävällä routasuojauksella.

Kevytsoraharkkoperustus on itsessään hyvin lämpöä eristävä eikä se muodosta kylmäsiltaa maaperään. Tällöin perustamissyvyys routaa vastaan voi olla jonkin verran matalampi kuin esimerkiksi betoniharkkoperustuksissa.

Kuvassa 4. on esitetty Suomen norminmukaiset pakkasmäärät ja routasuojauksen mitoitusilmastovyöhykkeet. Mitoitusilmastovyöhykkeitä on kolme: Ilmastovyöhyke I; pakkasmäärä alle 40.000 Kh, ilmastovyöhyke II; pakkasmäärä 40.000...50.000 Kh ja ilmastovyöhyke III; pakkasmäärä yli 50.000 Kh.



Kuva 4. Pakkasmäärät F_{50} ja routasuojauksen ilmastovyöhykkeet

Taulukossa 3. on esitetty eri ilmastovyöhykkeiden vaikutus Luja-ponttiharkkoperustuksen vaatimaan routasuojauksen leveyteen ja paksuuteen, kun mitoitusarvot ovat seuraavat:

Perustamissyvyys yhtä suuri kuin 0,75m
Maanvaraisen alapohjan lämmönvastus $m_a = 5 \dots 10 \text{ m}^2\text{K/W}$,
Ryömintätilaisen alapohjan lämmönvastus $m_a = 5,3 \dots 6,25 \text{ m}^2\text{K/W}$
Routaeristeen $\lambda_{\text{design}} = 0,043 \text{ W/(Km)}$ (vastaten EPS 120 Routa -eristettä)

KEVYTSORAHARKKOPERUSTUKSEN ROUTAERISTYKSEN PAKSUUS ERI ILMASTOVYÖHYKKEISSÄ						
	MAANVARAINEN ALAPOHJA			RYÖMINTÄTILAINEN ALAPOHJA		
	Ilmastovyöhyke			Ilmastovyöhyke		
	I	II	III	I	II	III
Eristeen leveys [m]	1,2	1,2	1,5	1,2	1,5	2,0
	Eristyspaksuus [mm]			Eristyspaksuus [mm]		
	I	II	III	I	II	III
Seinälinja	50	70	120	70	120	150
Ulkonurkka	70	100	150	100	150	200

Taulukko 3. Kevytsoraharkkoperustuksen routaeristyspaksuus eri ilmastovyöhykkeissä

2.2.3 PERUSMUURIN LÄMMÖNERISTYS

Perusmuurin lämmöneristysten tulee olla riittävät, jotta alapohjan kautta maaperään johtuvan lämmön siirtymisen perusmuurin kautta ulkoilmaan olisi vähäistä. Erityisen tärkeää tämä on ryömintätilaisen alapohjan tapauksessa.

Perusmuurin maanpäällisellä osalla käytetään eristeharkkoa. Perusmuurin eristeen tulee ulottua maanpinnan alapuolella routasuojauksen alapintaan asti. Perusmuurin lämmöneristävyyttä voidaan parantaa sisäpuolisella lisäeristyksellä.

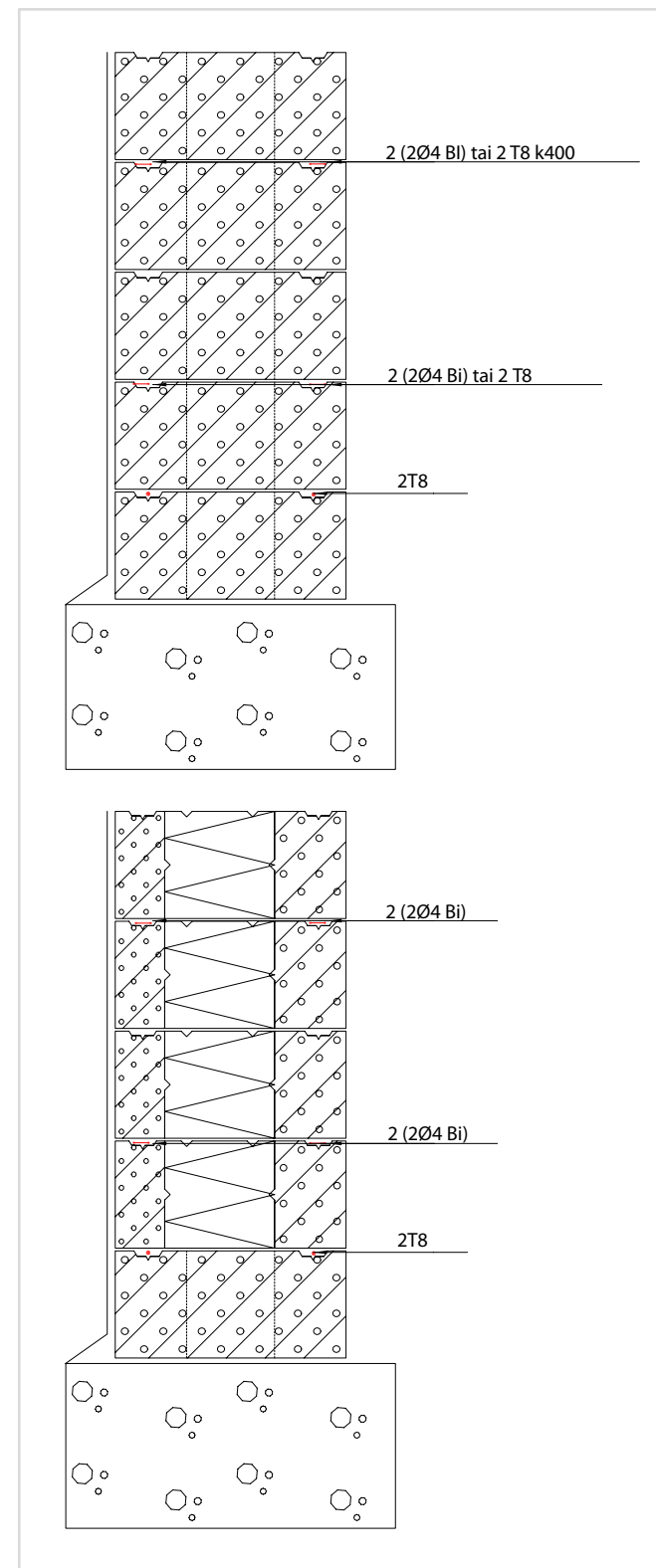
Jos lattialaatta on perusmuurin yläpinnan yläpuolella, ei eristeharkkoa välttämättä tarvita. Jos taas lattialaatta on perusmuurin yläpinnan tasossa, käytetään ylimmissä kerroksissa eristeharkkoa.

Riippuen seinärakenteen vaatimasta tukipinnasta käytetään ylimpänä harkkona eristeharkkoa, eristämätöntä harkkoa tai palkkiharkkoa. Tarvittaessa käytetään perusmuurin sisäpuolella lisäeristystä.

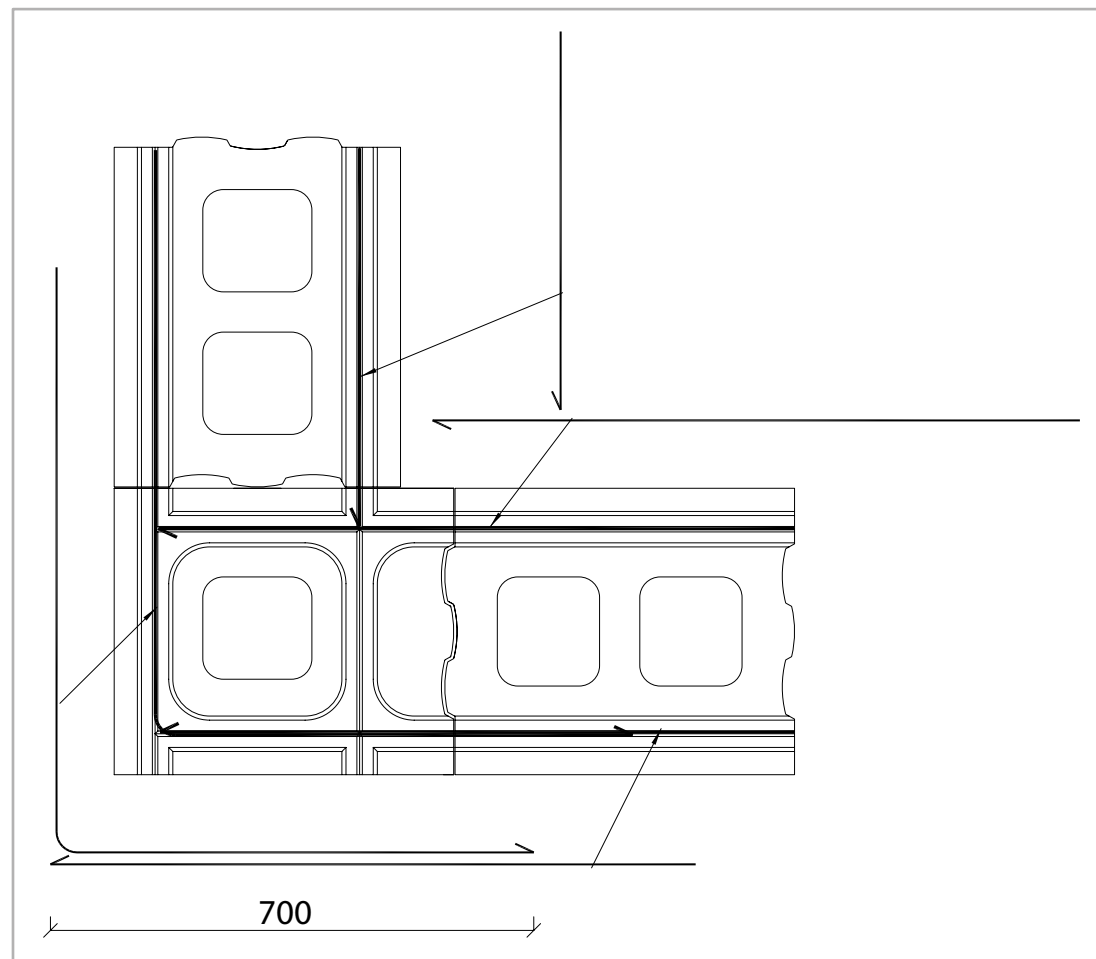
2.2.4 PERUSMUURIN RAUDOITUS

Perusmuuriin sijoitetaan vaakasuuntaiset harjateräksiset T8 ylimpään vaakasaumaan ja sokkelihalkaisun alapuoliseen vaakasaumaan. Myös radonkatkon yläpuoliseen saumaan laitetaan harjateräksiset T8. Raudoitusta asennetaan harkon yläpinnassa olevaan laastiin täytettyyn uraan. Harkkojen muurauksen yhteydessä on huolehdittava siitä, että laasti muodostaa raudoitukselle riittävän betonipeitteen.

Harkoissa käytettyjen raudotteiden betonipeitteet on määritetty SFS-EN-1996-1-1 mukaan, joten ympäristön rasisitusluokassa MX4 tulee käyttää ruostumatonta tai sinkittyä raudoitusta. Nurkissa teräksiset limitetään 700 mm kuvan 6 mukaisesti. Antura raudoitetaan rakennesuunnitelmien mukaan jatkuvalla raudoituksella, jonka tarkoituksena on vähentää kutistumasta aiheutuvaa halkeilua ja parantaa anturan kestävyyttä maapohjan painumaeroja vastaan.



Kuva 5. Perusmuurin raudoitus $T=A500HW$ harjateräksiset tai vast.; Bi= tikasraudoite Bi40 tai Bi37R (kuva 14)



Kuva 6. Nurkan raudoitus

2.3 KELLARILLINEN PERUSTUS

2.3.1 MITOITUS MAANPAINEELLE

Kellarin seiniä rasittaa yleensä yläpuolisilta rakenteilta tuleva pystykuorma sekä ulkopuolinen maanpaine. Aukotoman Luja-Ponttiharkkoseinän kestävyys pientaloissa pystykuormille on yleensä riittävä. Aukollisissa seinissä tarkistetaan aukon pielen puristuskestävyys.

Maanpaineelle kellarin Luja-Ponttiharkkoseinissä käytetään vaakasuuntaista raudoitusta. Tällöin seinä toimii vaakasuunnassa siirtäen maanpaineen poikittaisille ulko- ja väliseinille. Pystykuormitetussa seinässä sen tukeututessa yläreunastaan betonirakenteeseen välipohjaan ja alareunastaan anturaan voi osa kuormasta siirtyä myös pystysuunnassa.

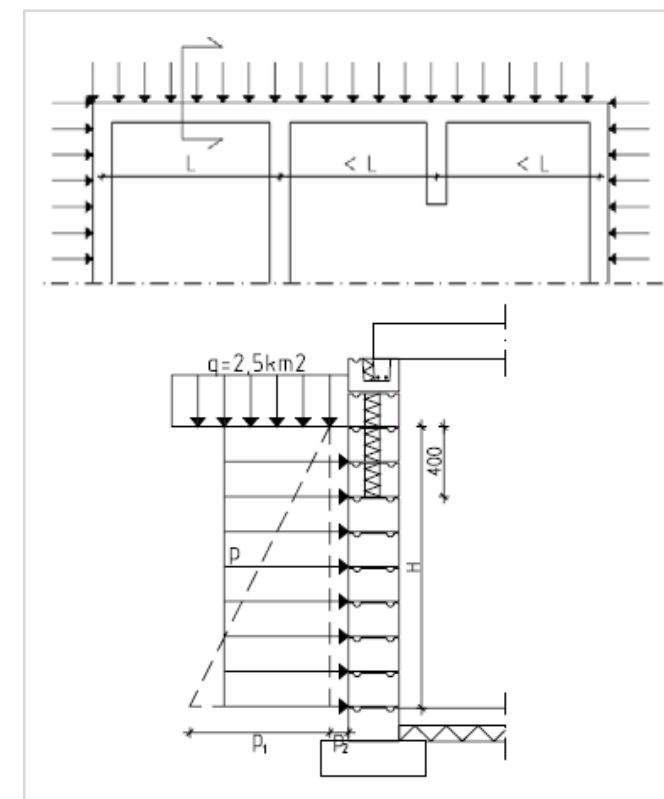
Harkkopilasterit tai teräs- ja betonipilarit toimivat tarvittaessa lisätukena mikäli poikittaisia tukiseiniä ei ole riittävästi.

Kellarin seinien mitoitus maanpaineelle tehdään Harkkokäsikirjan liitteen 1 mukaisesti. Seinän ulko- ja sisäpinnoissa suositellaan käytettäväksi samanlaista koko kellarin ympäri jatkuvaa raudoitusta. Raudoituksena käytetään yleensä kaksi harjaterästä T8 joko joka toisessa tai jokaisessa vaakasaumassa. Teräkset sijoitetaan harkon päällä oleviin raudoitusuriin ja jatketaan limittämällä. Harjateräksen T8 jatkospituus on 700 mm. Sisäpinnan raudoitus jatketaan ensisijaisesti tukien kohdalla ja ulkopinnan raudoitus keskellä aukkoa. Kuvassa 6 on esitetty nurkan raudoitus.

Kellarin seinän vierusta tulee täyttää karkealla, routimattomalla ja hyvin vettä läpäisevällä soralla. Tällöin mitoituksessa voidaan käyttää kitkamaan maanpaine arvoja. Koska seinä on vaakaraidoitettu, voidaan maanpaine mitoituksessa olettaa tasaisesti jakautuneeksi seinän eristämättömän osan korkeudelle. Kuvassa 7 on esitetty maanpaineen arvoja murtorajatilassa eri täyttökorkkeuksilla, kun pintakuorma on $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$, mikä vastaa kevyiden ajoneuvojen aiheuttamaa kuormaa. Sokkelihalkaisu ulottuu 0,4 m maanpinnan alapuolelle.

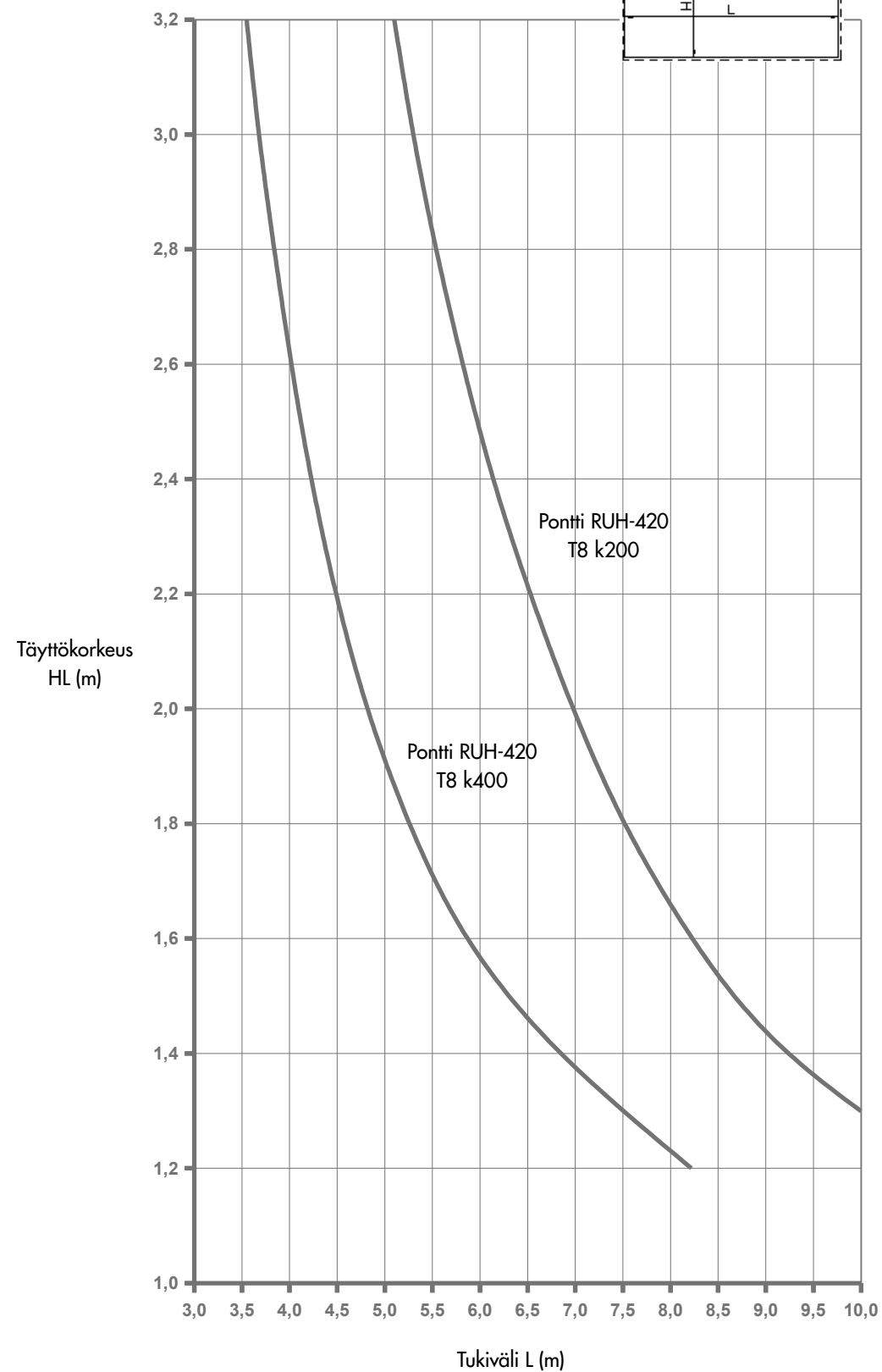
TÄYTTÖKORKEUS [m]	MAANPAINEEN LASKENTA-ARVO P_{Ed} [kN/m ²]
1,2	6,3
1,4	7,0
1,6	7,6
1,8	8,3
2,0	9,1
2,2	9,8
2,4	10,6
2,6	11,3
2,8	12,1
3,0	12,9
3,2	13,6
$P_1 = 5,6 \cdot H$ $P = 0,31 \cdot q$	

Taulukko 4



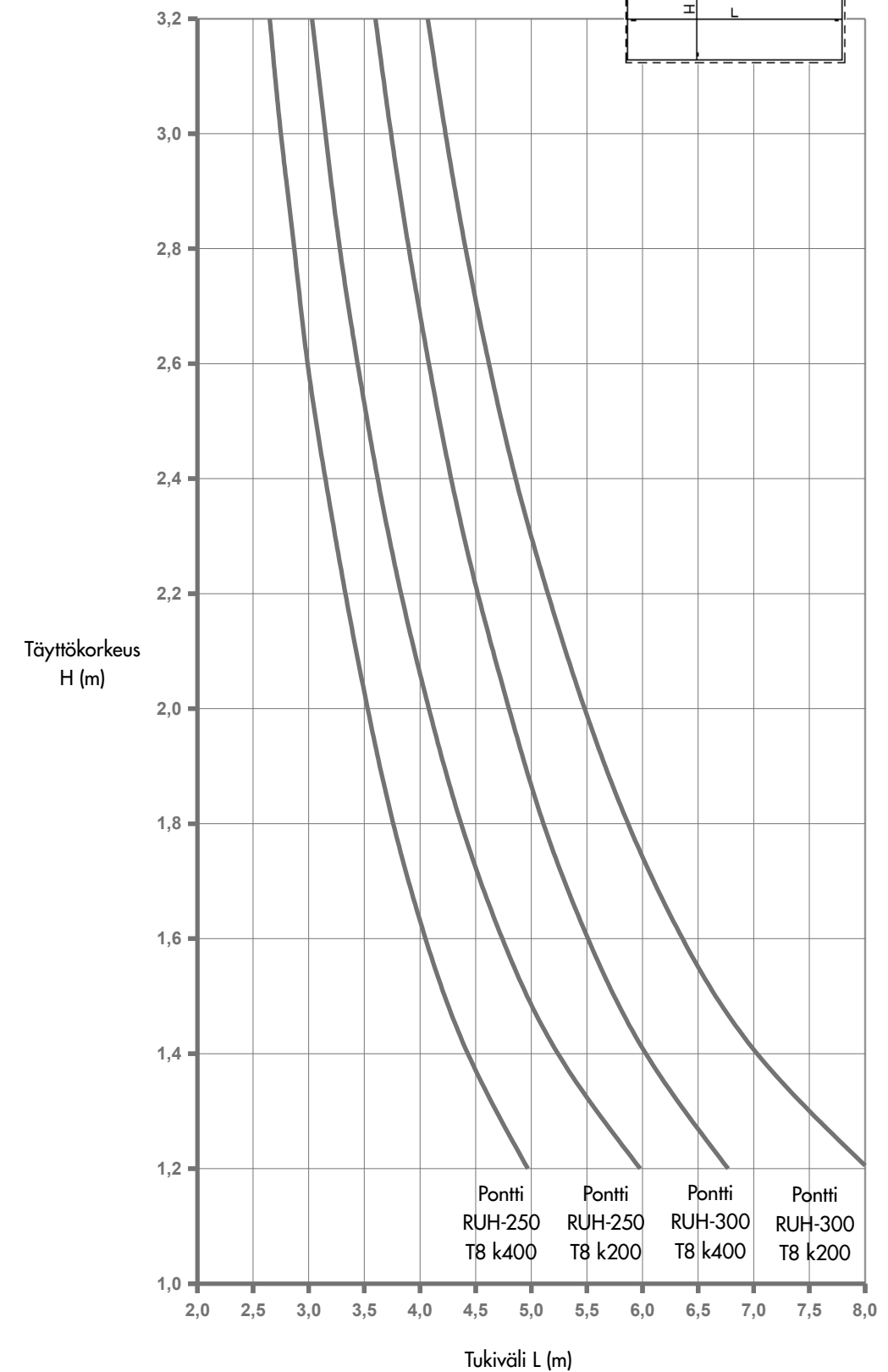
Kuva 7. Vaakaraidoitettun kellarin seinän maanpaine, kitkamaa

Maanpaineseinän Pontti RUH-420 enimmäistukivälit



Kuva 8.
Maanpaineseinän
maksimitukivälit,
raudoitus T=A500HW.
Jatkuvassa useamman
poikittaisen väliseinän
ohi menevällä seinällä
tukiväliä voidaan
kasvattaa 10 %.

Maanpaineseinän Pontti RUH-250
ja Pontti RUH-300 enimmäistukivälit



Kuva 8.
Maanpaineseinän
maksimitukivälit,
raudoitus T=A500HW.
Jatkuvassa useamman
poikittaisen väliseinän
ohi menevällä seinällä
tukiväliä voidaan
kasvattaa 10 %.

2.3.2 LÄMMÖNERISTYS

Kellarin seinältä vaadittava lämmöneristys määräytyy kellarin käyttötarkoituksen mukaan. Lämpimän kellaritilan lämmöneristysvaatimus on sama kuin asuinhuoneiden ulkoseinien. Kellarin seinän lämmöneristystäarkasteltaessa otetaan huomioon maanpinnan alapuolella maan lämmönvastus.

Maata vasten olevan lämpimän kellaritilan seinän U-arvo vaatimus on 0,16 W/(m²K). Siltä osin kun seinä on ulkoilmaa vasten, on vaatimustaso 0,17 W/(m²K). Kellarin seinässä on yleensä lämpövastukseltaan useampia vyöhykkeitä (maanpäällinen osa, lähellä maanpintaa oleva eristetty osa sekä syvemmällä oleva eristämätön osa). Kellarin seinän lämmöneristävyyden vaatimusten täyttymistä voidaan

arvioida tarkastelemalla seinän keskimääräistä lämmöneristävyttä. Riittävä lämmöneristävyys saavutetaan käyttämällä maanpinnan yläpuolisissa osissa eristettyjä harkkoja ja maanpinnan alapuolella eristämättömiä harkkoja ottamaan vastaan maanpaineen aiheuttamat rasitukset. Eristetyt harkot ulottuvat 400 mm maanpinnan alapuolelle. Tarvittaessa käytetään lisänä ulkopuolista lämmöneristystä.

Täyttökorkeuden eli maanpinnan ja kellarin lattian välisen eron ollessa pieni (alle 0,7 m), seinän U-arvo 0,16 W/(m²K) saavutetaan usein ilman lisälämmöneristystäkin.

Taulukossa 5 on esitetty Luja-Ponttiharkkoseinien U-arvoja W/(m²K).

LUJA-PONTTIHARKKOSEINIEN U-ARVOT				
HARKKOTYYPPI	HARKON LEVEYS (mm)	MAAN PÄÄLLÄ	MAANPINNAN ALAPUOLELLA	
			0 ... 1 m	> 1 m
Pontti RUH- 250	250	0,74	0,60	0,33
Pontti RUH-300	300	0,63	0,53	0,30
Pontti RUH-420	420	0,46	0,41	0,26
Pontti EH-420 Polyuretaanivaahto vaakasaumassa	420	0,12	0,12	-
Pontti EH-420 Ilmaraollinen vaakasauma	420	0,13	0,13	

Taulukko 5. Luja-Ponttiharkkoseinien U-arvot

Seuraavassa taulukossa on esitetty seinän keskimääräinen U-arvo W/(m²K), kun lisälämmöneristeenä on EPS/XPS, jonka lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo λ_{design} =0,035 W/(m²K). Taulukon arvot pätevät, kun kellarin vapaa korkeus on 2,5 m ja seinän maanpäällinen osuus on 400 mm ja eristeharkko ulottuu 400 mm maanpinnan alapuolelle. Maanpäällisessä osuudessa on käytetty eristeharkkoa Pontti EH-420 ja maanalaisessa osassa harkkoa Pontti RUH-420.

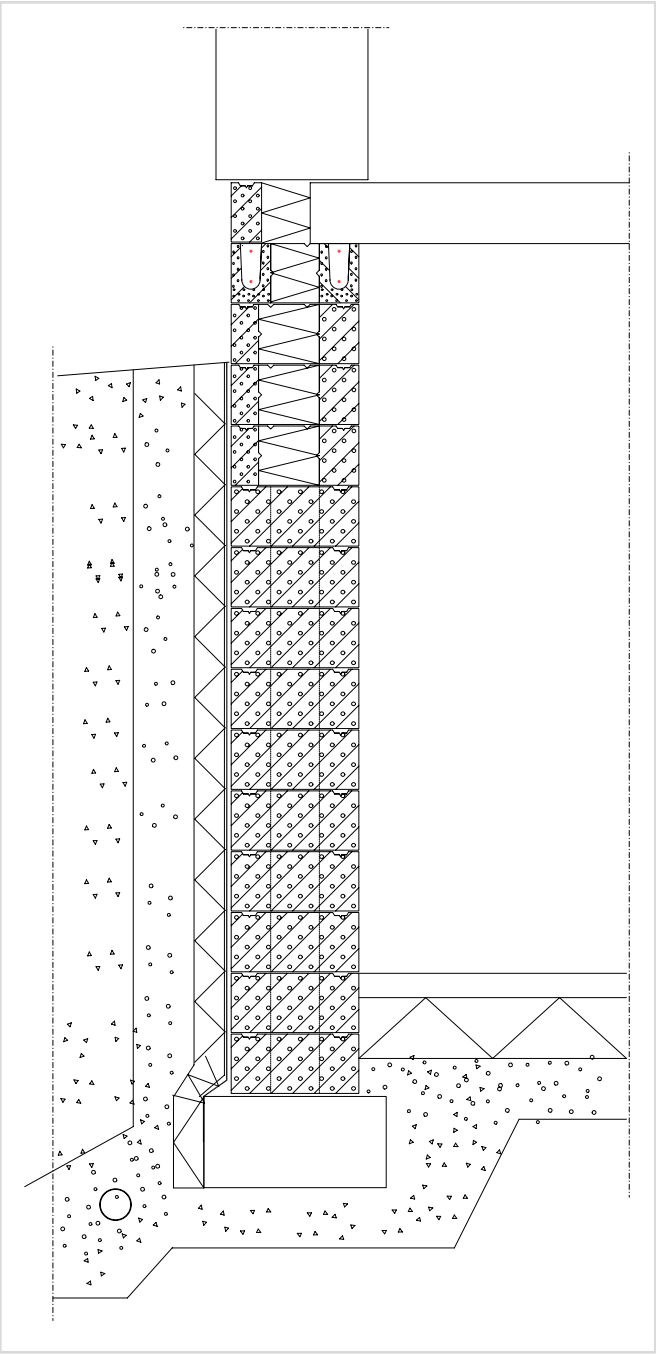
LISÄLÄMMÖNERISTYS EPS/XPS	U-ARVO W/(M²K)
100 mm	0,16
150 mm	0,13
200 mm	0,12

Taulukko 6.

2.4 PERUSMUURIN PINNOITUS

Matalaperusteinen perusmuuri ja kellarin seinä on pinnoitettava laastilla (esim. sokkelilaasti tai ohutrappauslaasti) sekä maanpinnan yläpuolisilta että maanpinnan alapuolisilta osilta. Näkyviltä osiltaan perustus on myös mahdollista pinnoittaa rouhepinnoitteella. Karkea pinta kestää parhaiten maanpinnan läheiset ankarat säärasitukset. Värilliseen rappaukseen voidaan käyttää silikonihartsipohjaista laastia tai maalia.

Kellarin seinään tulee tehdä ulkopuolinen kosteuseristys esim. kumibitumikermillä tai perusmuurilevyllä. Tarvittaessa kosteuseristys tehdään myös matalaperustuksen sokkeleihin. Ennen kosteuseristysten asentamista harkkoseinä on pinnoitettava.



Kuva 9. Kellarin seinän lisälämmöneristys

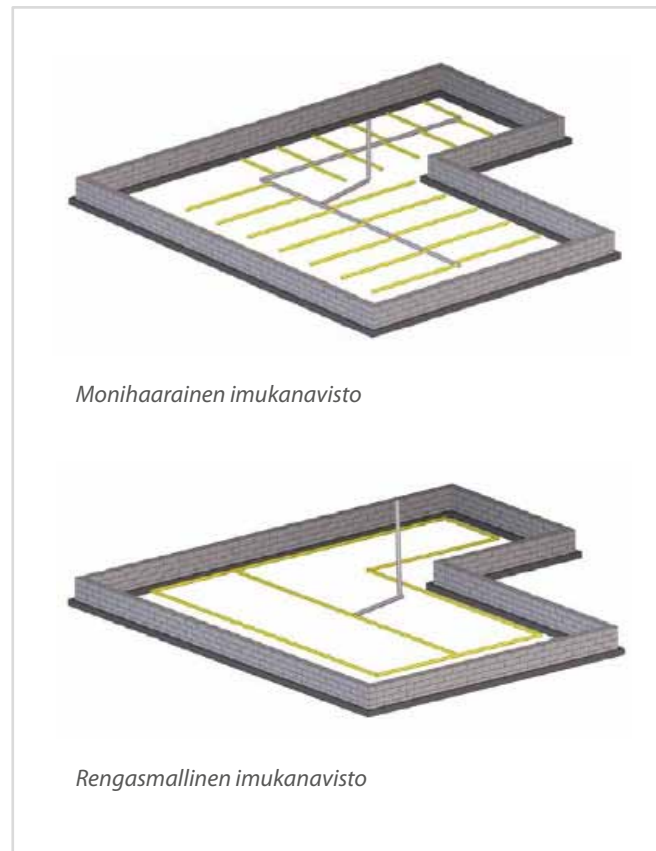
2.5. RADON

Perustukset on tiivistettävä siten, että radonkaasun pääsy sisätiloihin on estetty. Alapohjan halkeilematon ja aukoton betonilaatta riittää normaalisti estämään radonkaasujen pääsyn yläpuolisiin tiloihin. Kaikki liitoskohdat ja läpiviennit on huolella tiivistettävä. Alapohjan ja harkkosokkelin välinen liitos tiivistetään kumibitumikermikaistalla. Tarkempia ohjeita on esitetty esim. RT-kortissa RT81-10791 Radonin torjunta sekä RT-tarvikekortissa RT 38056 Perustusten kosteuden ja radonin eristys, Katepal Oy.

Tiivistämisen lisäksi tulee varautua radonin poistoon alustan tuuletusjärjestelmällä. Alapohjan alle kapillaarikerrokseen asennetaan salaojaputkista imukanavisto ja siitä poistoputki ja tarvittaessa poistopuhallin vesikatolle.

Tuuletettua ryömintätilaa käytettäessä erillinen radontuuletusjärjestelmä ei ole tarpeen, vaan radonkaasun poistoon riittää yleensä ryömintätilan normaalit tuuletusaukot.

Radonalueilla matala perusmuuri on pinnoitettava molemmin puolin riittävän ilmatiiveyden saavuttamiseksi. Radonalueilla kellarin seinän ulkopuolisena kosteuseristeenä tulee käyttää kumibitumikermiä. Kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi ulkopuolinen lämmöneriste sijoitetaan vesieristyksen ulkopuolelle.



Kuva 10. Radon-imukanavisto

3. ULKOSEINÄT

3.1 SUUNNITTELUPERUSTEET

Luja-Pontti-harkkoseinät suunnitellaan Eurokoodin SFS-EN 1996-1-1 ja SFS-EN 1996-1-2 sekä niiden kansallisten liitteiden mukaisesti. Suunnitteluohje perustuu tähän ohjeeseen ja on laadittu käyttäen osavarmuusmenetelmää. Tässä suunnitteluohjeessa esitetyt kestävyysarvot on laskettu em. Eurokoodin mukaan ja vastaavat kestävyysarvot murtorajatilan mukaisia laskenta-arvoja, joita verrataan osavarmuusluvulla kerrottujen kuormien aiheuttamiin rasituksiin. Kuormat määritetään SFS-EN-1991-1 ja SFS-EN-1990 sekä näiden kansallisten liitteiden mukaisesti.

Kantavien rakenteiden mitoituksessa eristeharkkojen eristeen ja muuraussiteiden ei oleteta siirtävän voimia, joten eristeharkkojen molemmat kuoret toimivat pystykuormalle ja taipuudelle erillisinä. Tuulikuorman voidaan kuitenkin olettaa siirtyvän eristeen välityksellä myös toiselle kuorelle ja jakautuvan molemmille kuorille niiden jäykkyyksien suhteessa. Eristeharkossa oletetaan toisen vähemmän kuormitetun kuoren jäykistävän rakennetta nurjahduksen suhteen. Eristeharkoissa sisäkuori toimii yleensä pystykuormia kantavana rakenteena.

3.2 MODUULIMITOITUS

Harkon liittymismitta pystysuunnassa sauman keskeltä keskelle on 200 mm (2 M) ja vaakasuunnassa 500 mm (5M). Harkkoseinien suunnittelussa tulee ottaa huomioon harkon pystymoduuli. Ikkunoiden ja ovien yläreunat on hyvä suunnitella samaan korkoon. Maanvaraisen lattian pinta sijoitetaan harkon korkeuden puoliväliin, jolloin ovien liittymismitta 2100 mm tai 2300 mm sopii harkkojakoon (oven yläreuna tulee harkon sauman kohdalle).

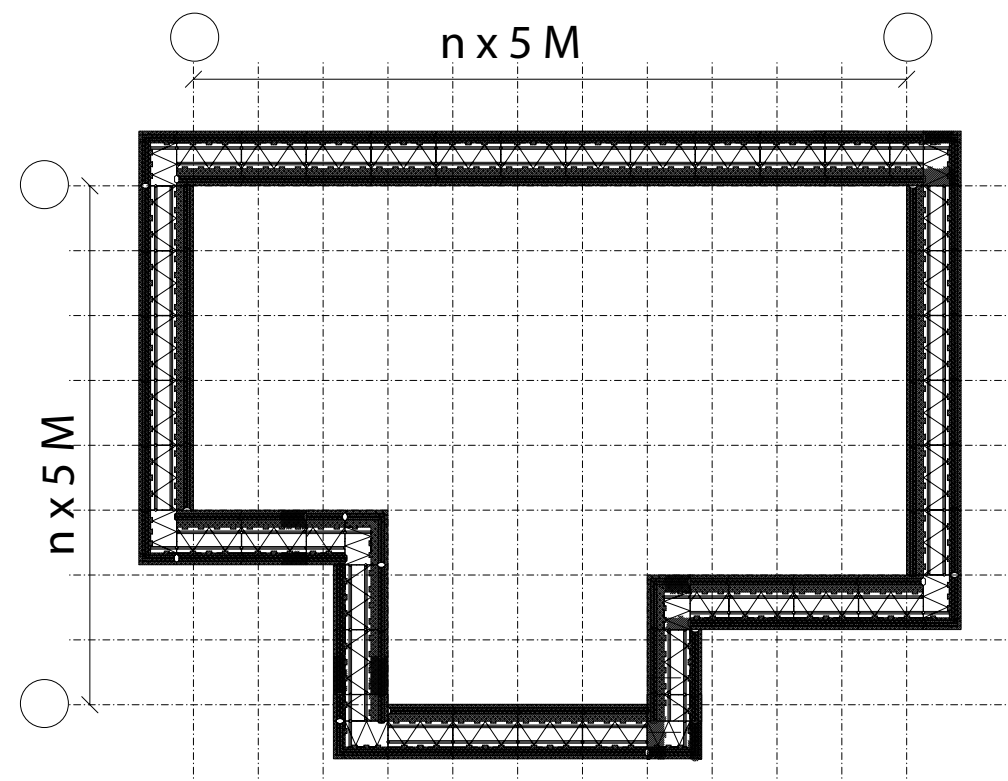
Harkkoseinän päälle tuleva ontelolaatta asennetaan yleensä 20 mm korkuisten asennuspalojen päälle, joten laatan ja alapuolisen harkon välinen sauma on 20 mm. Laatan yläpinnan ja yläpuolisen harkon välinen sauma on yleensä 10 mm. Laatan kohdalla ulkokuoressa voidaan käyttää leikattua eristeharkkoa (sisäkuori ja osa eristeestä poistettu) tai kapeampaa umpiharkkoa (Pontti UH-100 tai Pontti UH-125).

175 mm korkeata ontelolaatta käytettäessä laatan vaatima korkeus saumoineen on 205 mm ja 200 mm korkealla ontelolaatalla 235 mm. Pientaloissa vapaan huonekorkeuden tulee olla vähintään 2400 mm. Harkkorakennetta käytettäessä huonekorkeudeksi kuitenkin suositellaan 2500 mm, mikä sopii paremmin harkon 200 mm:n moduuliin, kun ovi- ja ikkuna-aukkojen liittymismittat otetaan huomioon.

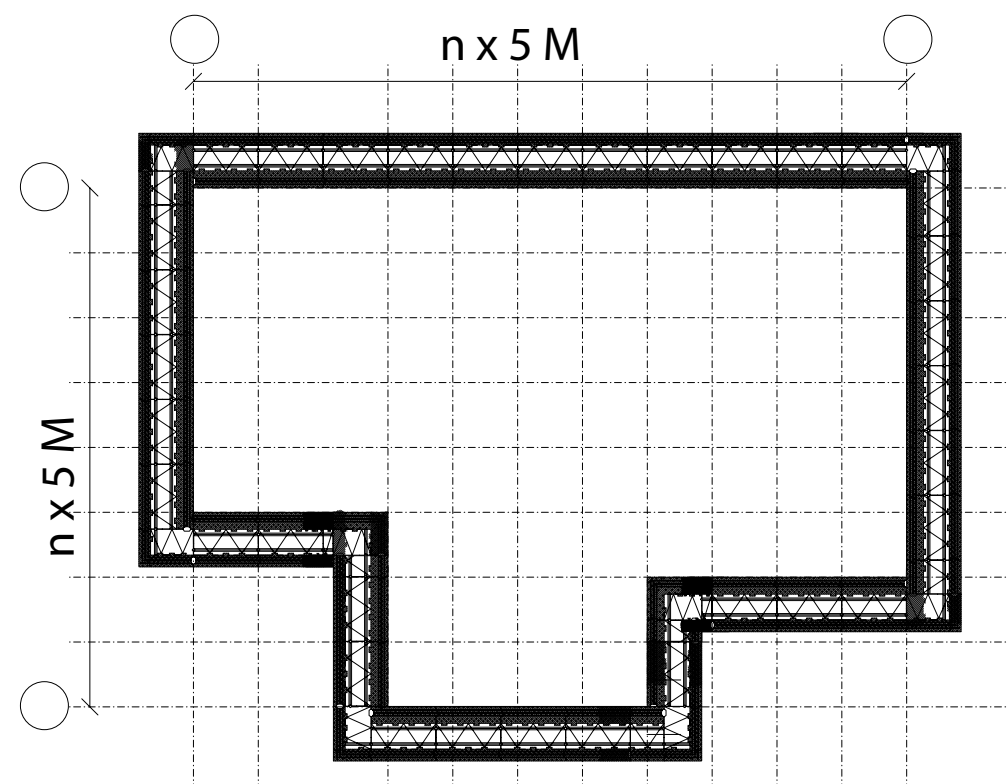
Luja-pontti-harkot ovat helposti työstettävissä, joten rakennusten suunnittelussa voidaan hyödyntää muitakin kuin moduulimitoitusta. Käytettäessä 5 M moduulijakoa siten, että moduulilinjat ovat seinien sisäpinnoilla, voidaan vähentää materiaalimenekkiä. Tällöin seinän ulkomitaksi tulee $n \cdot 5M + 2 \cdot \text{harkon leveys}$. Nurkkaharkot muurataan kerroksittain joko rakennuksen pituus- tai poikkisuuntaan. Vaihtamalla nurkkaharkkojen suuntaa kerroksittain saadaan aikaan harkkokerrosten välinen limitus. Toisessa suunnassa joudutaan yleensä käyttämään täydestä harkosta leikattua sovituspaloa. Kahden päällekkäisen kerroksen sovituspalojen kokonaismitta on yhden harkon pituudesta (sisämitta $n \cdot 5M$). Jos rakennuksen sisämitta on $n \cdot 5M - 130$ mm, ei sovituspaloja tarvita.

Pystysuuntaisessa mitoituksessa on otettava huomioon että ikkuna- ja ovikarmien standardikorkeudet ovat $n \cdot M - 10$ mm. Kun saumapaksuus on 5 mm tulee aukon korkeudeksi $n \cdot 2M + 5$ mm ja asennusvaraksi 15 mm, mikä tulee ottaa huomioon muuraustyön yhteydessä. Käyttämällä 10 ... 20 mm standardikorkeutta matalampaa karmia saadaan riittävästi asennusvaraa. Ikkunoita hankittaessa tulee ottaa huomioon suositeltava 15 mm:n asennus- ja tiivistysvara.

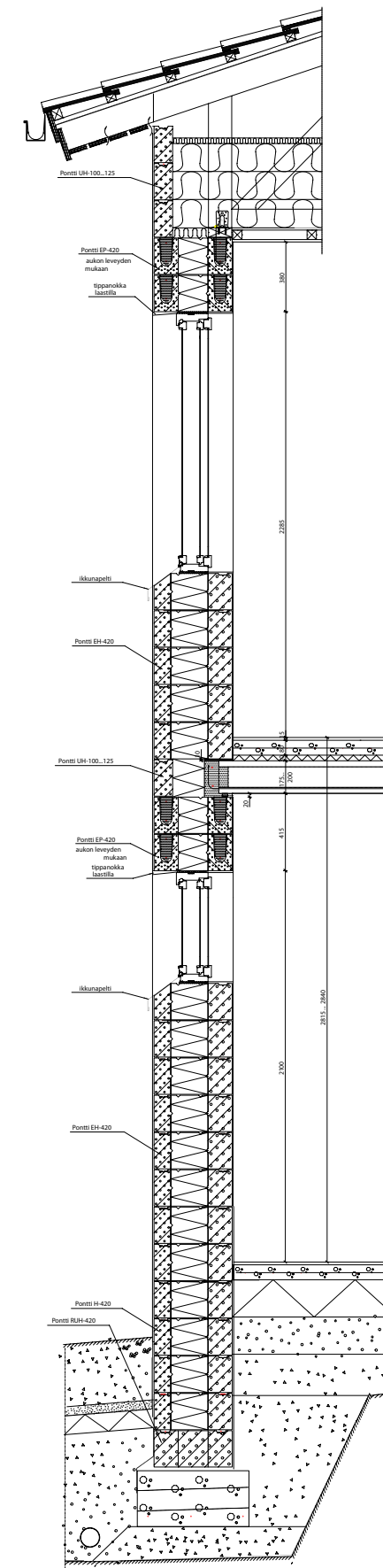
Harkkojärjestelmässä voidaan käyttää myös muuta kuin puolen kiven limitystä. Nurkkaharkon kerroksittainen suunnanvaihdos antaa tietyn harkon leveydestä riippuvan limityksen. Käyttämällä nurkkaharkon vieressä lyhennettyjä harkkoja voidaan käyttää myös muita limitysmittoja. Rakenteen kestävyysvuoksi limityksen tulee olla aina vähintään 75 mm.



Kuva 11.
Harkon käyttö
5 M-moduulijaossa



Kuva 12.
Esimerkki kevytharkkoseinän
rakenneleikkauksesta.



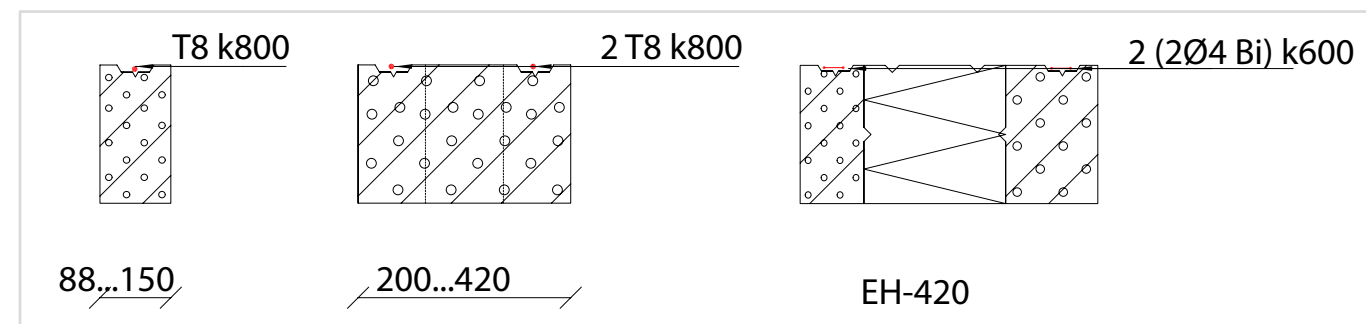
3.3 VÄHIMMÄISRAUDOITUS

Luja-Ponttiharkkoseinien vähimmäisraudoitus on tarpeen kutistumasta aiheutuvan halkeilun rajoittamiseksi. Vähimmäisraudoitus riippuu harkon leveydestä.

LUJA-PONTTIHARKKOSEINIEN VÄHIMMÄISRAUDOITUS	
HARKKOTYYPPI	VÄHIMMÄISRAUDOITUS
Pontti UH-100, Pontti UH-125, Pontti UH-150	1 T 8 k 800 A500HW / B500B
Pontti UH-100, Pontti UH-125, Pontti UH-150	2 T 8 k 800 A500 HW / B500B tai tikasraudoite 2 ø 4 Bi40 k600
Pontti RUH-300, Pontti RUH-420	2 T 8 k 800 A500 HW / B500B tai tikasraudoite 2 ø 4 Bi40 k400
Eristeharkko Pontti EH-420	2 T 8 k 600 A500 HW / B500B tai sisäkuoressa tikasraudoite 2 ø 4 Bi40 k600 ja ulkoquoressa tikasraudoite 2 ø 4 Bi37R k600 (ruostumaton)

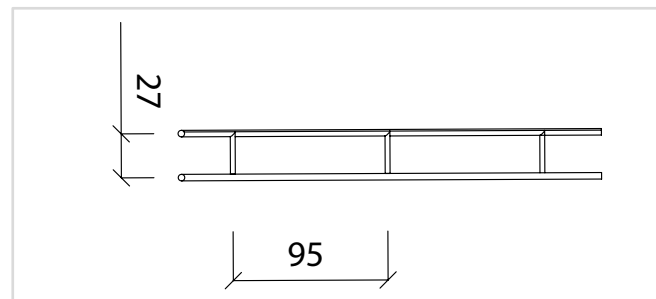
Jatkospituudet: T8 700 mm ja tikasraudoitteet 400 mm.

Taulukko 7. Luja-Ponttiharkkoseinien vähimmäisraudoitus



Kuva 13. Seinän vähimmäisraudoitus T=A500HW / B500B tai vast. ; Bi=tikasraudoite Bi40 tai Bi37R

Vähimmäisraudoituksen lisäksi raudoitus asennetaan myös aukkojen ylä- ja alapuolisiin saumoihin sekä seinän ylimpään ja alimpaan saumaan. Aukkojen ylä- ja alapuolisissa saumoissa olevat teräkset ulotetaan vähintään teräksen jatkospituuden verran aukkojen ulkopuolelle. Rakennuksen jäykistämiseksi ulkoseinien nurkissa raudoitus jatketaan poikittaisille seinille. Raudoitus (myös vähimmäisraudoitus) jatketaan limijatkoksella. Jatkospituus on harjateräksellä T8 700 mm ja tikasraudoitteella 400 mm. Meren rannoilla tai teiden varsilla (MX4, suolarasitetut kohteet) tulee käyttää ruostumatonta tai sinkittyä raudoitusta.



Kuva 14. Tikasraudoite Bi40 /Bi37R

3.4 RENGASPALKKI

Seinään tehdään rengaspalkki välipohjien ja yläpohjan alapuolella. Rengaspalkki sitoo rakenteet toisiinsa. Ala-, väli- ja yläpohjarakenteet tuetaan rengaspalkin päälle. Rengaspalkki toimii puurakenteiden kiinnitysalustana. Rengaspalkki tehdään palkkiharkkosta, jonka valu-urat raudoitetaan ja valetaan betonilla. Palkkiharkkojen kumpaankin valu-uraan asennetaan 1 T 10 A500HW tai B500B harjateräs ellei rakennesuunnitelmissa ole muuta mainittu.

Betoniset ala-, väli- ja yläpohjarakenteet eivät vaadi rengaspalkkia, koska tarvittava rengasraudoitus voidaan sijoittaa laatan tasoon. On kuitenkin suositeltavaa tukea myös betoniset ala-, väli ja yläpohjarakenteet palkkiharkkojen päälle.

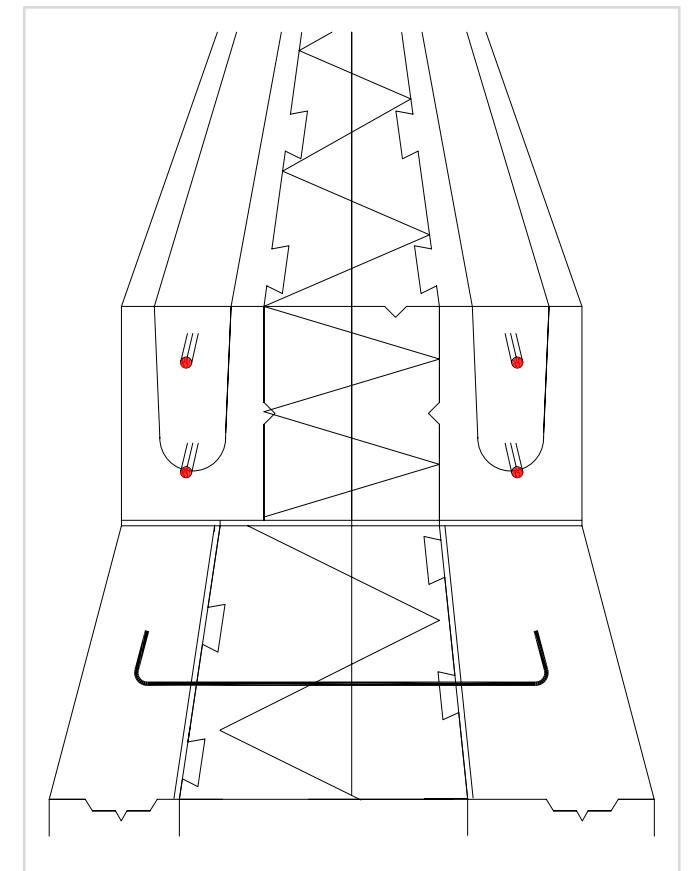
3.5 MUURAUSSITEET ERISTEHARKKOSEINISSÄ

Eristeharkkoseinissä muuraussiteet sitovat harkon kuoret toisiinsa. Muuraussiteet asennetaan aina ylimmän harkko-kerroksen alapuoliseen saumaan ja välipohjan ala- ja yläpuolisiin saumoihin. Siteitä asennetaan 500 mm:n välein joka kolmanteen vaakasaumaan.

Lisäksi muuraussiteitä asennetaan kaikkien ikkuna- ja ovi-aukkojen pieliin 1 kpl joka vaakasaumaan eli pystysuunnassa 200 mm:n välein.

Yli 3,5 m korkeissa seinissä muuraussiteitä suositellaan käytettäväksi 4 kpl/m² eli 500 mm:n välein joka toisessa vaakasaumassa.

Muuraussiteen pituus on 320 mm.



Kuva 15. Palkkiharkkosta tehty rengaspalkki

3.6 LÄMMÖNERISTÄVYYS

Eristeharkkoseiniä muurattaessa laastia käytetään vaaka-saumoissa. Pystysaumoihin ei tule laastia; pinnoitettaessa rakenne molemmin puolin, syntyy siihen eristävä ilmarako. Lämmöneristävyys parantamiseksi voidaan vaakasau-maan laittaa kaksi palkoa vähän paisuvaa polyuretaania laastin levittämisen jälkeen. Polyuretaanieriste saumassa varmistaa rakenteen toimivuuden myös työvirheiden sat-tuessa. Mikäli eristeiden väliin jää liian suuri rako, voidaan myös pystysaumoihin pursottaa polyuretaanivaahtoa.

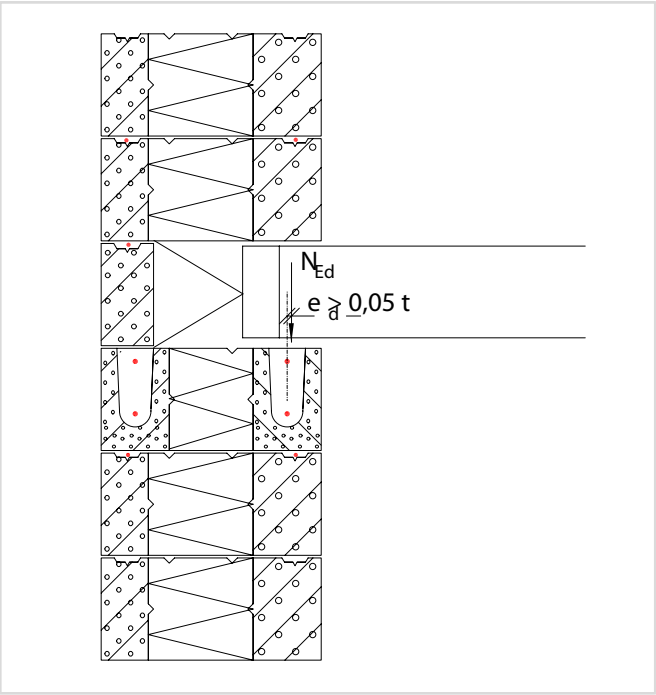
Pontti EH-420 harkot soveltuvat myös passiivi- ja matala-energiatalojen ulkoseiniin, koska Pontti EH-420 harkoista tehdyn seinän U-arvo on 0,12 W/(m²K) käytettäessä poly-uretaania saumassa. Matala-energiarakentamisessa suosi-tellaan polyuretaanin käyttämistä ilmatiiveyden varmista-miseksi.

Vaakasaumoissa aukkojen pielissä tulee käyttää polyuretaa-nivaahtoa, joka estää karmin takaa tulevien ilmavirtausten pääsyn seinärakenteeseen. Polyuretaanivaahtoa käytetään myös pystysaumoissa, jos eristeen väli tulee liian suureksi. Polyuretaanivaahdon tulee olla vähän paisuvaa (esim. Ty-tan low expansion PU-vaahto), jotta se ei nosta vastamuu-rattua harkkoa ja siten heikennä laastin ja harkon välistä tartuntaa.

3.7 KANTAVIEN ULKOSEINIEN MITOITUS PYSTYKUORMILLE

Seinän kantavuus pystykuormalle lasketaan SFS-EN-1996-1-1 kohdan 6.1.2 mukaan. Seinän paksuutena t_{ef} käytetään eristämättömissä harkoissa harkon nimellispak-suutta. Eristeharkkoseinässä tehollinen paksuus määräytyy paksumman kuoren mukaan. Pontti EH-420-harkolle $t_{ef} = 130\text{ mm}$.

Taulukon arvoissa on otettu huomioon kuorman epäkeski-syyden lisäksi seinän alkuepäkesisyys $e_{init} = H/450$. Alkue-päkesisyys vaikuttaa koko seinän korkeudella. Ylemmältä seinältä ja välipohjalta tuleva kuorma voidaan yleensä otaksua keskeiseksi. Kuorman epäkeskisyytenä seinän ylä-päässä on kuitenkin käytettävä vähintään arvoa $e_d = 0,05\text{ t}$ $t \sim 7\text{ mm}$, missä t on sisäkuoren paksuus 130 mm.



Kuva 16.

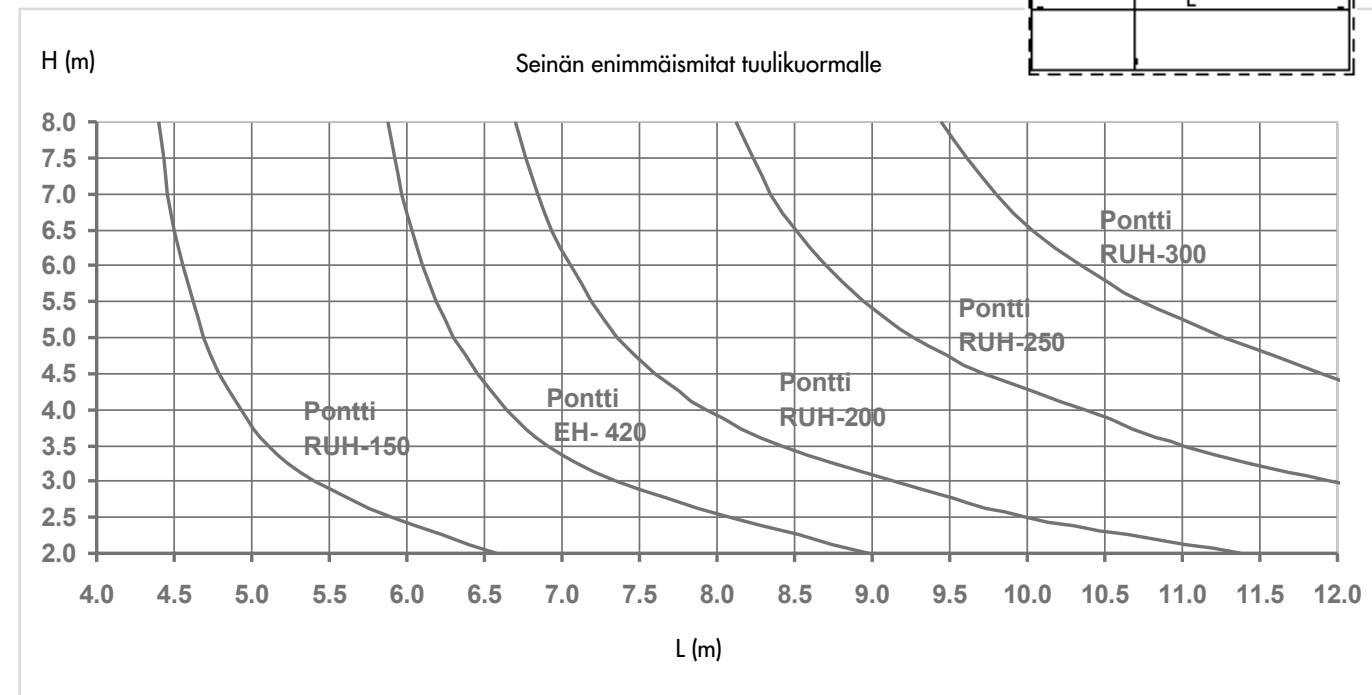
ERISTEHARKKOSEINÄN KESTÄVYYS N_{Rd} PYSTYKUORMALLE kN/m						
SEINÄN KORKEUS H [m]	KUORMAN EPÄKESKISYYS E_1 [mm] SEINÄN YLÄPÄÄSSÄ					
	0	5	10	15	20	
2,4	112	106	96	87	77	
2,6	103	95	86	77	67	
2,8	94	85	76	67	58	
3,0	84	75	66	57	49	
3,2	74	65	57	49	41	
3,4	65	56	48	41	34	
3,6	56	48	40	34	27	
3,8	48	40	33	27	22	
4,0	53	46	39	33	27	
4,2	46	39	33	27	22	
4,4	39	33	28	22	18	KÄYTETTÄVÄ MUURAUSSITEITÄ 4 KPL/M²

Taulukko 8. Eristeharkkoseinän kestävyys N_{Rd} pystykuormalle kN/m

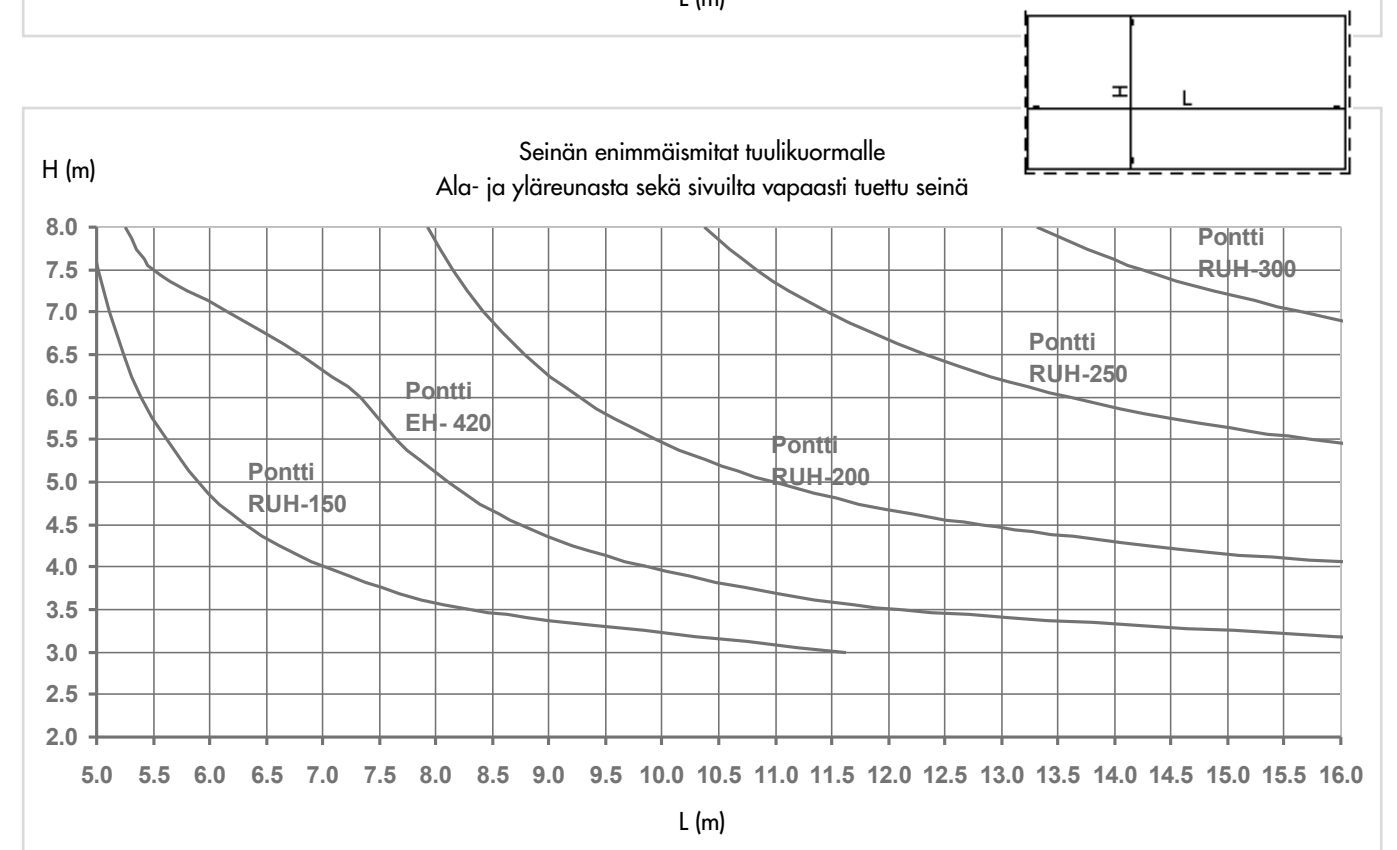
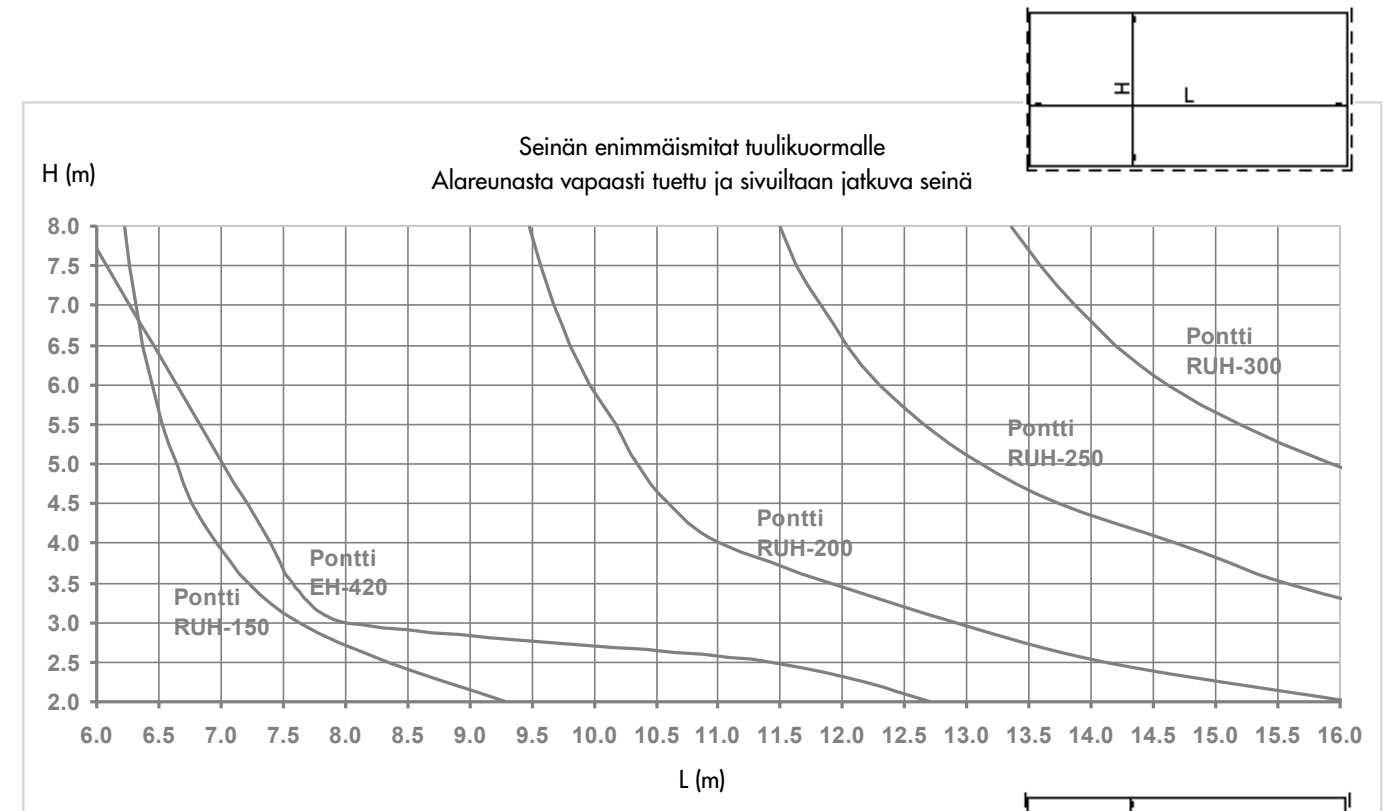
3.8 ULKOSEINIEN MITOITUS TUULI-KUORMILLE

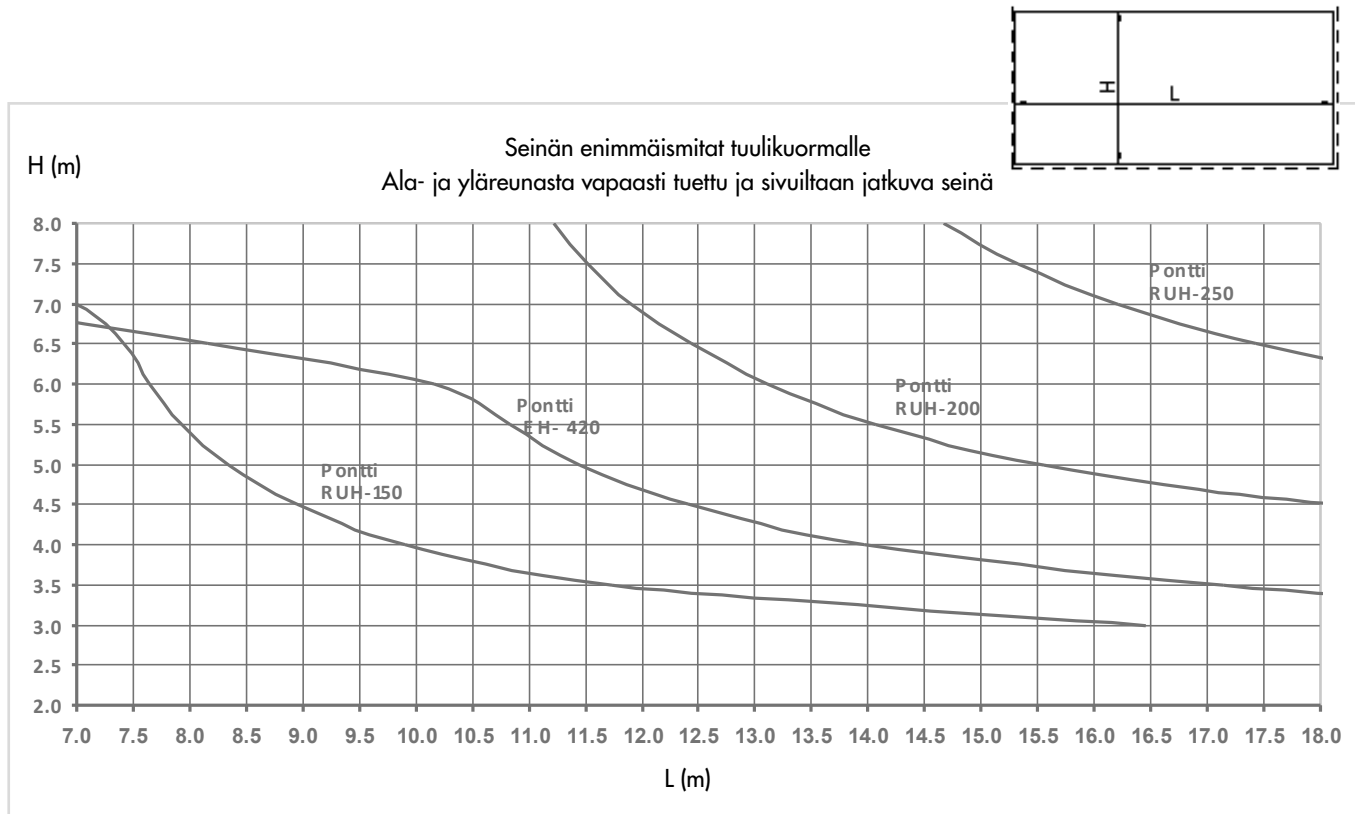
Sekä kantavat että ei-kantavat ulkoseinät mitoitetaan tuulikuorman aiheuttamalle taivutukselle. Eristeharkkoseinässä tuulikuorman voidaan olettaa jakautuvan seinän molemmille kuorille niiden jäykkyyksien suhteessa. Seinässä on raudoituksena vähintään kutistumisraudoitus.

Seinän korkeuden ja pituuden suhteessa seinän paksuuteen on otettu huomioon SFS-EN-1996-1-1 liite F.



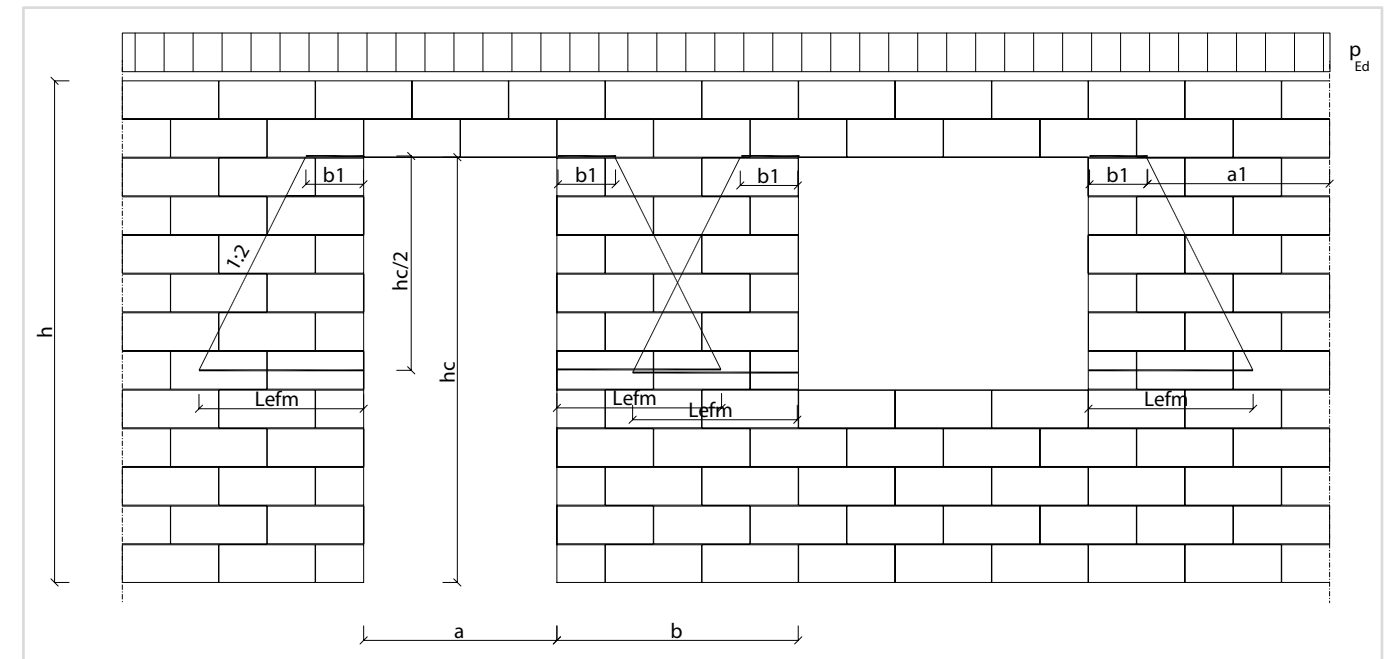
Kuva 17. Ulkoseinän enimmäismitat tuulikuormalle





3.9. AUKKOJEN VAIKUTUS SEINÄN KANTAVUUTEEN

Suurempien aukkojen vaikutus voi usein tulla seinän kantavuuden suhteen määrääväksi tekijäksi. Aukollisen seinän mitoituksessa tarkistetaan paikallinen puristus aukon yläpuolisen palkin tukipinnalla sekä seinän pystykuorman kantavuus aukkopalkilta tulevalle lisäkuormalle seinän korkeuden puolivälissä. Aukkopalkilta tulevan kuorman voidaan olettaa jakautuvan kaltevuudessa 1:2 palkin tukipinnalta seinän aukon alapuolisen seinän osan korkeuden h_c puoliväliin.



Kuva 18. Pystykuorman jakautuminen aukollisessa seinässä

PAIKALLINEN PURISTUSKESTÄVYYS
LASKETAAN KAAVASTA

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d \geq N_{Ed1} = p_d \cdot \left(\frac{a}{2} + b_1 \right)$$

Missä

$$\beta = \left(1 + 0,3 \cdot \frac{a_1}{h_c} \right) \cdot \left(1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}} \right)$$
$$1,0 \leq \beta \leq \min \left\{ 1,25 + \frac{a_1}{2 \cdot h_c}, 1,5 \right\}$$

$$A_{ef} = l_{efm} \cdot t = \left(b_1 + \frac{h_c}{2} \right) \cdot t$$

$$\frac{A_b}{A_{ef}} \leq 0,45$$

missä seinän kestävyys N_{Rd2} pystykuormalle lasketaan kuten kohdassa 3.7 ottaen huomioon seinän nurjahduspituus. Nurjahduspituutena voidaan käyttää seinän korkeutta H. Jäykistävien poikittaisten seinien vaikutus voidaan ottaa huomioon nurjahduspituutta pienentävänä tekijänä.

MISSÄ	
β	On kestävyiden korotuskerroin paikallisessa puristuksessa
a_1	On kuormituspinnan etäisyys seinän päästä
h_c	On seinän korkeus kuorman vaikutustason kohdalla
A_b	On paikallinen kuormitusala = $b_1 \cdot t$
A_{ef}	On tukipinnan tehollinen pinta-ala
l_{efm}	On paikallisen kuorman jakautumisleveys seinän korkeuden puolivälissä $l_{efm} = b_1 + \frac{h_c}{2}$
b_1	On aukkopalkin tukipinnan pituus
N_{Ed1}	On tukipinnalle aukkopalkilta tuleva kuormitus lisättyä tuen seinän kuormalla tuen leveyden matkalta
a	On aukon leveys
p_d	On seinän pystykuorman laskenta-arvo kN/m
SEINÄN PURISTUSKESTÄVYYS SEINÄN KORKEUDEN PUOLIVÄLISSÄ LASKETAAN KUORMALLE	
$N_{Ed2} = p_d \cdot \left(\frac{a}{2} + l_{efm} \right) \leq N_{Rd2}$	

3.10 AUKKOJEN YLITYKSET

Aukkojen ylityksiin voidaan käyttää harkkoja Pontti EH-420 Palkki, jotka koostuvat kahdesta kourumaisesta kuoresta joiden välissä on lämmöneriste. Aukkopalkin vaatima raudoitus sijoitetaan kouruun, joka valetaan umpeen työmaalla. Palkkiharkossa ei ole kylmäsiltaa. Riittävän kantokyvyn saavuttamiseksi palkkiharkkoja voi olla päällekkäin 2 tai 3.

Palkki valetaan betonilla C25/30 tai lujuusluokitellulla S30 sementtilaastilla. Yhden palkkiharkon kourujen betonime-nekki on 9,2 l. Palkkiharkkojen raudoituksena käytetään valun ala- ja yläpinnassa 1 tai 2 T10 A500HW riippuen tarvittavasta kantokyvystä. Raudoituksen betonipeitteen on vähintään oltava 15 mm. Käytettäessä kahta tai kolmea päällekkäistä palkkiharkkokerrosta on vaakasuntaisten laastisaumojen oltava täysleveyttä eli leveyden on oltava 130 + 130 mm harkkokerrosten yhteistoiminnan varmistamiseksi.

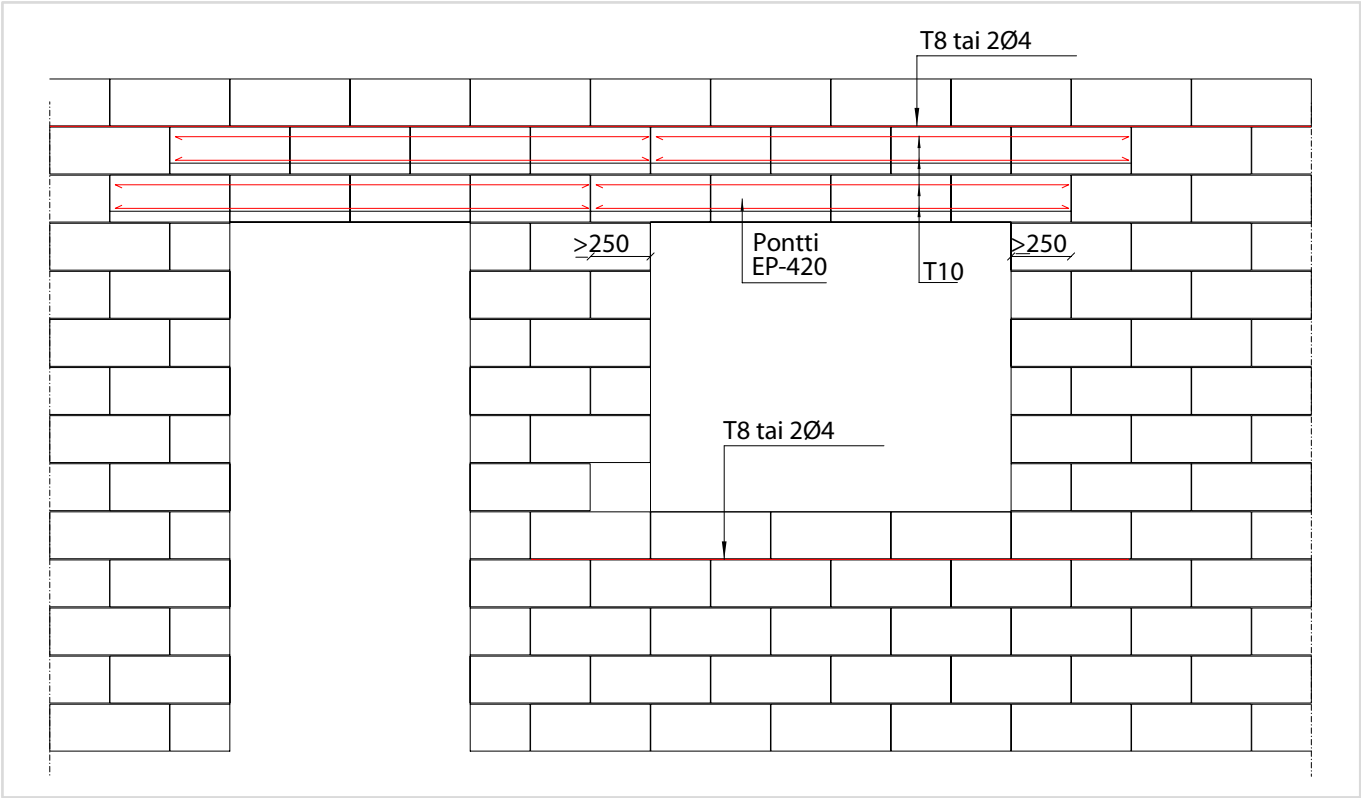
Aukkopalkin vähimmäistukipituus on $b_1 = 250$ mm. Pie-nempää tukipituutta käytettäessä tukipinnan paikallinen puristuskestävyys on tarkistettava. Palkkiharkon tulee ulot-tua vähintään 250 mm aukon reunan ohi.

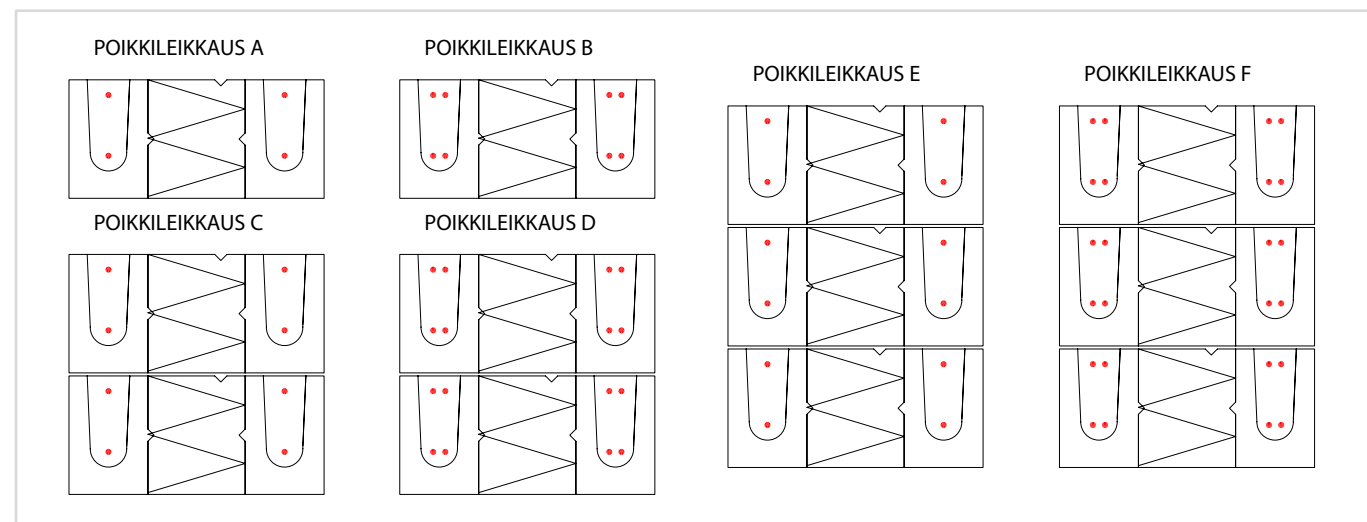
Aukkojen yläpuolinen palkki valitaan aukon leveyden ja palkille tulevan kuorman perusteella. Palkille tulevassa laskentakuormassa otetaan huomioon vain palkille välit-tömästi tuleva väli- tai yläpohjan kuormitus.

Aukkojen ylityksiin voidaan käyttää myös muotote-räsprofiileja tai paikallavalettuja teräsbetonipalkkeja. Palkit ulotetaan aukon sivulle aukon pielen puristus-kestävyyttä vastaavasti, kuitenkin vähintään 300 mm. Teräsprofiilin leveys voi olla pienempi kuin harkon le-veys, joten tukipinnan puristuskestävyys tulee laskea todellisen leveyden mukaan.

Palkkiharkkoa suositellaan käytettäväksi myös kantavan laatan alapuolisessa harkkokerroksessa.

Kuva 19. Aukonylityspalkki





Kuva 20. Aukonylityspalkkien poikkileikkaukset

AUKONYLITYSPALKIN PUOLISKON KUORMITUSKESTÄVYYS P_{Rd} [kN/m] MURTOTILASSA						
PALKIN KORKEUS	1 HARKKOKERROS		2 HARKKOKERROSTA		3 HARKKOKERROSTA	
POIKKI-LEIKKAUS	A	B	C	D	E	F
RAUDOITUS / KOURU	1 T 10	2 T 10	1 T 10	2 T 10	1 T 10	2 T 10
AUKON VAPAA LEVEYS [m]						
0,9	13,9	17,6	31,4	38,7	47,7	58,7
1,2	9,3	11,9	22,0	26,9	33,5	40,9
1,5	6,9	8,9	17,0	20,7	26,1	31,7
1,8	5,5	7,1	14,0	16,9	21,5	26,0
2,1	4,3	5,8	10,9	14,4	17,6	22,2
2,4	3,3	4,9	8,3	12,5	13,6	19,4
2,7	2,5	4,3	6,5	9,8	10,8	15,7
3,0	2,0	3,5	5,2	7,9	8,7	12,8
3,3			4,2	6,4	7,2	10,5
3,6			3,5	5,3	6,0	8,8

Taulukko 9. Aukonylityspalkkien kuormituskestävyys

Taulukon kuormituskestävyydessä on otettu huomioon valettujen palkkiharkkokerrosten oma paino ja jännevälinä on käytetty arvoa 1,15*aukon vapaa leveys.

3.11 LIIKUNTASAAUMAT

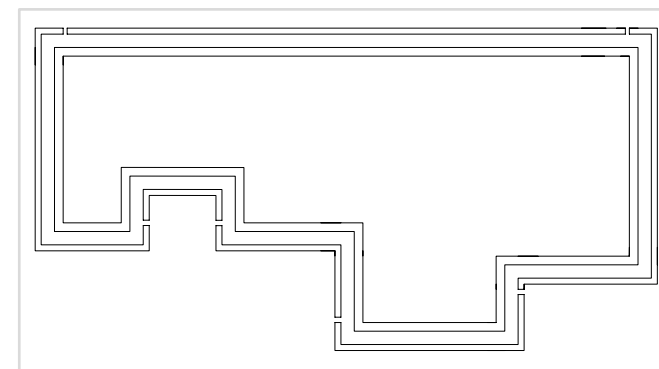
Ponttiharkkoseinien kutistumis- ja lämpöliikkeiden vuoksi rakenteisiin on tehtävä pystysuuntaiset liikuntasumat n. 10 ... 15 metrin välein. Liikuntasaumaväli voi olla sitä suurempi mitä korkeampi ja yhtenäisempi seinä on. Liikuntasumat on hyvä sijoittaa kohtiin, joissa seinän erisuuntaiset liikkeet estyvät, kuten nurkkiin.

Liikuntasaumassa ei tule olla sauman läpi menevää raudoitusta.

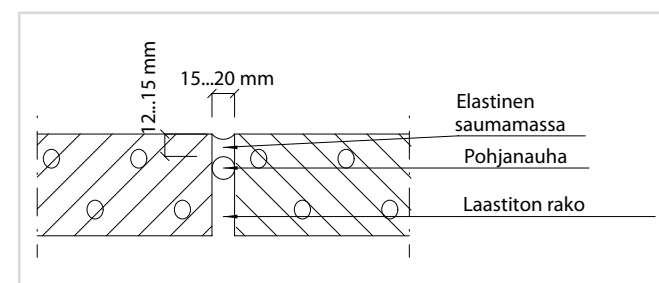
Liikuntasäuma suositellaan tehtäväksi vähintään joka toiseen nurkkaan. Liikuntasäuma tulisi tehdä myös kohtiin, joissa seinän vaakasuuntaisen tuennan korkeus muuttuu esim. välipohjan tasoerojen vuoksi. Liikuntasäuma tulisi tehdä myös julkisivun syvennyksien ja erkereiden kohdalle.

Kylmät ja muut liittyvät rakenteet on myös erotettava muusta rakenteesta liikuntasäumilla.

Koko rakennuksen läpi menevät liikuntasäumat sijoitetaan poikkisuuntaisen seinän ja asuntojen välisen seinän kohdalle. Rivitaloissa ulkoseinät on hyvä katkaista huoneistojen välisien seinien kohdalta myös sisäkuoresta äänen sivutiisiityksen estämiseksi. Rakenteen läpi menevä säuma tiivistetään ilmapuotoja ja kosteutta vastaan. Muut liikuntasäumat tehdään vain seinän ulkokuoreen.



Kuva 21. Liikuntasäumojen sijoittelu

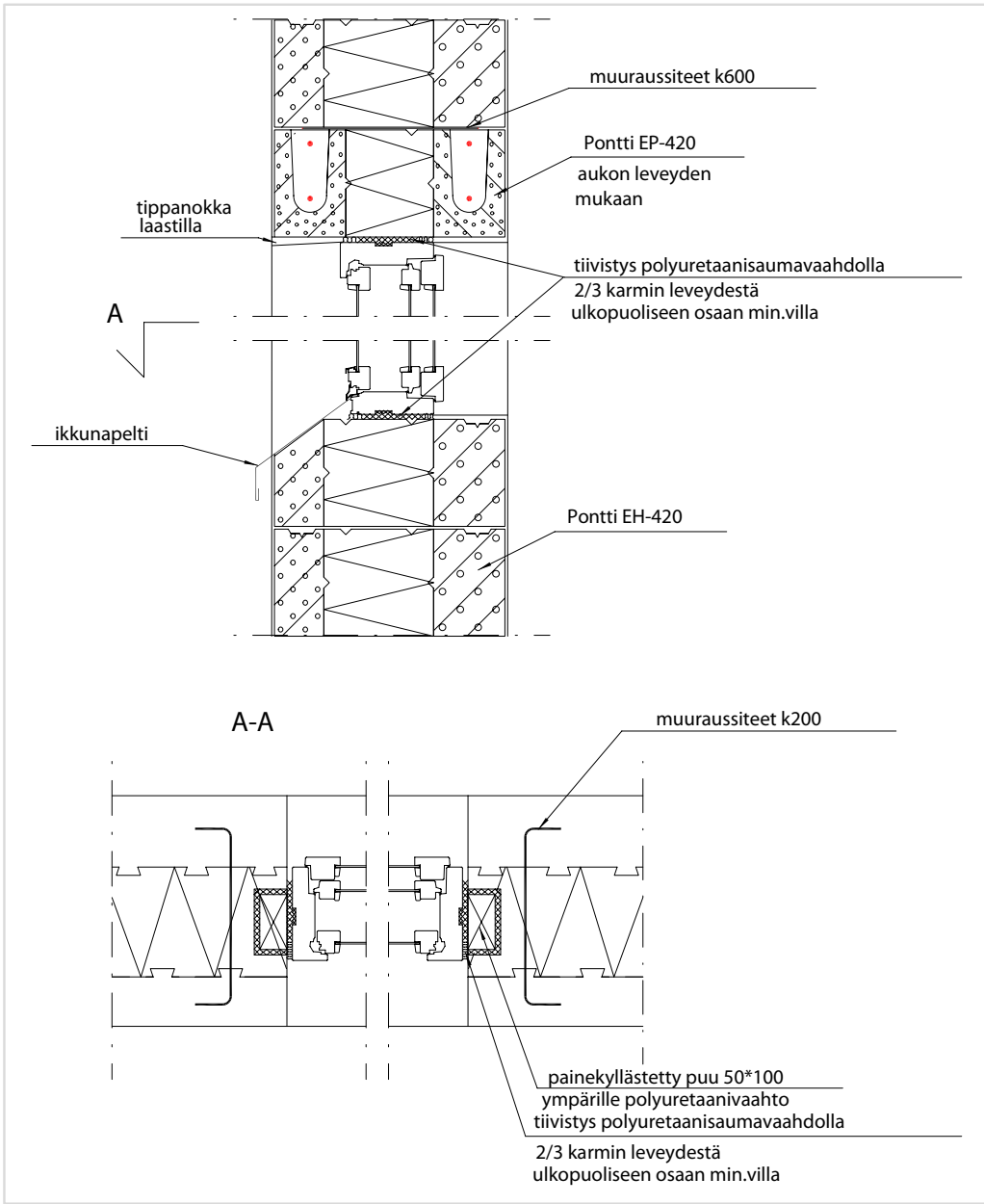


Kuva 22. Liikuntasäumojen tiivistys

3.12 IKKUNOIDEN JA OVIENTYÖN LIITTYMINEN

Ikkunoiden karmit kiinnitetään seuraavien kuvien mukaisesti. Pienten ikkunoiden pystysuuntaiset karmit on mahdollista kiinnittää polyuretaanivaahdolla. Suuremmat ikkunat kiinnitetään kuvan 23 esittämällä tavalla tai ikkunavalmistajan omilla kiinnitysapuvälineillä. Apukarmin kiinnityksessä eristeuraan käytetään polyuretaanivaahtoa.

Normaalit ovet kiinnitetään kuten ikkunat. Raskaat erikoisovet kiinnitetään ovivalmistajan ohjeiden mukaan. Raskaiden ovien aiheuttamat kuormat tulee ottaa huomioon myös seinärakenteen suunnittelussa.



Kuva 23. Ikkunan liittyminen harkkoseinään

4. VÄLISEINÄT

4.1 PALONKESTÄVYYS

Luja-ponttiharkot ovat palamattomia rakennustarvikkeita ja kuuluvat A1-luokkaan. Ponttiharkkoja voidaan käyttää P1-luokan rakennusten rakenteisiin ja suojaverhouksiin. Seuraavassa taulukossa on esitetty molemmin puolin pintakäsiteltujen osastoivien ja kantavien Ponttiharkkoseinien palonkestoajat.

LUJA-PONTTIHARKKOVÄLISEINIEN PALONKESTÄVYYS			
HARKKORAKENNE	OSASTOIVA, EI-KANTAVA SEINÄ	KANTAVA SEINÄ	
		OSASTOIVA SEINÄ	OSASTON SISÄINEN SEINÄ ¹⁾
Pontti VSH-88	EI 60	-	-
Pontti UH-100	EI 120	REI 60	R 30
Pontti UH-125	EI 180	REI 90	R 60
Pontti UH-150	EI 240	REI 120	R 90
Pontti RUH-200	EI 240	REI 240	R 120
Pontti RUH-250	EI 240, EI-M 60	REI 240, REI-M 60	R 180
Pontti RUH-300	EI 240, EI-M 60	REI 240, REI-M 60	R 240
Pontti RUH-420	EI 240, EI-M 180	REI 240, REI-M 180	R 240
Pontti EH-420	EI 120	REI 60	-

Taulukko 10. Luja-Ponttiharkk väliseinien palonkestävyys

¹⁾ Seinän pituus vähintään 1 m.

EI-M ja REI-M tarkoittaa sitä, että seinä täyttää vaaditun suojaus-, tiiveys ja kantavuusvaatimuksen myös taulukossa annetun palonkestoajan aikana tapahtuvan esim. viereisen rakenteen sortumisesta aiheutuvan iskun jälkeen.

4.2 ÄÄNENERISTÄVYYYS

Taulukossa on esitetty harkkoseinien ilmaääneneristysluvut R'_w (dB), kun seinän molemmilla pinnoilla on 5 mm:n oikaisulaastipinnoitus.

Pontti EH-420 rakenteen ilmaääneneristysluku R_w+C_{tr} kaupunkiliikennemelussa on 42 dB ja R_w+C lentokentän lentomelun läheisyydessä on 45 dB.

Seinärakenteen ääneneristävyyteen vaikuttaa olennaisesti liittyvät rakenteet. Liittyvien rakenteiden vaikutus otetaan huomioon Suomen rakennusmääräyskokoelman osan C5 mukaisesti.

Ääntäeristävä harkkorakenne on tiivistettävä pinnoittamalla harkko sementtilaastilla. Ääneneristävyyttä voidaan parantaa kasvattamalla rappauserrosta. Seinän ja siihen liittyvien rakenteiden väliset saumat tiivistetään joustavalla materiaalilla. Esimerkiksi elastisella kitillä.

4.3 EI-KANTAVAT VÄLISEINÄT

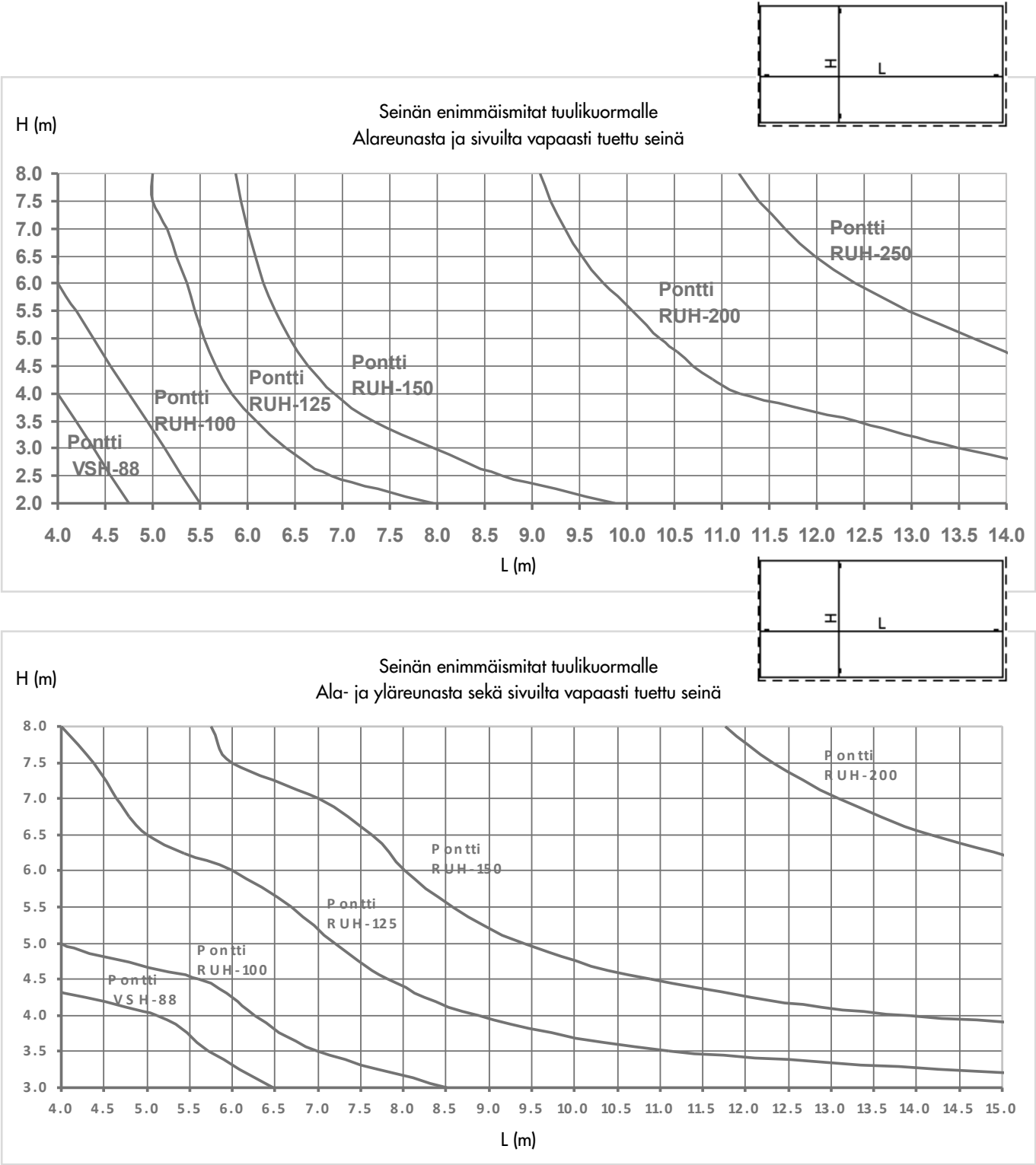
Ei-kantaviin väliseiniin kohdistuu oman painon lisäksi tuulesta aiheutuva vaakakuormitus. Seinä on lisäksi mitoitettava 1,5 m:n etäisyydellä lattiasta vaikuttavalle viivakuormalle $q = 0,3 \text{ kN/m}$.

Seuraavissa käyrästöissä on esitetty kolmelta ja neljältä sivulta vapaasti tuetun väliseinän enimmäismitat tuulenpaineelle, kun tuulikuorman laskenta-arvo on $q_{Ed} = 0,3 \text{ kN/m}^2$ (tuulikuorman ominaisarvo $0,5 \text{ kN/m}^2$ ja painekerroin $0,4$).

Väliseinän liittymisessä väli- tai yläpohjaan on otettava huomioon väli- tai yläpohjarakenteen taipuma.

LUJA-PONTTIHARKKOVÄLISEINIEN ÄÄNENERISTÄVYYS	
HARKKORAKENNE	R'_w (dB)
Pontti UH-150	40
Pontti RUH-200	44
Pontti RUH-250	46
Pontti RUH-300	48
Pontti RUH-420	≥ 48

Taulukko 11. Luja-Ponttiharkk väliseinien ääneneristävyyys

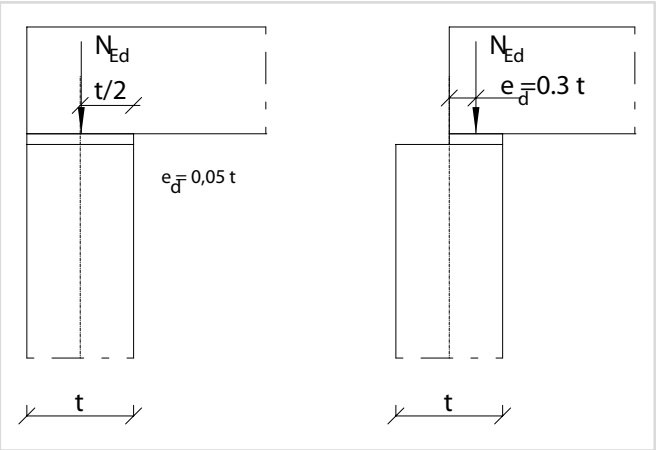


Kuva 24. Väliseinän enimmäismitat tuulikuormalle

4.4 KANTAVAT VÄLISEINÄT

Seinien kantavuus pystykuormalle on esitetty seuraavassa taulukossa. Kantavat väliseinät mitoitetaan myös tuulikuormalle ja 4.3 mainitulle viivakuormalle.

Kuva 25.



KANTAVAN VÄLISEINÄN KESTÄVYYS N _{Rd} [kN/m] PYSTYKUORMALLE							
H [m]	PONTTI UH-100	PONTTI UH-125	PONTTI UH-150	PONTTI RUH-200	PONTTI RUH-250	PONTTI RUH-300	PONTTI RUH-420
2,4	11	36	59	88	133	153	223
2,6	8	30	52	82	128	148	220
2,8	5	24	45	76	122	144	216
3,0	3	18	38	70	116	139	213
3,2		14	32	64	109	134	209
3,4		10	26	57	103	128	205
3,6		7	21	52	96	123	201
3,8			17	46	90	117	196
4,0			13	40	83	111	191
4,2			10	35	77	106	187
4,4			7	31	70	100	182
4,6				26	64	94	177
4,8				22	58	88	171

Taulukko 12. Kantavien väliseinien kestävyys pystykuormalle

Epäkeskisyys seinän yläpäässä e₁=0,3 h, keskellä e_m =0,6 e₁+H/450 ja alhaalla e₂=0.

4.5 JÄYKISTÄVÄT SEINÄT

Kevytsoraharkkoseinäisessä pientalossa rungon jäykkyys on yleensä riittävä. Ylä- väli- ja alapohjarakenteet toimivat tavallisesti vaakasuuntaisena levynä siirtäen vaakavoimat poikittaisille ulko- ja väliseinille.

Jotta rakennus saadaan jäykistettyä, jatketaan ulkoseinien vaakasuuntainen rauditus poikittaisille seinille. Ulkoseinä ja siihen liittyvä jäykistävä väliseinä sidotaan toisiinsa jokaiseen vaakasaumaan tulevalle siteellä.

Jäykistävän seinän mitoituksessa huomioidaan seinän tason suuntainen vaakakuorma ja sen aikaansaama taivutus- ja leikkausvoima, sekä pystykuorman aiheuttama puristus. Mitoitusperusteena pystykuormalle ja taivutukselle on, että kimmoteorian mukaan laskettu puristusjännitys reunassa ei ylitä harkkorakenteen puristuslujuutta eikä vedetyn reunan jännitys taivutusvetolujuutta.

SEINÄ MITOITETAAN SEURAAVIEN KAAVOJEN MUKAAN

Puristuskestävyys

$$N_{Rd} \geq N_{Ed} + \frac{6 \cdot V_{Ed} \cdot H}{L}$$

Leikkauskestävyys

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$
$$V_{Rd} = L_e \cdot t \cdot f_{vd} + 0,5 \cdot N_{Ed} \leq 1,5 \cdot L_e \cdot t \cdot f_{ctd}$$

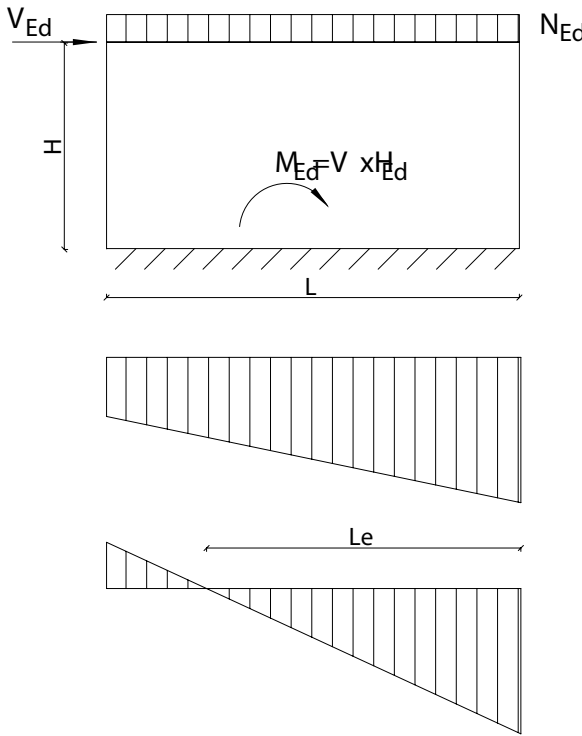
Taivutuskestävyys

$$M_{Rd} = \frac{t \cdot L^2}{6} \cdot f_{ctd} \geq V_{Ed} \cdot H - N_{Ed} \cdot \frac{L}{6}$$

Kuva 26. Jäykistävän seinän mitoitus

KAAVOISSA ON

H	On seinän korkeus
L	On seinän pituus
L _e	On seinän puristetun osan pituus vaakavoiman V _{Ed} ja normaalivoiman N _{Ed} vaikuttaessa $L_e = \frac{L}{2} \cdot \left(1 + \frac{1}{6} \frac{L}{H} \frac{N_{Ed}}{V_{Ed}} \right)$
t	On seinän paksuus
f _{vd}	on harkkoseinän leikkauslujuus
f _{ctd}	on harkkoseinän taivutusvetolujuus



Puristuskestävyys: max. N _{Ed} max V _{Ed}	Leikkauskestävyys: min. N _{Ed} max. V _{Ed}	Taivutuskestävyys: min. N _{Ed} max. V _{Ed}
---	--	--

5. SEINIEN PINNOITUS

5.1 ULKOSEINIEN PINNOITUS

Ulkoseinät pinnoitetaan 2-kerrosrappauksella. Harkkoseinät oikaistaan ohutrappauslaastilla kahteen kertaan. Pinnoittaminen tehdään silikonihartsipohjaisella maalilla tai pinnoitteella. Silikonihartsipohjaiset tuotteet ovat tasavärisiä ja likaa hylkiviä. Sementtisideaineisilla tuotteilla saadaan puolestaan elävä pinta, mutta väri vaihteluita saattaa joskus esiintyä. Lopullinen pinta voidaan tehdä joko hiertämällä tai ruiskuttamalla.

Vähintään ensimmäinen rappauskerros suositellaan tehtäväksi ennen talven tuloa, jolloin rakenne pääsee paremmin kuivumaan. Mikäli rappaus tehdään kokonaan valmiiksi ennen ensimmäistä lämmityskautta, suositellaan käytettäväksi lasikuituverkkoa pohjarappauksen vahvistamiseen. Lasikuituverkko painetaan rappaustyön yhteydessä ensimmäiseen märkään rappauskerrokseen.

5.2 SISÄSEINIEN TASOITUS

Sisäseinät oikaistaan ohutsauma- tai sokkelilaastilla. Lasikuituverkkoa käytetään vahvistuksena betonivalujen ja harkkojen rajakohdissa, aukonylityspalkkien kohdalla, aukkojen kulmissa ja muissa halkeilulle alttiissa kohdissa. Lasikuituverkkoa käytetään myös silloin, kun aikataulusyistä rakenteet eivät ole ehtineet riittävästi kuivua ja kutistuma ei ole vielä täysin tapahtunut ennen tasoitusta.

Rakenteen ilmatiivyyden ja kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi harkkoseinät tulee tasoittaa myös alaslasketujen kattojen kohdalta, kiintokalusteiden ja panelointien takaa.

Kuivat tilat tasoitetaan tasoitteella. Pinta voidaan esimerkiksi maalata tai tapetoida. Kosteissa tiloissa seinäpinta tasoitetaan märkään tilaan soveltuvalla tasoitteella. Vedeneristys tehdään sertifioidulla vedeneristysjärjestelmällä valmistajan ohjeen mukaan.

Seinien pinnoituksiin ja tasoituksiin sekä muihin kuivatuotteisiin suosittelemme Fescon Oy:n ratkaisuja.

6. DETALJIT

Detaljit ovat ladattavissa suunnittelijalle osoitteessa www.lujabetoni.fi/suunnittelijalle





