betoni
BETONITEOLLISUUS ry

Harkkokäsikirja 2016

KEVYTSORAHARKOT JA BETONIHARKOT

Seppo Petrow ja Tiina Kaskiaro

betoni
BETONITEOLLISUUS ry

Harkkokäsikirja 2016
Kevytsoraharkot ja betoniharkot

Harkkokäsikirja 2016 on päivitetty versio vuonna 2010 julkaistusta käsikirjasta. Päivityksestä ovat vastanneet DI Seppo Petrow ja DI Tiina Kaskiaro.

Vuoden 2010 käsikirjan kirjoittajina toimivat DI Tuomas Palolahti ja DI, KM Tarja Mäki ja DI Petri Mattila, PT Mattila Ky sekä DI Timo Tikanoja Rakennusteollisuus RT ry ja rak.ins. Joni Sundström Insinööritoimisto Konstru Oy, liite 1

Julkaisija Betoniteollisuus ry
Helsinki 2016

© Betoniteollisuus ry

Esipuhe

Suomessa käytetään pääasiassa kahdenlaisia harkkoja: muurattavia harkkoja ja ladottavia muottiharkkoja.

Kevytsoraharkkojen valmistus aloitettiin Suomessa 1950-luvulla. Tätä ennen Suomeen oli perustettu vuosikymmenen ensimmäinen kevytsoratehdas. Kevytsorabetonisten eristeharkkojen käyttö alkoi Suomessa 1970-luvulla. Vuosien saatossa kevytsoraharkkojen valmistus ja käyttö on lisääntynyt sekä käyttökohteet monipuolistuneet. Kevytsoraharkot tunnetaan yleisesti puhekielessä Leca-harkkoina.

Betoniharkkoja on valmistettu 1940-luvulta saakka. Aluksi niitä käytettiin erityisesti maatalous- ja pienteollisuusrakentamisessa. 1970-luvulla markkinoille tulivat betonivaluharkko ja lämpöeristetty muurattava betoniharkko. 1980-luvun alkupuolella kehitettiin EPS-eristetyt betonivaluharkot. Eristettyjen ladottavien muottiharkkojen suosio on kasvanut erityisesti 2000-luvulla samalla, kun valmistajia on tullut lisää.

Harkkorakentaminen on saavuttanut vankan jalansijan suomalaisessa rakentamisessa. Erityisesti kiitosta saavat harkkojen käsiteltävyys työmailla ja harkoista tehtyjen rakenteiden säänkestävyys, kosteudenkestävyys, ilmanpitävyys ja lämmön- sekä ääneneristävyys ja rakenteellinen lujuus. Harkkorakentaminen on saavuttanut erityisesti suosiota omatoimisten rakentajien keskuudessa. Esimerkiksi pientalojen perustuksista noin puolet rakennetaan harkkorakenteisina. Tätä puoltavat harkkojen erinomainen rakennettavuus, rakenneratkaisujen joustavuus sekä pieni työmenekki.

Tässä käsikirjassa esitellään harkkoja rakennusmateriaalina, hankkeen suunnittelua ja toteutusta sekä annetaan ohjeita harkkorakentamiseen toivotun lopputuloksen saavuttamiseksi. Kirjan lopussa olevassa liitteessä esitetään harkkorakenteiden eurokoodimitoitus. Kirjan tarkoitus on antaa neuvoja rakennushankkeen suunnitteluun ja toteutukseen, mutta kirjaa voidaan käyttää myös rakennusalan koulutuksessa eri koulutusasteilla.

Muottiharkkorakenteiden suunnitteluohjeet ovat päivittymässä ja uudet ohjeet tulevat perustumaan betonirakenteiden eurokoodiin SFS-EN1992-1-1 ja ne tullaan julkaisemaan todennäköisesti kansallisen liitteen yhteydessä. Toistaiseksi muottiharkkorakenteet suunnitellaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B9 mukaisesti.

Harkkokäsikirja 2016

Sisällysluettelo

1 Johdanto 6

2 Harkot rakennusmateriaalina . . . 8
2.1 Harkkotyypit 8
2.2 Muurattavat harkot. 10
2.2.1 Vakiomittaiset harkot. 13
2.2.2 Muurattavat eristeharkot 15
2.2.3 Väliseinäharkot ja -elementit 15
2.2.4 Täydentävät harkkotuotteet ja erikoisharkot 16
2.2.5 Muurauslaastit 17
2.2.6 Kevytsoraharkkojen ja -rakenteiden ominaisuudet. 21
2.3 Ladottavat harkot (muottiharkot). . . 26
2.3.1 Vakiomittaiset muottiharkot 27
2.3.2 Lämpöeristetyt muottiharkot 27
2.3.3 Muottiharkot väliseinissä. 29
2.3.4 Muottiharkkoja täydentävät tuotteet 29
2.3.5 Muottiharkkojen onteloiden valu. . . 29
2.3.6 Muottiharkkorakenteiden ominaisuudet. 30
2.4 Harkkojen, laastien ja betonin laadunvalvonta 32

3 Harkkotalon energiatehokkuus . . 34
3.1 Harkkotalo ja energiansäästö. 34
3.2 Harkkotalon LVI –tekniikat. 36
3.3 Energiankulutuksen tasot ja energiatodistus 38
3.3.1 Energiankulutustasot. 38
3.3.2 Energiatodistus 39

4 Hankkeen suunnittelu ja organisointi 42
4.1 Pientalo rakennushankkeena 42
4.1.1 Hankkeen vaiheet 42
4.1.2 Hankkeen osapuolet 44

4.2 Harkkotalon suunnittelu 46
4.2.1 Miksi valita harkkotalo? 46
4.2.2 Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty 46

4.2.3 Rakennuspaikka asettaa ehtoja suunnittelulle ... 47
4.2.4 Yhteistyössä ammattilaisten kanssa ... 48
4.2.5 Moduulimitoitus helpottaa suunnittelua ja toteutusta ... 48
4.3 Hankkeen toteutus ... 52
4.3.1 Hartiapankkirakentamien ... 53
4.3.2 Palkattu työvoima ... 53
4.3.3 Urakkamuotoisen toteutuksen vaihtoehdot ... 53
4.4 Harkkorakentamisen aikataulu- ja kustannussuunnittelu ... 56
4.4.1 Toteutusaikataulu ... 56
4.4.2 Hankkeen taloudellinen hallinta ... 57
4.5 Työmaan hankinnat ... 62
4.6 Toteutuksen valvonta ja ohjaus ... 65

5 Harkkorakentaminen ... 68
5.1 Maarakennustyöt ... 68
5.1.1 Pohjatutkimus ... 68
5.1.2 Maapohjan kantavuusluokitus ... 69
5.1.3 Rakennuksen korkeusasema ja perustamissyvyys ... 71
5.1.4 Tonttialueen kuivatus ... 72
5.1.5 Radonkaasulta suojautuminen ... 73
5.2 Harkkorakennuksen perustustyöt ... 77
5.2.1 Perustamistavat, maarakennustyöt ja valmistelevat työt ... 77
5.2.2 Perusanturat ... 81
5.2.3 Perusmuurit muurattavista harkoista ... 81
5.2.4 Perusmuurit valuharkoista ... 83
5.2.5 Kellarin harkkoseinä ... 84
5.2.6 Pilariharkkoperustus ... 86
5.2.7 Maanvarainen alapohja ... 86
5.2.8 Kantava alapohja (ryömintätila) ... 88
5.2.9 Perustusten kosteuden hallinta ... 91
5.2.10 Perustusten routasuojaus ... 92
5.2.11 Perustusten vierustäyttö ... 94
5.3 Ulkoseinät ... 95
5.3.1 Harkkoulkoseinän toteutusvaihtoehdot ... 95
5.3.2 Muurattu eristeharkkoseinä ... 96
5.3.3 Ulkoseinät muottieristeharkoista ... 99
5.3.4 Erillinen julkisivumuuraus (rakoseinä) ... 100
5.3.5 Lämpörapattu harkkoseinä ... 100
5.3.6 Harkkoulkoseinän verhous muilla rakennustarvikkeilla ... 100
5.3.7 Täydentävät rakennusosat ... 100
5.3.8 Rakentamisen aikainen kosteuden hallinta ... 102
5.3.9 Julkisivun halkeilun hallinta ... 102
5.4 Välipohjat ... 104
5.4.1 Välipohjarakenteet ... 104
5.4.2 Paikalla valettu välipohja ... 104
5.4.3 Ontelolaattavälipohja ... 105
5.4.4 Liittorakenne ... 106
5.5 Yläpohjarakenteet ... 107
5.5.1 Vaihtoehdot ... 107
5.5.2 Kivirakenteiset yläpohjat ... 107
5.5.3 Puurakenteinen yläpohja harkkotalossa ... 108
5.6 Väliseinät ... 110
5.7 Putkitukset ja kiinnitykset harkkoseiniin ... 113
5.8 Sisäseinien ja -kattojen pintakäsittelyt ... 115
5.8.1 Harkkopinnan tasoittaminen ja pinnoitus ... 115
5.7.2 Vedeneristys ja laatoitus ... 117
5.9 Harkkojulkisivun pintakäsittelyt ... 119
5.10 Harkkorakentaminen talvella ... 122
5.11 Harkkotalon tiiviys ... 124
5.11.1 Tiiviyden merkitys ... 124
5.11.2 Yleisimmät ilmavuotokohdat ... 125
5.11.3 Ilmanpitävän harkkotalon toteuttaminen ... 125
5.11.4 Tiivistysohjeita ja detaljeja ... 126
5.12 Työturvallisuus harkkorakentamisessa ... 129
5.13 Harkkotalon paloturvallisuus ... 131

Kirjallisuutta ... 132

1 Johdanto

Kevytsora- ja betoniharkot soveltuvat erinomaisesti moniin eri käyttötarkoituksiin. Harkkorakenteilla on hyvä kosteudenkestävyys, ilmanpitävyys, palon- ja ääneneristyskyky sekä vähäinen huollontarve. Harkkorakenteinen talo on toimiva ja turvallinen valinta. Harkkorakenteisessa talossa on pienet käytönaikaiset kustannukset, hyvä asumisviihtyvyys ja terveellinen sisäilma. Harkkotalo on myös energiatehokas.

Harkkorakenteilla voidaan joustavasti toteuttaa erilaisia muoto- ja tilaratkaisuja. Tontin maaperä, korkeussuhteet ja koko sekä ympäröivä rakennuskanta ja asemakaavamääräykset huomioon ottaen voidaan harkkorakentamisella saada aikaan yksilöllisiä, laadukkaita, arkkitehtonisesti korkeatasoisia kokonaisuuksia, jotka säilyttävät arvonsa ajan kuluessa. Harkkorakentaminen sopii erityisesti omatoimiselle pienrakentajalle. Harkot ovat suhteellisen keveitä ja pieniä rakennuselementtejä eikä niiden työstäminen ja käyttö vaadi perusteellista ammattitaitoa tai kalliita koneita.

Harkkomuurauksen tärkeimmät työvälineet ovat muurauskelkka, muurauskauhat, kuminuija, harvahampainen kovapalasaha, kulmahiomakone sekä vesivaaka. Valettavilla harkoilla käytetään tärysauvaa sekä harkkojen työstämisessä timanttilaikkaa. Tarkoituksenmukaiset työvälineet helpottavat työtä ja takaavat hyvän lopputuloksen. Harkkorakentamisessa tarvittavia laitteita, koneita ja telineitä voi vuokrata rakennuskonevuokraamoista.

Harkkovalikoima on monipuolinen. Saatavilla on kevytsora- ja betoniharkkoja, jotka jaetaan työmenetelmänsä mukaan muurattaviin tai ladottaviin ja valettaviin harkkoihin. Muurausta pojia voi olla perinteinen muuraus 10 mm:n saumalla tai ohutsaumamuuraus 5 mm:n saumalla. Lisäksi väliseinäharkkoja voidaan ohutsaumamuurata myös sauman paksuudella 2-3 mm tähän tarkoitukseen kehitetyillä erikoislaasteilla. Ulkoseinien ja perusmuurien rakentamiseen on saatavilla eristeharkkoja, joissa harkossa on mukana tarvittava lämmöneriste. Eristeharkkoja on saatavilla sekä muurattavina harkkoina että ladottavina harkkoina eli ns. muottiharkkoina. Lisäksi on olemassa muurattavan ja muottiharkon välimuoto ”hybridiharkko”, joka ensin muurataan ja sen jälkeen kantavan harkon osan ontelot valetaan betonilla.

Harkkoja on tarjolla moniin käyttösovellutuksiin kuten perustuksiin, väliseiniin, pilareihin, palkkeihin ja hormeihin. Näin esimerkiksi aukkojen ylitykset sekä rakennuksen nurkat ja kulmat voidaan toteuttaa helposti ja laadukkaasti valmiilla harkkotuotteilla.

Harkkorakentamisen eräs ominaispiirre on moduulimitoitus, jonka avulla vakiomittaisia harkkoja käyttämällä voidaan jo suunnitteluvaiheessa poistaa monia toteutukseltaan vaikeita ja kustannuksia lisääviä rakenneratkaisuja. Kevytsorabetoniharkoilla moduulimitoitusta ei välttämättä tarvitse käyttää helpon työstettävyyden vuoksi. Harkkorakentamiseen perehtyneitä suunnittelijoita löytyy useimmilta paikkakunnilta. Rakennushankkeeseen ryhtyvä voi hyödyntää myös harkkovalmistajien valmiita suunnitelmia tai tyyppiratkaisuja ja detaljeja, joissa on otettu huomioon harkkorakentamisen erityispiirteet ja hyvä rakentamistapa.

2 Harkot rakennusmateriaalina

Suomessa on useita kevytsora- ja betoniharkkojen valmistajia. Tehtaita on eri puolilla maata, joten harkkojen kuljetusmatkat eivät muodostu pitkiksi ja harkkojen saatavuus on hyvä. Kevytsora- ja betoniharkkotuotteiden valmistus on valvottua toimintaa. Valmistajat kuuluvat kolmannen osapuolen laaduntarkastuksen piiriin, jota ylimpänä viranomaisena valvoo ympäristöministeriö.

2.1 Harkkotyypit

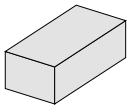
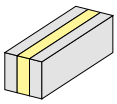
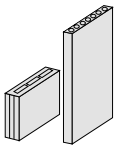
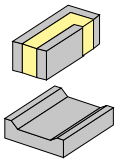
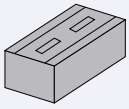
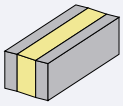
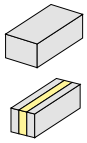
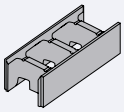
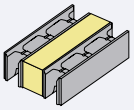
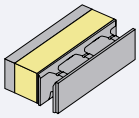
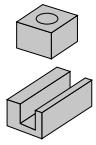
Harkot voidaan jakaa valmistusmateriaalin mukaan kevytsorabetoni- ja betoniharkkoihin. Kun betonin runkoainetta korvataan kevytsoralla, betonin painoa voidaan tarvittaessa keventää noin 1/3 osaan normaalista painosta 2200...2400 kg/m^3. Sekä kevytsora että betoniharkkojen keventämiseen käytetään myös kevennysonteloita.

Toinen tapa ryhmitellä harkot on niiden asennustapa. Harkot voidaan joko muurata tai latoa. Ladonnassa harkot asennetaan päällekkäin ilman laastia ja harkoissa olevat ontelot täytetään notkealla betonimassalla, jolloin muodostuu luja, tiivis ja yhtenäinen rakenne. Kevytsorabetoniharkot (betonin tiheys 600...1500 kg/m^3) ovat aina muurattavia harkkoja. Betonin tiheyden ollessa yli 1500 kg/m^3 harkkoja tehdään sekä muurattavia että ladottavia ja valettavia harkkoja. Sekä kevytsorabetoniharkkoja että muottiharkkoja toimitetaan eristeharkkoina siten, että tarvittava lämmöneriste on asennettu tehtaalla harkkokuorien väliin.

Markkinoilla on myös nk. hybridiharkkoja, jotka ensin muurataan ohutsaumamuurauksella ja muurauksen jälkeen sisäkuoressa olevat valuontelot täytetään betonimassalla. Hybridiharkkojen mitat on valittu siten, että niitä voidaan käyttää yhdessä muurattavien kevytsoraharkkojen kanssa.

Useimmat valmistajat valmistavat eristämättömiä muurattavia tai ladottavia harkkoja samoilla vakiomitoilla, jolloin puhutaan standardiharkoista, vakioharkoista tai perusharkoista. Vakiomittaisten harkkojen sekä eristettyjen harkkojen liittymismitta pystysuunnassa on 200 mm, vaakasuunnassa valmistajasta riippuen joko 500 mm tai 600 mm. Liittymismitalla tarkoitetaan mittaa, joka on harkon valmistusmitta lisättynä sauman leveydellä. Harkkojen nimellismittoihin vaikuttaa asennustapa – joko muuraus tai ladonta. Muurauksessa sauman paksuus voi olla 10 mm, 5 mm (ohutsauma) tai 3 mm (ohutsauma). Harkkojen ryhmittely ja saatavuus asennustavan mukaan esitetään **taulukossa 1.** Erilaisia harkkotyyppejä ja niihin liittyviä käsitteitä esitetään kuvissa **1...4.**

Kuva 1. *Betoni- ja kevytsoraharkot jaotellaan työmenetelmän mukaan, joita ovat muuraus tai ladonta (muottiharkko). Asennustekniikasta riippuen harkon valmistusmitoissa ja rakenteessa on eroja. Rakenteisiin, joissa tarvitaan lämmöneristyskykyä on tarjolla harkkoja, joissa tarvittava lämmöneriste on harkossa mukana. Näitä eristeharkkoja (kutsutaan myös nimellä lämpöharkko) on saatavilla sekä muurattavina (perinteinen muuraus, ohutsaumamuuraus) että ladottavina (muottiharkot) .*

	Muurattavat standardi-harkot	*Muurattavat eristeharkot*	*Liimattavat tai ohut-sauma muurattavat harkot ja elementit*	*Ladottavat valuharkot*	*Ladottavat eristetyt valuharkot*	*Ohutsauma-muurattavat ja ladottavat "hybridi-harkot"*	*Erikois-harkot*
Kevytsora-harkot							
Betoni-harkot							

Taulukko 1. *Harkkojen ryhmittely asennustavan mukaan.*

Harkkotyyppi	***Muurattavat harkot***			***Muotti-harkot***	***Käyttökohteita***
	Muuraus, 10 mm sauma	Ohutsauma-muuraus, 5 mm sauma	Ohutsauma-muuraus 2 tai , 3 mm sauma		
Vakioharkot, kevytsorabetoni	×	×	–	–	Perustukset, muurit, kantavat ja ei-kantavat seinät, lämpörapatut julkisivut
Vakioharkot, betoni	×	×	–	×	Perustukset, muurit kantavat ja ei-kantavat seinät Muottiharkoilla leveydet 150...300 mm.
Eristeharkko - EPS eriste	×	×	–	×	Ulkoseinät, perustukset
Eristeharkko - PU eriste	×	×	–		Ulkoseinät, perustukset
Hybridiharkko - betoniharkko - EPS eriste		×		×	Ulkoseinät, perustukset. Harkko ensin muurataan ja sitten ontelot valetaan betonilla
Hybridiharkko - kevytsorabetoni - PU eriste		×		×	Ulkoseinät, perustukset. Harkko ensin muurataan ja sitten ontelot valetaan betonilla
Väliseinäharkot		×	×	×	Muurattavilla väliseinäharkoilla kantavat seinät (≥100 mm) ja ei-kantavat seinät (<100 mm). Ladottavilla väliseinäharkoilla leveys ≥150 mm

Muuraus, 10 mm sauma
Harkkojen muurauksessa 10 mm:n saumalla käytetään muurauslaastia M 100/500, jossa sideaineena on muurausssementti ja runkoaineen raekoko 0...4 mm. Sideaineen ja kiviaineksen seossuhde on 100:500 paino-osina. Tehdasvalmisteisissa laasteissa käytetään pakkasenkestävyyttä ja työstettävyyttä parantavia lisäaineita.
Muurauslaasti levitetään muurauskauhalla tai -kelkalla.

Ohutsaumamuuraus, 5 mm sauma
Ohutsaumamuurauksessa käytetään tähän tarkoitukseen kehitettyä erikoislaastia. Sideaineena on muuraussementti. Laasti levitetään yleensä muurauskelkalla.

Ohutsaumamuuraus, 3 mm sauma
Sementtipohjaiseen sideaineeseen pohjautuva erikoistuote. Laasti voidaan levittää kauhalla, kelkalla tai juokseva hyvin koossapysyvä laasti voidaan levittää kaatamalla muurausalustalle.

Muottiharkkojen onteloiden valu
Onteloiden valussa käytetään lujuusluokaltaan ≥C30/37 betonia, jonka maksimiraekoko on 8 tai 16 mm ja notkeusluokka S4 tai S5. Valussa tulee noudattaa harkkovalmistajan ohjeita.

2.2 Muurattavat harkot

Muurattavia harkkoja valmistetaan sekä kevytsorabetonista että normaalipainoisesta betonista. Muurauksessa sauman leveys voi olla 10 mm, 5 mm 3 mm tai 2 mm. Sauman leveyden ollessa 10 mm myös pystysaumassa käytetään laastia ja 10 mm:n saumaa. Ohutsaumamuurauksessa pystysaumassa käytetään laastia vain rakennesuunnitelmien niin vaatiessa.

Muurattavia harkkoja valmistetaan vakiomittaisina ja lämpöeristeharkkoina. Harkot ovat CE-merkittyjä standardin SFS-EN 771-3: *Muurauskoekappaleiden spesifikaatiot. Osa 3.* Betoniharkot (normaalipainoinen ja kevytrunkoaines mukaan. Em. standardia täydentäviä vaatimuksia esitetään kansallisessa soveltamisohjeessa SFS 7001: Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja asetetut vaatimustasot.

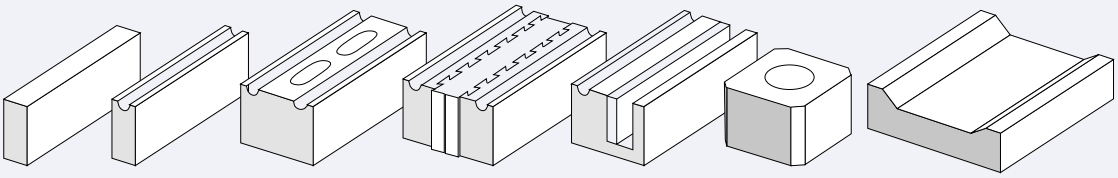
Harkoista voidaan valmistaa kantavia rakenteita, jotka mitoitetaan standardin SFS-EN 1996 Muurattujen rakenteiden suunnittelu -mukaan
(ks. liite 1 Muurattujen harkkorakenteiden mitoitus).
Standardeissa muurattaville harkoille asetetaan vaatimuksia mm. seuraaville ominaisuuksille:

- puristuslujuus
- pakkasenkestävyys
- sallitut mittapoikkeamat
- Kiheys (bruttotiheys ja nettokuivatiheys)

Muurattavilta kevytsoraharkoilta vaadittavat ominaisuudet (SFS-EN 7001) esitetään **taulukossa 2.**

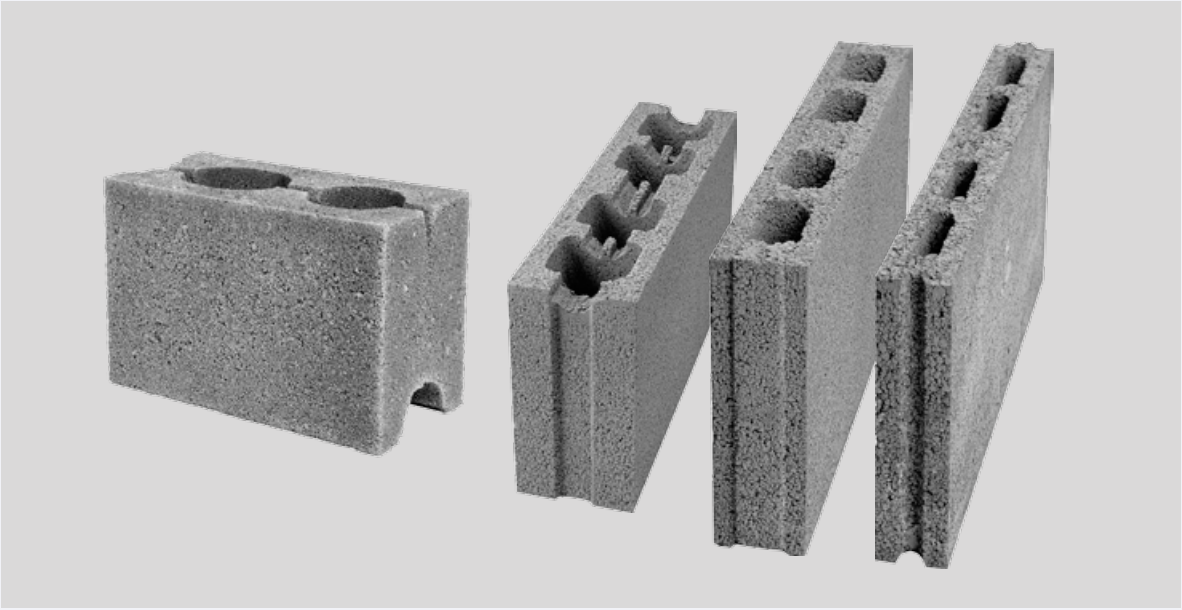
Kuva 2. *Erilaisia harkkotyyppejä.*

Kuva 3. *Esimerkkejä muurattavista kevytsoraharkoista.*



Umpiharkko *Uraharkko* *Reikäuraharkko* *Eristeharkko* *Palkkiharkko* *Pilariharkko* *Anturaharkko*

Kuva 4. *Esimerkkejä väliseinäharkoista.*



Taulukko 2. *Muurattavilta betoniharkoilta (kevytrunkoaines[1]), normaalipainoinen runkoaines) eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja asetetut vaatimustasot SFS 7001 mukaan.*

	Ominaisuus	Käyttökohde	Vaatimus		Vaatimustaso SFS-EN 771-3 mukaiselle harkolle
			K	E	
1	Mitat	Kaikki	×		Ilmoitettava
2	Mittapoikkeamat	Ohutsaumamuuraus	×		Mittapoikkeamaluokka D4 Ilmoitettava D1, D2, D3 tai D4
		Muu käyttö		×	
3	Lapepintojen tasaisuus	Ohutsaumamuuraus	×		Ilmoitettava
		Muu käyttö		×	
4	Lapepintojen yhdensuuntaisuus	Ohutsaumamuuraus	×		Ilmoitettava
		Muu käyttö		×	
5	Kappaleen muoto	Kaikki	×		Ilmoitettava SFS-EN 771-3 mukaisella tavalla
6	Puristuslujuus	Kaikki	×		Ilmoitettava • Puristuslujuuden keskiarvo f_{um} • Normalisoidun puristuslujuuden keskiarvo f_b (≥2 N/mm²) • Kategoria ja kuormitussuunta
7	Mittojen pysyvyys	Kaikki	×		Ilmoitettava kosteusmuodonmuutos (mm/m)
8	Tartuntalujuus	Rakenteellinen käyttö	×[2]		Ilmoitettava: • ominaisleikkauslujuuden perusarvo f_{vko} • taivutuslujuuden ominaisarvo vaakasaumojen suuntaisessa murtotasossa f_{xk1} • taivutuslujuuden ominaisarvo vaakasaumoja vastan kohtisuorassa murtotasossa f_{xk2}
		Muu käyttö		×	
9	Palokäyttäytyminen	Palovaatimuksia	×		RakMK osien E mukaan, ilmoitetaan A1, A2, B, C, D, E tai F ja alaindeksit erikseen harkolle sekä mahdolliselle eristeelle. Ks. RakMK E1
		Ei palovaatimuksia		×	
10	Vedenimukyky	Säälle tai kosteudelle alttiina, kosteussulkuna	×		Ilmoitettava kapillaarinen vedenimukerroin (g/(m²/s))
		Muu käyttö		×	
11	Vesihöyryn läpäisevyys	Säälle tai kosteudelle alttiina	×		Ilmoitettava diffuusiokerroin μ
		Muu käyttö		×	
12	Ilmaäänen-eristävyys	Äänineristys-vaatimuksia	×		Ilmoitettava bruttokuivatiheys (kg/m³)
		Muu käyttö		×	
13	Lämmönvastus	Lämmöneristys-vaatimuksia	×		Ilmoitettava lämmönjohtavuus $\lambda_{dry,unit}$ harkolle ja lämmönjohtavuus mahdolliselle eristeelle lämmöneristysstandardien mukaisesti
		Ei lämmöneristys-vaatimuksia		×	
14	Jäädytys-sulatus kestävyys	Säälle alttiina	×		Kevytrunkoaines: SFS 7001 liitteen 2 testin läpäisy Normaalipainoinen runkoaines: SFS 7001 liitteen 1 jäädytys-sulatustestin läpäisy
		Muu käyttö		×	
CE –merkinnän ulkopuolella ilmoitettavat suositeltavat ominaisuudet					
15	Eristeen ja harkon välinen tartuntalujuus	Kaikki			Ilmoitetaan SFS 7001 liitteen 3 mukaisesti määritelty tartuntalujuus kN/m²
16	Valmistukseen käytetyn kevytsora-betonin lujuus	Rakenteellinen käyttö			Ilmoitetaan kuten normalisoidun puristuslujuuden keskiarvo f_b esim. koekuutioiden perusteella)

[1] Kevytrunkoainesta käytettäessä nettokuivatiheys ilmoitetaan tuotteen kuvauksessa.
[2] Ei tarvitse selvittää, jos muurauslaastin valmistaja on selvittänyt

2.2.1 Vakiomittaiset harkot

Kevytsorabetoniharkot

Kevytsorabetoniharkot ovat kevytsorasta, rakennussementistä, vedestä, kiviaineksesta ja täyteaineista valmistettuja mittatarkkoja rakennustarvikkeita. Kevytsora on savesta polttamalla paisutettua savea. Saven poltto tapahtuu yli 1100-asteisessa pyörivässä uunissa. Uunin pyörimisliikkeen johdosta syntyvät kevytsorarakeet saavat pyöreän muodon ja sileän pintarakenteen. Rae on pinnaltaan tiivistä, mutta sisältä huokoista materiaalia. Kevytsorarakeiden koko vaihtelee välillä 1...20 mm. Kevytsora erotellaan eri fraktioihin seulomalla. Rakeiden huokoisuus tekee niistä keveitä ja lämpöä eristäviä. Kevytsoran tiheys on 250...400 kg/m^3. Kevytsoraa käytetään harkkojen lisäksi rakennusten ala- ja yläpohjien lämmöneristeenä, kevennysperustuksissa sekä routaeristeenä. Kevytsoraa käytetään myös tie-, katu- ja ratarakennuskohteissa routaeristeenä ja kevennysrakenteissa.

Kevytsoraharkoissa käytettävän kevytsorabetonin nettokuivatiheys on perustus- ja ulkoseinäharkoissa 700 kg/m^3 tai 1000 kg/m^3. Yleisin kevytsorabetoniharkoissa käytettävä nimellistiheys on 700 kg/m^3, jolloin saavutetaan normalisoitu *(ks. standardi SFS-EN 1996)* puristuslujuus 3...4 MN/m^2. Kevytsorabetonin tiheydellä 1000 kg/m^3 saavutetaan puristuslujuus noin 5 MN/m^2. Rakenteiden mitoitusta varten harkkojen lujuus- ja muut arvot määritetään asianomaisten standardien mukaan. Harkkojen ominaisuuksissa on valmistajakohtaisia eroja ja mm. puristuslujuus tulee näin ollen tarkistaa valmistajakohtaisesti kyseisen harkon CE-merkinnän suoritustasoilmoituksesta DoP (Declaration of Performance). Kantavissa rakenteissa käytettävillä kevytsorabetoniharkoilla normalisoidun puristuslujuuden tulee kuitenkin olla vähintään 2 MPa (SFS 7001). Nämä lujuudet ovat yleensä riittäviä mm. perusmuureissa, kellarin seinissä ja muissa seinärakenteissa.

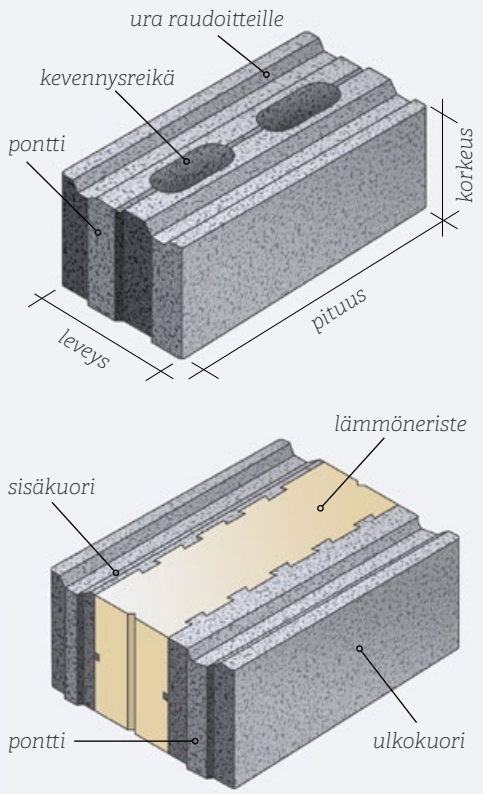
Vakiomittaisten kevytsoraharkkojen tuotetunnuksia ovat:

- suorakulmainen umpiharkko H
- suorakulmainen uraharkko UH
- suorakulmainen reikäharkko RH
- suorakulmainen reikäuraharkko RUH

Uraharkoissa (UH) oleviin uriin (1 tai 2 uraa harkon leveydestä riippuen) voidaan sijoittaa raudoiteteräksiä. Harkon tunnus voi olla esimerkiksi RUH 240, jolloin kyseessä on suorakulmainen 240 mm leveä reikäuraharkko.

Muurattavien (muuraus 10 mm:n saumalla) harkkojen pituus on 590±5 mm ja korkeus 190±5 mm. Harkkojen menekki on siten

Kuva 5. *Muurattavan harkon osat ovat lape, syrjä, pää, reikä ja ura. Harkon nimellismitat ilmoitetaan leveys (mm) x pituus (mm) x korkeus (mm).*



8,3 kpl/m² ilman hukkaa. Vakioharkkojen leveydet vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan H-75, UH-100, UH-125, UH-150, RUH-200, RUH-240, RUH-250, RUH-290, RUH-300, RUH-340, RUH-380, RUH-420.

Vakiomittaisia harkkoja valmistetaan myös ohutsaumamuuraukseen. Harkoille käytetään samoja tunnuksia kuin edellä kuvatuille muurattaville harkoille. Ohutsaumamuuraukseen tarkoitettujen harkkojen pituus on joko 498±2 mm tai 598±2 mm eli liittymismitta voi olla joko 500 mm tai 600 mm ja harkkojen pystysaumassa käytetään laastia vain, jos harkko joudutaan katkaisemaan, tai rakennesuunnitelmien niin vaatiessa. Liittymismitalla 500 mm harkkojen menekki on 10 kpl/m² ja liittymismitalla 600 mm 8,33 kpl/m². Harkon päädyssä voi olla ura tai siinä on asennusta helpottava pontti. Ohutsaumamuurattavien harkkojen korkeus on 195±2 mm, jolloin muuraussauman nimellismitta on 5 mm. Harkkojen leveydet ovat 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 340, 380, ja 420 mm. Ohutsaumamuurattavia harkkoja ei saa käyttää rakenteissa, joissa pystysaumaan (jossa ei ole laastia) kohdistuu taivutus- ja/tai puristusrasitus. Kevytsoraharkkojen ominaisuuksia esitetään **taulukossa 3.**

Taulukko 3 *Kevytsorabetoniharkkojen ominaisuuksia.*

Ominaisuus[1)]	*Arvo*	*Yksikkö*
Kuivatiheys, kevytsorabetoni	700	Kg/m³
Ulkoseinät • kosteuspitoisuus • lämmönjohtavuus, täydet saumat • Lämmönjohtavuus, , rakosaumat	 4 0,25 0,21	 % W/mK W/mK
Kellarin seinät • Kosteuspitoisuus • Lämmönjohtavuus, rakosaumat	 7 0,22	 % W/mK
Perusmuurit • Kosteuspitoisuus • Lämmönjohtavuus, rakosaumat	 10 0,24	 % W/mK
Ominaislämpökapasiteetti C_a Kevytsorabetoniharkot tiheys 600...1000 kg/m³	1000	J/kg/K
Pituuden lämpötilakerroin, α_t	$6x10^{-6}$	1/K
Kuivumiskutistuminen	< 0,6	mm/m

[1)]Harkkojen ominaisuudet ja arvot tarkistettava CE –merkinnän suoritustasoilmoituksista ja teknisistä tuotelehdistä.

Muurattavat betoniharkot

Muurattavissa betoniharkoissa betonin tiheys on ≥ 2200 kg/m³. Betoniharkot muurataan muurauslaastilla M100/500 (10 mm sauma) tai ohutsaumamuuraukseen tarkoitetulla laastilla (5 mm sauma). Harkkojen liittymismitat ovat samat kuin kevytsorabetoniharkoilla, joten harkon korkeusmitta on joko 190 mm tai 195 mm ja pituusmitta 590 tai 598 mm silloin, kun pystysaumassa ei käytetä laastia. Muurattavia harkkoja on saatavilla myös pituusmitalla 390 mm.

Harkoissa on valmiit urat, joihin voidaan asentaa muurauksen yhteydessä rakennesuunnitelmissa esitetyt vaakasuuntaiset harjateräkset. Urien ansiosta terästen ympärille saadaan riittävästi harkkolaastia, jotta teräksen suojaetäisyysvaatimukset täyttyvät. Raudoitteiden ansiosta muurattu betoniharkkoseinä voi toimia myös maanpaineseinänä. Raudoitusterästen määrän, sijainnin ja laadun määrää aina rakennesuunnittelija.

Raudoitusurien lisäksi betoniharkoissa voi olla valmiita onteloita, joihin voidaan asentaa sähköputkituksia. Onteloiden kannet puhkaistaan muurauksen yhteydessä ja putkitus nostetaan muurauksen edetessä ylöspäin. Rasioita varten tarvittavat aukot leikataan kulmahiomakoneeseen kiinnitetyllä timanttiterällä ja sähkörasiat kiinnitetään laastilla paikoilleen.

Muurattavia betoniharkkoja valmistetaan useita eri leveyksiä käyttötarkoituksen mukaan. Muurattavien betoniharkkojen valikoima ei ole yhtä monipuolinen kuin kevytsorabetoniharkoilla. Betoniharkoilla moduulimitoituksen käyttö on suositeltavaa ja helpottaa harkkojen yhteensovittamista ja sahaustarvetta muiden rakennusosien, kuten esimerkiksi ovien ja ikkunoiden kanssa.

2.2.2 Muurattavat eristeharkot

Eristeharkkojen muurauksessa käytetään muurausta 10 mm:n saumalla tai ohutsaumamuurausta 5 mm:n saumalla. Ohutsaumamuurauksessa ei käytetä yleensä laastia pystysaumassa.

Eristeharkkojen liittymismitat ovat korkeussuunnassa 200 mm ja pituussuunnassa 500 mm tai 600 mm valmistajasta riippuen.

Eristeharkkoja on saatavilla leveyksillä 240, 250, 290, 300, 340, 350, 380, 400 ja 420 mm eristyskyvyn ja rakenteellisten ominaisuuksien mukaan. Asuinrakennusten ulkoseinissä harkon leveyden tulee käytännössä olla vähintään 350 mm, jotta ulkoseinällä voitaisiin saavuttaa energiamääräyksissä asetettu lämmönläpäisykertoimen vertailuarvo U= 0,17 W/m^{2}K. Harkoissa lämmöneristeenä voi olla joko polyuretaani tai polystyreeni. Polyuretaanieristeellä voidaan saavuttaa samalla eristepaksuudella parempi lämmöneristyskyky kuin paisutetulla polystyreenieristeellä. Muurattavilla eristeharkoilla voidaan saavuttaa eristemateriaalista riippumatta U-arvo U=0,12 W/m^2/K. Edellytyksenä on, että vaakasaumassa eristeen kohdalla käytetään vähän paisuvaa polyuretaanivaahtoa sauman tiivistämiseksi ja rakenteen tulee olla tiivistetty ulko- ja sisäpuolelta tasoitteella tai rappauksella. Ilman polyuretaanivaahtoa U-arvo on hieman suurempi 0,13 W/m^{2}K. Em. U-arvon ulkoseinärakenteella voidaan toteuttaa passiivienergia- tai lähes 0-energiataloja.

Leveydeltään 240...340 mm eristeharkkoja käytetään puolilämpimissä tiloissa, maatalouden rakennuksissa, pienteollisuuden tuotantotiloissa ja perustuksissa.

2.2.3 Väliseinäharkot ja -elementit

Väliseinäharkot

Kevytsorabetonista valmistetut väliseinäharkot asennetaan yleensä ohutsaumamuuraamalla (sauma 5 mm 3 mm tai 2 mm). Väliseinäharkoissa liittymismitta korkeussuunnassa voi olla 200 tai 300 mm harkkotyypistä riippuen. Vaakasuunnassa liittymismitta on yleensä 600 mm. Liittymismitalla 300 mm aukkojen ylitykset esim. oviaukkojen kohdalla helpottuvat. 3 mm:n ohutsauma muuraukseen tarkoitettujen väliseinäharkkojen valmistusmitat ovat:

- korkeus 198, 298 tai 300 mm
- pituus 498, 598 mm
- harkkojen leveys ei-kantavissa väliseinissä on 68, 88 tai 100 mm
- kantavissa ja hyvää ääneneristävyyttä vaativissa väliseinissä leveys on yleensä 100, 130, 150 tai 200 mm

Pystysaumassa ei yleensä käytetä laastia. Pystysauma on yleensä pontattu asennuksen helpottamiseksi.

Harkkomenekki seinäneliötä kohden on harkon korkeudesta riippuen 5,6...11,11 kpl/m^2. Saatavana on myös puolikkaita harkkoja työstötarpeen vähentämiseksi sekä uraharkkoja putkien ja johtojen vaakasuuntaiseen asennukseen seinän sisässä.

Väliseinäelementit

Kevytsorabetonista valmistetaan väliseinäelementtejä, joissa kevytsorabetonin ominaistiheys on 1250 kg/m^3. Elementtien painoa on kevennetty onteloilla, joita voidaan käyttää putkistojen ja johtojen asennusreittinä. Väliseinäelementtejä valmistetaan 68, 92, 120 ja 130 mm paksuisina. Elementin leveys on 600 mm ja korkeus vaihtelee välillä 2500...3300 mm. Elementit painavat koosta riippuen 93...214 kg/kpl. Onteloita voi olla 6 tai 8 kappaletta. Rakenne on tyyppihyväksytty paloluokkiin EI 30 (68 mm) tai EI 60 (92 mm).

2.2.4 Täydentävät harkkotuotteet ja erikoisharkot

Vakiomittaisia kevytsorabetoniharkkoja ja eristeharkkoja täydentäviä erikoisharkkoja ja tuotteita ovat mm:

- kulmaharkot (sisäkulma, ulkokulma), oikea- että vasenkätinen
- harkot aukkojen ylityksiin
- valmispalkit aukkojen ylityksiin, aukonylitysraudoitteet
- anturaharkot
- pilariharkot
- hormiharkot
- raudoitteet (esivalmistetut tanko- ja tikasraudoitteet, syöpymättömät raudoitteet)

Erikoisharkoilla voidaan nopeuttaa ja helpottaa työtä, vähentää harkkojen leikkaustarvetta ja työstöä. Vakioharkot yhdessä täydentävien erikoisharkkojen ja rakennustarvikkeiden kanssa muodostavat harkkoihin perustuvan rakennusjärjestelmän, joista kootaan erilaisia talopaketteja. **Kuvassa 6** esitetään harkkojärjestelmää täydentäviä erikoisharkkoja.

Kuva 6. *Kuvia erikoistuotteista.*

Harkkorakenteissa käytetään normaalisti harjaterästankoja läpimitaltaan 6, 8, 10 tai 12 mm. Säärasituksille alttiissa rakenneosissa voidaan tarvittaessa käyttää syöpymättömästä tai sinkitystä teräksestä valmistettuja raudoitteita. Raudoitteita käytetään kutistumishalkeilun rajoittamiseen sekä kuormitusten vastaanottamiseen kantavissa rakenneosissa. Eräissä ohutsaumamuurattavissa harkkotyypeissä järjestelmään on kehitetty tikasraudoite, joka mahtuu kapeampaan saumaan kuin harjateräs.

Julkisivuharkot

Betoniharkoissa on saatavilla myös julkisivuvaihtoehto, jossa harkon näkyvän pinnan muodostaa halkaistu betoni. Julkisivuharkko on lohkopintainen ja se voidaan sävyttää väripigmenteillä.

2.2.5 Muurauslaastit

Muurauslaasti sitoo harkot toisiinsa yhtenäiseksi rakenteeksi. Laastisauman avulla voidaan myös korjata harkoissa olevia vähäisiä mittapoikkeamia. Yhdessä raudoituksen kanssa laasti antaa harkkorakenteelle suunnitellun lujuuden. Laasti suojaa harkkorakenteissa olevia teräksiä korroosiolta, kun raudoitteet asennetaan standardien vaatimusten mukaisilla suojakerrospaksuuksilla.

Laasteilta vaadittavat ominaisuudet määritellä än standardissa SFS-EN 998-2. *Laastien spesifikaatiot. Osa 2.* Kansallisesti sovitut vaatimustasot esitetään standardissa SFS-7001. Em. standardien mukaan valmistettujen laastien tulee olla CE-merkittyjä. Muurauksessa käytettävien laastien käyttöominaisuuksia esitetään **taulukossa 4.**

Taulukko 4 *Kevytsoraharkkomuurauksessa käytettäviä laasteja ja niiden käyttöominaisuuksia.*

Tuote	*Harkkolaasti M 100/500*	*Talvilaasti tai pakkaslaasti*	*Ohutsaumalaasti, maxrae ≤ 2 mm*
Muuraus	Kevytsoraharkot	Kevytsoraharkkojen muuraus lämpötilassa +5...–15 °C	Vakioharkot, väliseinäharkot
Pakkauskoko	25, 500, 1000 kg	25 kg, 500 kg, 1000 kg	25 kg
Vesimäärä/25 kg	3...3,5 l	2,5 l kylmää vettä	5,5...6 l
Sekoitus	Betonimylly, ruuvisekoitin	Betonimylly, ruuvisekoitin	Laastisekoitin ns. vispilä
Työskentelyaika	Noin 3 h	Noin 0,5 h	Noin 3 h
Menekki	30...60 kg/m²	30...60 kg/m²	2...2,5 kg/m2²
Varastointiaika	12 kk	6 kk	12 kk

Standardeissa laasteille esitetään vaatimuksia koskien mm.

- puristuslujuutta
- pakkasenkestävyyttä
- tartuntalujuutta
- notkeutta

Muurauksessa käytettävän saumapaksuuden mukaan harkkojen muurauksessa käytetään yleensä seuraavaa ryhmittelyä

- muuraus 10 mm:n saumalla
- ohutsaumamuuraus, sauman paksuus 5 mm tai 3 mm

Muurauslaasteille asetetut vaatimustasot esitetään **taulukossa 5.**

Taulukko 5. *Muurauslaastilta (ominaisuuslaastit) eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja vaatimustasot SFS 7001 mukaan.*

	Ominaisuus	Käyttökohde	Vaatimus		Vaatimustaso SFS-EN 998-2 mukaiselle ominaisuuslaastille
			K	E	
1	Puristuslujuus	Kaikki	×		Ilmoitettava puristuslujuusluokka tai puristuslujuus N/mm²
2	Tartuntalujuus	Rakenteellinen käyttö	×		Ilmoitettava ominaisleikkauslujuuden perusarvo f_{vko}
		Muu käyttö		×	
3	Kloridipitoisuus	Raudoitettu rakenne	×		≤ 0,1 % CL laastin kuivapainosta
		Muu käyttö		×	
4	Palokäyttäytyminen	Kaikki		×	
5	Vedenimukyky	Ankarille sääolosuhteille alttiina	×		Ilmoitettava (g/(m² min^{0,5}))
		Muu käyttö		×	
6	Vesihöyryn läpäisevyys	Kaikki		×	
7	Lämmönjohtavuus	Lämmöneristys-vaatimuksia	×		Ilmoitettava lämmönjohtavuus $\lambda_{,dry,mat}$
		Ei lämmöneristys-vaatimuksia		×	
8	Jäädytys-sulatus-kestävyys	Säälle alttiina	×		SFS 7001 liitteen 4 testin läpäisy
		Muu käyttö		×	
CE -merkinnän ulkopuolella ilmoitettavat suositeltavat ominaisuudet					
9	Kuivatiheys	Kaikki			Kovettuneen laastin kuivatiheyden vaihteluväli (kg/m³)
10	Ilmapitoisuus				Tuoreen laastin ilmapitoisuuden vaihteluväli % muurauslaastin tilavuudesta
11	Kiviaineksen maksimirae-koko	Ohutsaumamuuraus			Suositellaan ilmoitettavaksi Suositukset: • 5 mm sauma, raekoko ≤ 2 mm • 3 mm sauma, raekoko ≤1,5 mm • 2 mm sauma, raekoko ≤1,0 mm

Muurauslaasti M100/500

Harkkojen muurauksessa 10 mm saumapaksuudella käytetään yleensä muurauslaastia M 100/500, jossa sideaineena on muuraussementti 100 paino-osaa ja runkoaineena uunikuivattu luonnonkiviaines raekooltaan 0...4 mm 500 paino-osaa.

Muurauslaastia M 100/500 on saatavissa valmiiksi sekoitettuina kuivalaasteina 25 kg, 500 kg tai 1000 kg pakkauksissa. Laastiin sekoitetaan työmaalla vesi. Isommilla työmaalla voidaan pystyttää sekoitusasema sekä laastin siirtoputkisto.

Kovettuneen laastin puristus- ja vetolujuus ylittää kevytsoraharkon vastaavat lujuudet ja tartunta harkkoon ylittää harkon vetolujuuden. Laastin tulee olla pakkasenkestävää säärasituksille alttiissa rakenneosissa kuten julkisivut ja sokkelit.

Tehdasvalmisteisen muurauslaastin M100/500 tulee olla CE -merkittyä ja valmistaja ilmoittaa laastien ominaisuudet suoritustasoilmoituksessa DoP.

Ohutsaumalaastit

Ohutsaumalaastin tehtävänä on muurauslaastin tavoin sitoa harkot toisiinsa yhtenäiseksi rakenteeksi. Ohutsaumalaastit sisältävät uunikuivattua ja seulottua kiviainesta, mineraalista täyteainetta, sementtiä, vettä ja lisäaineita. Ohutsaumamuurauksessa laastin maksimiraekoko saa olla korkeintaan 2 mm laasteja koskevan standardin SFS-EN 998-2 ja kansallisen soveltamisohjeen SFS 7001 mukaan.

Ohutsaumalaasti levitetään valmistajan ohjeiden mukaisesti muurauskelkalla tai -kauhalla noin 5 mm saumapaksuudella. Ohuesta saumasta johtuen harkkojen tulee olla erittäin mittatarkkoja. Standardin SFS 7001 mittatarkkuusluokkavaatimus on D.

Ohutsaumalla 2...3 mm laastin maksimiraekoko voi olla korkeintaan 1,0 mm. Laasti levitetään harkon pintaan kauhalla, suppilosta tms. kaatamalla tai kastamalla muurattavan harkon pinta laastiin. Ohutsaumamuurauksessa harkoilta edellytetään erittäin suurta mittatarkkuutta ja muuraukseen käytettyjen laastien tulee olla soveltuvia kyseisellä saumapaksuudella muuraukseen.

Ohutsaumalaastit toimitetaan työmaalle kuivalaastina yleensä 25 kg säkeissä. Laastiin lisätään työmaalla puhdas, huoneenlämpöinen vesi valmistajan ohjeiden mukaisesti. Laastia sekoitetaan 10...15 minuuttia laastivispilällä, jonka jälkeen laastin annetaan seistä noin 10 minuuttia. Laastia sekoitetaan lopuksi vielä hetken, jotta laasti on tasalaatuista ennen käytön aloitusta. Valmiin laastin käyttöaika on 2–3 tuntia. Ohutsaumalaastin menekki on noin 2,5 kg/m^2, kun väliseinäharkon paksuus on 88 mm. Laasti varastoidaan työmaalla kuivassa tilassa irti maasta. Avaamattomina säältä ja kosteudelta suojassa varastoituina laastipakkaukset säilyvät noin vuoden.

Ohutsaumalaastit ovat CE-merkittyjä.

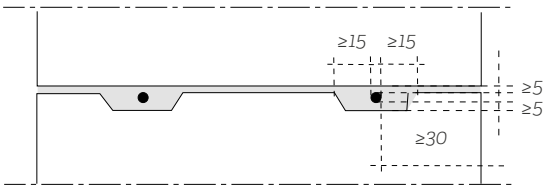
Kiviliimat

Harkkojen asennukseen voidaan käyttää kiviliimoja silloin kun, kyseessä ei ole kantava rakenne tai rakenteelle ei ole esitetty palonkestävyysvaatimuksia. Kiviliiman tulee olla harkon valmistajan suosittelemaa laatua ja liimauksessa noudatetaan liiman valmistajan ohjeita.

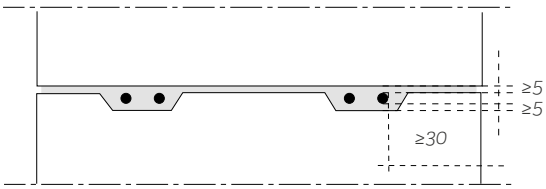
Raudoitteet

Harkkorakenteessa raudoitteet ottavat vastaan taivutus-, leikkaus- ja vetojännityksiä. Raudoitteilla rajoitetaan rakenteen kutistumisesta sekä lämpö- ja kosteusliikkeistä johtuvaa halkeilua. Raudoitteina käytetään SFS-standardien mukaisia betoniterästankoja, joiden paksuudet ovat yleensä (6) 8...10 (12) mm.

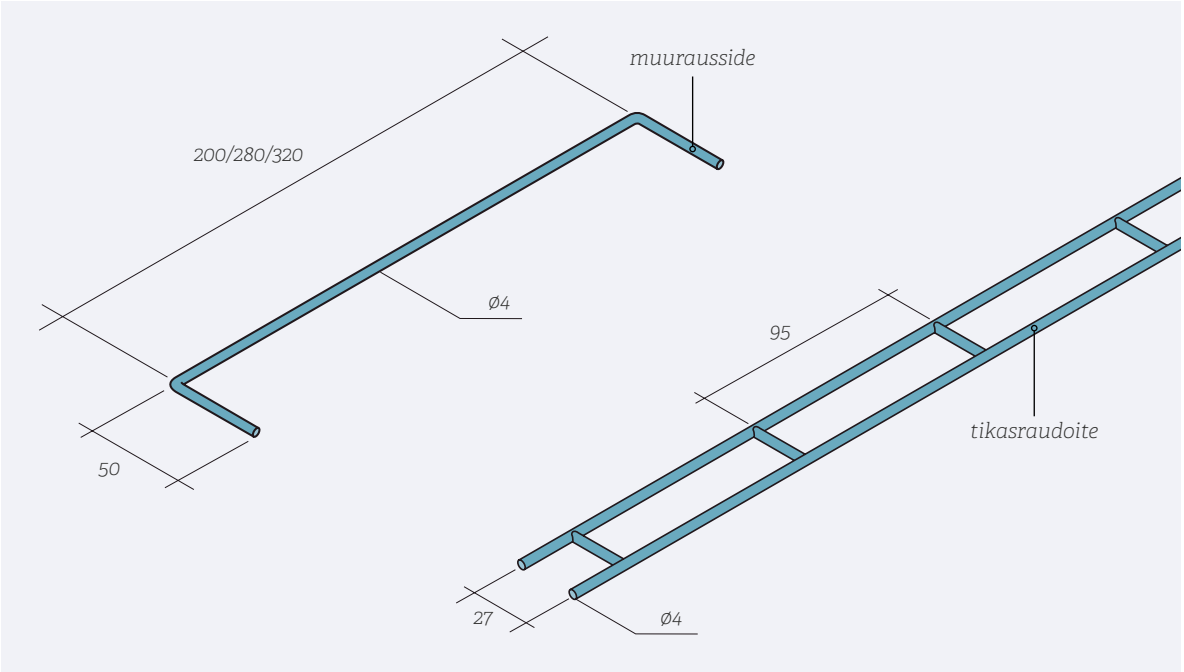
Raudoitteet sijoitetaan harkon raudoitusuriin siten, että laasti antaa raudoitteelle riittävän korroosiosuojan ja tartunnan **(ks. kuvat 7 ja 8).** Erityistä säilyvyyttä vaativissa olosuhteissa käytetään raudoitteena syöpymätöntä terästä. Tällöin raudoitteen tulee olla ympäröity laastilla riittävän tartunnan aikaansaamiseksi. Harkkorakenteissa käytettävien muuraussiteiden on oltava korroosionkestäviä ja muiden metallisten rakenneosien korroosiosuojattuja. Ohutsaumamuurattavissa harkkorakenteissa käytetään usein erikoisraudoitteita tai raudoite-elementtejä **(ks. kuva 9).**



Kuva 7. *Raudoitteiden sijoittaminen 10 mm:n saumalla muurattuun kevytsoraharkkorakenteeseen. Laasti suojaa raudoitetta korroosiolta. Raudoitteina käytetään 6, 8, 10, tai 12 mm harjaterästä. Myös syöpymättömän harjateräksen käyttö tulee kyseeseen vaikeissa olosuhteissa.*



Kuva 8. *Ohutsaumamuurattavissa harkoissa voidaan laastimenekin vähentämiseksi käyttää erikoisraudoitteita kuten esimerkiksi tikasraudoitteita.*



Kuva 9. *Ruostumattomasta teräksestä taivutettu muurausside ja tikasraudoite.*

2.2.6 Kevytsoraharkkojen ja -rakenteiden ominaisuudet

Paino

Harkoissa käytetyn kevytsorabetonimassan ilmoitettu tiheys saa poiketa nimellistiheydestä enintään ± 10 %. Toimituskosteus saa olla enintään 15 %. Tasapainokosteus valmiissa rakenteessa on yleensä 2...6 paino-%. Eristettyjen kevytsorabetoniharkkojen ominaisuuksia esitetään **taulukossa 6.**

Taulukko 6. *Eristettyjen kevytsoraharkkojen ominaisuuksia.*

Ominaisuus	
Kevytsorabetonin kuivatiheys	700...950 kg/m³
Harkon paino	16...22 kg
Normalisoitu puristuslujuus, kevytsorabetoni	3...5 MN/m²
Kuivumiskutistuma	< 0,6 mm/m
Eristeharkkoseinän U-arvo - eristeharkon leveys >300 mm - eristeharkon leveys >380 mm - eristeharkon leveys >420 mm	 0,23 W/m²K[1)] 0,15 W/m²K[1)] 0,12 W/m²K[1)]

[1)] *Valmiin seinän U-arvo PU–eristetyistä harkoista. Seinärakenne on tasoitettu sisäpuolelta ja rapattu ulkopuolelta. Eristeen kohdalle asennetaan mineraalivillakaista tai sauma tiivistetään vähän paisuvalla polyuretaanivaahdolla, jota levitetään yleensä 2 palkoa. Jos sauman tiivistystä ei tehdä U-arvo kasvaa noin 0,01...0,03 W/m²K. U-arvo riippuu eriste- ja harkkotyypistä ja tiedot tulee tarkistaa valmistajalta.*

Mittatarkkuus

Harkkojen mittatarkkuusluokat D1, D2, D3 ja D4 esitetään **taulukossa 7.** Ohutsaumamuurattaville harkoille mittatarkkuusvaatimukset ovat kaikkein tiukimmat ja niiden osalta vaatimuksena on luokka D4.

Taulukko 7. *Betoni- ja kevytsorabetoniharkkojen mittatarkkuusvaatimukset (mm) SFS 7001 mukaan.*

Mittapoikkeamaluokka	*D1*	*D2*	*D3*	*D4[1)]*
Pituus	+3 -5	+1 -3	+1 -3	+1 -3
Leveys	+3 -5	+1 -3	+1 -3	+1 -3
Korkeus	+3 -5	±2	±1,5	±1,0

[1)] *Ohutsaumamuurauksessa vaaditaan poikkeamaluokka D4.*

Lujuus

Kevytsoraharkkojen normalisoidun puristuslujuuden tulee olla vähintään 2,0 MPa. Rakenteiden mitoituksessa tarvittavat lujuusarvot ovat valmistaja- ja harkkokohtaisia ja ne ilmoitetaan CE-merkinnän suoritustasoilmoituksessa DoP.

Lämmöneristävyys

Eristeharkkojen eristemateriaalit, niiden paksuus ja eristyskyky vaihtelevat, joten harkoilla saavutettavat ulkoseinien U-arvot tulee tarkistaa aina valmistajan tuotetiedoista. Lämpimien ja kylmien tilojen välisissä harkkoseinissä tarvitaan aina lisälämmöneristystä. Lämmöneristys voidaan tehdä joko käyttämällä eristeharkkoja tai käyttämällä rakenteessa erillistä lämmöneristekerrosta. Rakosauman käyttö muurauksessa parantaa harkkoseinän lämmöneristyskykyä. Rakosaumassa lämmöneristeen kohdalle ei levitetä laastia. Eristeharkkorakenteen lämmöneristystä voidaan parantaa asentamalla rakosaumaan mineraalivillakaista tai tiivistämällä sauma vähän paisuvalla polyuretaanivaahdolla (2 palkoa). Rakenteen kosteusteknisen toimivuuden vuoksi ei suositella käytettävän muovisukassa olevaa villakaistaa. Kevytsoraharkkoseinä on lämpöä varaava rakenne, ja tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää alentamaan rakennuksen lämmitys- ja jäähdytyskustannuksia.

1.7. 2012 voimaan tulleiden rakennusten energiamääräysten mukaan rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo lasketaan rakenneosien lämmönläpäisykertoimien U avulla. Rakennuksen vaippaa tarkastellaan kokonaisuutena, johon kuuluu ainakin ulkoseinät, yläpohja, alapohja, ikkunat ja ovet. Lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot esitetään vaipan eri rakenteille **taulukossa 8.** Jos näistä arvoista poiketaan ylöspäin esim. harkkorakenteen osalta, rakenteen lämmönläpäisykyky kasvaa ja sen aiheuttama lämpöhäviö tulee kompensoida muilla rakenteilla esim. ikkunat, ovet, yläpohja ja alapohja.

Taulukko 8. *Vuoden 2012 energiamääräysten mukaiset lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa lämpimissä tiloissa, joissa huonelämpötila on ≥+17 0C.*

Seinien lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot (2012)	***U-arvo***
Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rajoittuessa ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan	0,17 W/m²K
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja, tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta	0,17 W/m²K
Maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/m²K
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m²K
Ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0 W/m²K

Vaatimuksia rakennusten energiankulutuksen osalta tullaan kiristämään lähivuosina ja pyrkimyksenä asuinrakennuksissa on lähes 0-energiataso, jossa rakennus tuottaisi lähes kaiken tarvitsemansa energian. Tämä tulee tämä ottaa huomioon, kun halutaan varautua kiristyviin vaatimuksiin (esim. talotekniikka, rakenteet).

Harkkorakenteen tiiviys

Kevytsorabetoni on huokoista materiaalia, joka läpäisee esimerkiksi radonkaasua ja vesihöyryä. Tämän vuoksi kevytsoraharkoista muuratut rakenteet on tiivistettävä pinnoittamalla ne molemmin puolin esimerkiksi slammaamalla, tasoittamalla tai rappaamalla. Muurattu kevytsorabetonirakenne on kosteutta läpäisevä ja kosteuden eristys toteutetaan tarkoitukseen soveltuvilla vesieristyksillä märkätiloissa, sokkeleissa ja kellarin seinissä.

Kylpyhuoneissa ja vastaavissa tiloissa vesieristykset toteutetaan *Suomen rakentamismääräyskokoelman Osa C2:* Kosteus, määräykset ja ohjeet mukaan. Kylpyhuoneissa ja vastaavissa tiloissa kosteudeneristysjärjestelmän ja -materiaalien tulee olla sertifioituja.

Rakenteen ulkopuolisena vedeneristyksenä käytetään yleensä bitumikermejä. *(ks. RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet).* Ns. patolevyjä voidaan käyttää helpoissa olosuhteissa. Patolevyjä on suositeltavaa käyttää bitumikermieristyksen mekaanisena suojana kellarin seinissä. Vesieristys toteutetaan rakennesuunnittelijan laatiman rakennesuunnitelman ja ohjeiden mukaan.

Kevytsoraharkkorakenteiden eristysratkaisut radonia vastaan: kts kohta 5.1.5.

Säänkestävyys

Kevytsorabetoniharkkojen kapillaarisuus ja vedenimu on vähäistä ja yleensä selvästi pienempi kuin betonilla tai muurauslaastilla. Kevytsoraharkot ja muurauksessa käytettävät tehdasvalmisteiset laastit täyttävät standardin SFS 7001 mukaiset pakkasenkestävyysvaatimukset, joten harkkoja voidaan käyttää säärasituksille alttiissa julkisivupinnoissa ja myös ulkona sijaitsevissa kylmissä rakenteissa kuten aidoissa ja muureissa.

Palonkestävyys

Betoni ja kevytsorabetoni samoin kuin muurauslaasti M 100/500 ovat palamatonta ainetta (luokka A1). Tästä syystä kevytsoraharkkoja käytetään myös palonkestävyyden ja syttymisherkkyyden kannalta vaativissa rakennusosissa kuten suojaverhouksissa, asuinrakennusten ja teollisuusrakennusten osastoivina seininä.

Taulukko 9. *Kevytsorabetoniharkkojen palonkestoaikoja. Taulukon arvot perustuvat standardin SFS-EN 1996-1-2 taulukkomitoitukseen palotilanteessa aukkoryhmän 1 harkoille ja ovat voimassa, kun seinät on pinnoitettu molemmin puolin ja seinän korkeuden suhde leveyteen on ≤40.*

Harkko	Aukko-ryhmä[3]	Bruttokuiva-tiheys[1] ρ Kg/m³	Osastoiva ei-kantava seinä	Kantava seinä		Iskunkestävyys	
				Osastoiva	Osaston sisäinen	Ei-kantava	Kantava
Väliseinäharkko 88 mm	1	400...1600	EI 60	—	—	—	—
Väliseinäharkko 130 mm	1	400...1600	EI 180	REI 90	R 60	—	—
Väliseinäharkko 150 mm	1	400...1600	EI 240	REI 120	R 90	—	—
Väliseinäharkko 200 mm	1	400...1600	EI 240	REI 240	R 120	—	—
H-75	1	700	EI 60	—	—	—	—
UH-100	1	700	EI 120	REI 60	R 30	—	—
RUH-125	1	700	EI 180	REI 90	R 60	—	—
RUH-150	1	700	EI 240	REI 120	R 90	—	—
RUH-200	1	700	EI 240	REI 240	R 120	—	—
RUH-240	1	700	EI 240	REI 240	R 180	EI-M 60	REI-M 60
RUH-250	1	700	EI 240	REI 240	R 180	EI-M 60	REI-M 60
RUH-290	1	700	EI 240	REI 240	R 240	EI-M 90	REI-M 90
RUH-300	1	700	EI 240	REI 240	R 240	EI-M 120	REI-M 120
RUH-340	1	700	EI 240	REI 240	R 240	EI-M 120	REI-M 120
RUH-380	1	700	EI 240	REI 240	R 240	EI-M 180	REI-M 180
RUH-420	1	700	EI 240	REI 240	R 240	EI-M 180	REI-M 180
Eristeharkko-350[1]	1	700	EI 120	REI 60	—	—	—
Eristeharkko-380[2]	1	700	EI 180	REI 90	—	—	—
Eristeharkko-420[2]	1	700	EI 180	REI 90	—	—	—

[1] *Kantavan kuoren leveys vähintään 100 mm.*
[2] *Kantavan kuoren paksuus vähintään 120 mm.*
[3] *Aukkoryhmä ja bruttokuivatiheys CE –merkinnän suoritustasoilmoituksesta DoP.*

Kevytsorabetoniharkoista muuratut rakenteet on paloluokiteltu. Kevytsorabetoniharkkorakenteiden (harkon kuivatiheys enintään 700 kg/m³) palonkestoaikaluokat voidaan määrittää standardin SFS-EN 1996-1-2 taulukkomitoituksella. Kevytsorabetoniharkkorakenteiden palonkestävyysominaisuuksia esitetään **taulukossa 9.**

Ääneneristys ja -vaimennus

Seinien ilmaääneneristävyysvaatimus on (R'w) on 39...55 dB tilojen käyttötarkoituksesta riippuen *(ks. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa C1.* Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet). Kevytsoraharkkorakenteilla voidaan täyttää ääneneristysvaatimukset rakennuksen eri osien tai huoneistojen välillä, kun käytetään yksi-, kaksi- tai useampikerroksisia harkkorakenteita ja rakenteet pinnoitetaan tasoitteella (paksuus > 5 mm) tai rappauksella (paksuus > 10 mm).

Eritasoisia ilmaääneneristävyyden vaatimuksia täyttäviä kevytsoraharkkorakenteita esitetään **taulukossa 10** ja **kuvassa 11.** Jotta ilmaääneneristys toteutuisi kaikilta osin, on seinärakenteen liittymät ulkoseiniin, väli- ja yläpohjiin sekä perustuksiin suunniteltava ja toteutettava huolella. Esimerkiksi sähkörasiat ja halkeamat sekä äänisillat voivat heikentää rakenteen ilmaääneneristyskykyä huomattavasti.

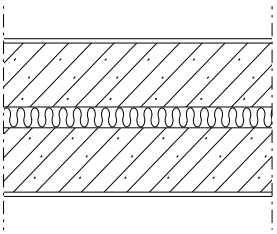
Taulukko 10. *Kevytsorabetoniharkkorakenteiden ilmaääneneristyslukuja R'w (rakennuksessa mitattuja arvoja).*

Ilmaäänen eristävyyslukuja (R'w)[1)]	
UH-150	40 dB
RUH-200	44 dB
RUH-250	46 dB
RUH-300	48 dB
Väliseinäharkot tai –levyt	
Paksuus 88 mm, bruttokuivatiheys > 700 kg/m³	35 dB
Paksuus 100 mm, bruttokuivatiheys > 700 kg/m³	*36 dB*
Paksuus 150 mm, bruttokuivatiheys > 700 kg/m³	37 dB
Paksuus 130 mm, bruttokuivatiheys >1600 kg/m³	44 dB
Paksuus 130 mm, bruttokuivatiheys > 2150 kg/m³	48 dB
Eristeharkkoseinän leveys >380 mm	49 dB[2)]
Kaksoisrakenne (huoneistojen välinen seinä) *UH-100, muurauslaasti myös pystysaumassa* *50 mm rako ja mineraalivilla kaksoisrakenteen välissä* *UH-100, muurauslaasti myös pystysaumassa* - Seinäpinnat tiivistetään vähintään 5 mm tasoitteella. - Seinät tukeutuvat sokkeliin, jossa halkaisu ulottuu vähintään 400 mm syvyydelle. - Ääneneristysarvo huononee 2...3 dB, jos seinät sidotaan toisiinsa sidelangoilla 4 kpl/m²	55 dB

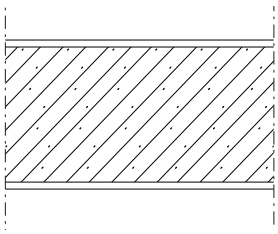
[1)] *Harkkoseinä tulee tiivistää tasoite- tai rappauslaastilla molemmin puolin*
[2)] *Ääneneristysvaatimus huoneistojen väliselle seinälle*

Kuva 10. *Rakenteilla oleva harkkotalo.*

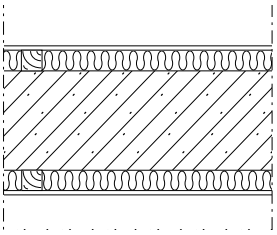
Kuva 11. *Ilmaääneneristysarvoja R'w erilaisilla kevytsoraharkkorakenteilla.*



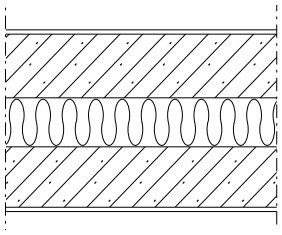
55 dB
5 mm tasoite
150 mm kevytsoraharkko
50 mm mineraalivilla
150 mm kevytsoraharkko
5 mm tasoite



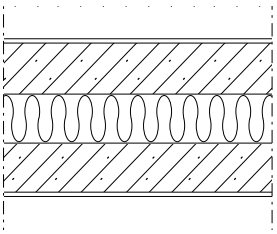
58 dB
10 mm tasoite
200 mm ponttikivi
10 mm tasoite



55 dB
rakennuslevy
50 mm mineraalivilla ja rimoitus
200 mm kevytsoraharkko
50 mm min.villa, rimoitus rakennuslevy



60 dB
5 mm tasoite
150 mm kevytsoraharkko
100 mm mineraalivilla
150 mm kevytsoraharkko,
5 mm tasoite



55 dB
5 mm tasoite
100 mm kevytsoraharkko
100 mm mineraalivilla
100 mm kevytsoraharkko
5 mm tasoite

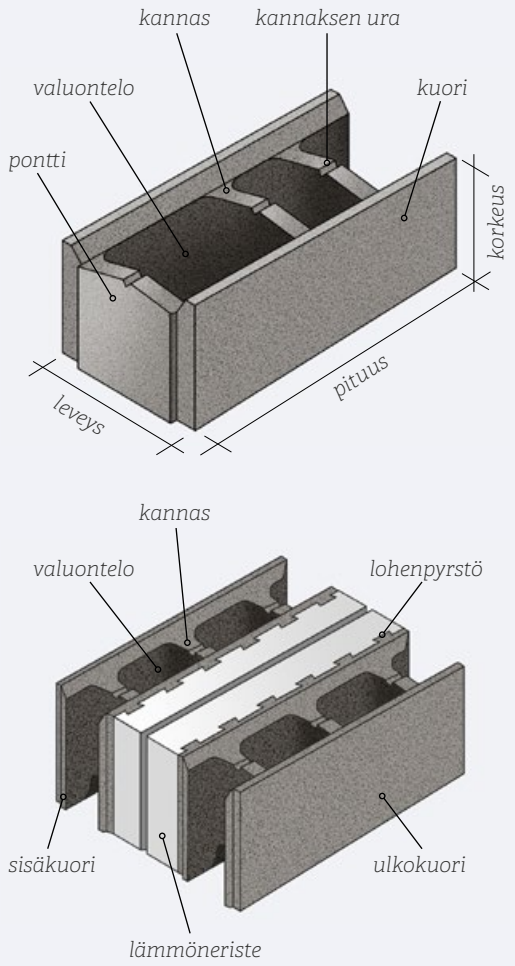
2.3 Ladottavat harkot (muottiharkot)

Seuraavassa käsitellään ladottavia betonimuottiharkkoja, joissa olevat ontelot täytetään notkealla betonimassalla asennuksen yhteydessä. Näistä harkoista käytetään myös nimitystä muottiharkko tai valuharkko. Betonivaluharkkoja käytetään yleisesti perustuksissa, kellarin seinissä, ulko- ja väliseinissä, pilareissa, tukimuureissa ja aidoissa. Muottiharkon osat ja käsitteitä esitetään **kuvassa 12.**

Betonivaluharkot ovat luonnonkiviaineksesta, sementistä ja vedestä valmistettuja erittäin mittatarkkoja rakennuskappaleita. Harkoissa käytettävässä betonissa osa runkoaineesta voi olla korvattu kevytsoralla, jolla harkon painoa voidaan keventää ja helpottaa asennustyötä. Betonivaluharkkojen avulla pystytään rakentamaan betonirakenteita ilman erillistä muottirakenteiden pystytystä ja purkua. Ladottavien valuharkkojen liittymismitta korkeussuunnassa on 200 mm ja pituussuunnassa tavallisesti 600 mm tai
500 mm. Lisäksi on saatavilla erilaisia täydentäviä erikoisharkkoja kuten kulmaharkot, päätyharkot, 1/3- ja 2/3 -osaharkot katkaisutarpeen vähentämiseksi sekä harkot aukkojen ylityksiin. Muottiharkot ladotaan yleensä 200 mm:n limityksellä, joten rakenteissa noudatetaan niin vaaka- kuin pystysuunnassa 2M-modulimitoitusta.

Muottiharkot ladotaan päällekkäin ilman kiinnityslaastia **(kts. kuva 13).** Ladonnassa kulmaharkot menevät kulmissa kerroksittain ristiin. Harkoissa olevat valuontelot muodostavat yhtenäisen ja tiiviin verkoston. Muottiharkoissa on valmiit paikat raudoitusteräksille ja raudoitteet asennetaan paikoilleen harkkojen ladonnan yhteydessä. Muottiharkkoihin voidaan tarvittaessa asentaa myös pystysuuntaisia raudoitteita, jolloin kestävyyttä vaakavoimille voidaan merkittävästi lisätä kuten kellarin seiniin ja tukimuureihin.

Kuva 12. *Muottiharkon osat. (SFS-EN 15435).*



Kuva 13. *Valettavien betoniharkkojen ladontaa. Vaakaraudoitteet asennetaan valuharkossa olevaan uraan.*

Muottiharkkorakenteissa sähköputkitukset asennetaan valuonteloihin ja asennusrasiat kiinnitetään harkkoihin ladonnan yhteydessä ennen valua. Rakenne tuetaan ennen valua. Ontelot valetaan täyteen hyvin juoksevalla, notkistetulla tai itse tiivistyvällä betonimassalla. Betonimassa tilataan valmisbetonitehtaalta ja valetaan työmaalla yleensä pumpulla. Valun yhteydessä betonimassa tiivistetään huolellisesti sauvatäryttimellä. Itse tiivistyvää betonimassaa käytettäessä kevyt tiivistäminen sauvatäryttimellä on myös suositeltavaa. Valuvalmistelut ja jälkihoito tehdään normaalien betonirakenteiden tapaan.

Muottiharkkojen osalta noudatetaan standardia SFS-EN 15435. Betoniharkot. Muottiharkot normaalista ja kevytkiviainesbetonista. Tuoteominaisuudet.

Muottiharkkojen CE-merkintä koskee vain harkon toimintaa muottina. Muottiharkkoa voidaan määrätyin ehdoin hyödyntää kantavana rakenneosana yhdessä valubetonirakenteen kanssa. Tällöin muottiharkolta edellytetään täydentäviä testejä ja laadunvalvontaa.

2.3.1 Vakiomittaiset muottiharkot

Muottiharkoilla liittymismitat ovat samat kuin kevytsorabetoniharkoilla, korkeussuunnassa 200 mm ja pituussuunnassa 600 mm tai 500 mm. Harkkojen kokovalikoima on muurattavia kevytsorabetoniharkkoja suppeampi. Harkkojen valmistustoleranssit asennustekniikasta (ladonta ilman laastia päällekkäin) johtuen ovat erittäin tiukat. Yleensä harkkojen lapepinnat mitallistetaan tehtaalla hiomalla.

Vakiomittaisten muottiharkkojen leveydet ovat 150, 200, 250 ja 300 mm. Muottiharkko sopii hyvin kantaviin rakenteisiin ja kun rakennetta kuormittaa pystykuormien lisäksi vaakakuorma esim. maanpaine. Valuharkkorakenne on tiivis ja sillä on hyvät palonkestävyys- ja ääneneristysominaisuudet sekä rakenteellinen lujuus.

2.3.2 Lämpöeristetyt muottiharkot

Ladottavat eristeharkot

Lämpöeristetyt muottiharkot sisältävät betonin lisäksi lämmöneristekerroksen, jonka paksuus vaihtelee harkkotyypin mukaan. Eristeharkkoja käytetään ulkoseinissä, perusmuureissa ja kellarin seinissä.

Harkkojen lämmöneristeenä käytetään paisutettua polystyreeniä (EPS) tai polyuretaania (PU). Eriste on sijoitettu harkon sisä- ja ulkokuoren muodostavien betonikuorten väliin. Lämmöneriste pysyy kiinni harkon betonikuorissa ns. lohenpyrstöliitoksella.

Harkkojen ladonnan yhteydessä eristeiden pysty- ja vaakasaumoihin pursotetaan 1 tai 2 palkoa vähän paisuvaa polyuretaanivaahtoa, jolla varmistetaan eristeen yhtenäisyys. Erikoiskohdissa kuten kulmissa, päädyissä ja aukkojen ylityksissä käytetään harkkojärjestelmään sopivia täydentäviä harkkoja **(kts. kuva 14).** Ladonnan yhteydessä harkkojen onteloihin asennetaan suunnitelmien mukaiset raudoitteet, rakenne tuetaan ja ontelot valetaan notkealla betonimassalla.

Kuva 14. *Rakenteiden nurkat tehdään käyttäen kulmaharkkoja. Pystyraudoite asennetaan valuonteloihin.*

Vaaka- ja pystyraudoitusmahdollisuuden ansiosta valuharkot soveltuvat ulkoseinien lisäksi erinomaisesti myös kellarin maanpaineseiniin. Yhtenäisen teräsbetonirakenteen ansiosta erillisiä, maanpaineseinää tukevia väliseiniä tai tukirakenteita ei valuharkkoseinissä yleensä tarvita.

Eristemuottiharkkoja on saatavilla leveyksillä 300, 350, 380, 400, 420 mm tai 500 mm. Energiamääräysten lämmönläpäisykertoimen vertailuarvoon U=0,17 W/m^{2}K on mahdollista päästä leveydeltään ≥380 mm eristemuottiharkolla.

Muurattavat ja valettavat ns. hybridiharkot

Muurattavien muottiharkkojen ns. hybridiharkkojen muurauksessa käytetään 200 mm:n limitystä tai puolen harkon limitystä, kun harkon pituus on 500 mm. Ohutsaumalaasti levitetään harkon ulkokuorelle (ei-kantava rakenneosa, jossa ei ole valuonteloita) sekä valettavan sisäkuoren (kuormia kantava rakenneosa) ulommaiseen kannakseen. Kantavana rakenteena toimivassa sisäkuoressa olevat ontelot valetaan notkealla betonimassalla valuharkkojen tapaan.

Hybridiharkkojen korkeus on 195 tai 198 mm ja pituus on tavallisesti 498 tai 598 mm. Järjestelmään voivat kuulua myös kulma- ja päätyharkot sekä osaharkot.

Raudoitus asennetaan muurauksen yhteydessä niille varattuihin uriin rakennesuunnitelman mukaan. Hybridiharkkojen kantavaan sisäkuoreen voidaan asentaa sekä vaaka- että pystysuuntaisia raudoitteita.

Muurattavan muottiharkon käyttökohteena on erityisesti kellarin seinät, joissa rakenteeseen kohdistuu pystykuormien lisäksi vaakakuormia mm. maanpaineesta. Hybridiharkko soveltuu myös rakenneosiin, joissa on poikkeuksellisen suuret kuormat kuten ikkunan pieliin. Harkkojen leveysmitat on sovitettu siten, että niitä voidaan käyttää yhdessä eristettyjen saman levyisten muurattavien kevytsoraharkkojen tai muottiharkkojen kanssa esimerkiksi siten, että kellari toteutetaan muurattavilla valuharkoilla ja maanpäällinen kerros tehdään eristetyillä muurattavilla kevytsoraharkoilla.

2.3.3 Muottiharkot väliseinissä

Väliseinissä käytettävien muottiharkkojen leveydet ovat 150, 200, 250 ja 300 mm. Muottiharkko sopii erityisesti kantaviin väliseiniin ja rakenteisiin, joissa edellytetään hyvää ääneneristävyyttä ja palonkestävyyttä sekä rakenteellista lujuutta. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi huoneistojen väliset seinät sekä erilaiset palomuurit.

2.3.4 Muottiharkkoja täydentävät tuotteet

Muottiharkkojärjestelmään kuuluu mm. seuraavia harkkojärjestelmää täydentäviä tuotteita:

- kulma- ja päätyharkot
- kaarevat harkot
- aukkojen ylitysharkot ja -ylityspalkit
- anturaharkot
- pilariharkot
- raudoitteet
- osakivet

Valuharkkorakenteet voidaan raudoittaa sekä vaaka- että pystyraudoituksella. Raudoitteina käytetään SFS-standardien mukaisia betoniterästankoja, joiden paksuudet ovat yleensä 8...10 mm. Raudoitteet on sijoitettava betoniharkkojen onteloihin RakMk B9:n mukaisesti, jolloin betoni antaa raudoitteille riittävän suojan korroosiota vastaan.

2.3.5 Muottiharkkojen onteloiden valu

Betoni

Muotiharkkorakenteessa onteloihin valettu betoni toimii rakenteen kantavana rakenneosana. Muottiharkkojen onteloiden valuissa käytettävän betonin lujuuden sekä rasitusluokan määrittelee aina kohteen rakennesuunnittelija, kunkin rakenneosan vaatimusten mukaan. Betonivalusta laaditaan työmaalla betonityösuunnitelma sekä betonointipöytäkirja. Julkisivuissa vaatimuksena on yleensä huoksotettu betoni C30/37 (standardi SFS-EN 206, rasitusluokat XF1 ja XC3).

Muottiharkkojen onteloiden valuissa käytettävän betonin suurin raekoko saa olla enintään 16 mm yli 200 mm leveillä harkoilla ja enintään 8 mm alle 200 mm leveillä harkoilla. Betonimassan tulee olla notkeudeltaan vetelää tai nestemäistä (notkeusluokka S3 tai S4). Harkkovalmistajat ja valmisbetonin toimittajat antavat ohjeita betonin valinnasta, valusta, siirrosta ja jälkihoidosta.

Onteloiden valu

Muottiharkkojen ontelot valetaan siten, että harkkoja ladotaan noin 1,0...1,5 metrin korkuinen seinä. Seinä tuetaan ja tarkistetaan, että raudoitteet on asennettu rakennepiirustusten mukaan, onteloihin tulevat sähköputkitukset ovat paikoillaan ja muottiharkkorakenne on riittävän tiivis. Betonimassa siirretään yleensä betonipumpulla onteloihin ja tiivistetään sauvatäryttimellä. Tämän jälkeen harkkojen latomista jatketaan latomalla 1,0...1,5 metrin korkuinen kerros, joka tuetaan ja ontelot täytetään betonimassalla sekä tiivistetään sauvatäryttimellä. Näin jatketaan kunnes haluttu rakenteen korkeus on saavutettu. Erityisesti eristeharkoissa valuontelot ovat kapeita ja vaarana on, että betonia ei pystytä tiivistämään kunnolla ja valuun jää onteloita. Rakenteen tiiviys ja lujuus voivat jäädä puutteelliseksi, jos rakenne valettaisiin esimerkiksi koko seinän korkeudelta kerralla. Valun korkeutta tulee rajoittaa myös betonin erottumisen takia.

Valun esivalmistelut ja jälkihoito tehdään kuten tavanomaisilla betonirakenteilla. Valusuunnitelma ja valutyö dokumentoidaan esim. käyttämällä betonointipöytäkirjan lomaketta.

2.3.6 Muottiharkkorakenteiden ominaisuudet

Mitat

Muottiharkkojen pituus on 600 mm tai 500, korkeus 200 mm ja harkkojen leveydet ovat 150 mm:stä ylöspäin käyttötarkoituksen mukaan. Lämpöeristettyjä valuharkkoja on saatavilla 300...500 mm levyisinä. Harkkokoot ja erikoisharkkojen tarjonta vaihtelevat valmistajan mukaan.

Ladottavilta harkoilta edellytetään erittäin suurta mittatarkkuutta, koska mittavaihteluita ei voida tasata laastisauman avulla. Mittavaihteluita voidaan tasata määrätyissä rajoissa pienten saumoissa käytettävien kiilojen avulla.

Paino ja lujuus

Normaalilla runkoaineella tehdyn betonin tiheys on 2200...2400 kg/m^3. Kevytsoralla kevennetyn muottiharkon betonin tiheys on >1500 kg/m^3. Betonin tiheys vaikuttaa puristuslujuuteen. Muottiharkoissa käytettävän betonin puristuslujuus on vähintään C25/30.

Muottiharkkorakenteessa harkko toimii käytännössä liittorakenteena, mutta CE-merkintä koskee vain harkon toimintaa muottina. Jotta liittorakennetoimintaa voidaan hyödyntää rakenteen mitoituksessa, tulee tällä olla kansallinen tuotehyväksyntä kuten FI-merkintä.

Lämmöneristävyys

Eristemuottiharkkorakenteella voidaan päästä U-arvoon 0,11...0,17 harkkoleveyksillä 500...380 mm. Betoniharkkoseinä on lämpöä varaava ja ilmanpitävä rakenne, mikä parantaa rakenteen energiatehokkuutta. Eristetyillä betonimuottiharkoilla on mahdollista toteuttaa lähes 0-energiataloja.

Ilmanpitävyys

Betonivaluharkkorakenne on ilmatiivis eikä rakenteen tiivistäminen esim. slammaamalla ole tarpeen. Rakenteen riittävä tiiviys ja rakenteen yksityiskohdat on kuitenkin varmistettava kohdekohtaisesti radon- ja/tai kosteusrasituksen vuoksi.

Säilyvyys ja säänkestävyys

Valubetoniharkkorakenteet voidaan laskennallisesti mitoittaa joko 50 tai 100 vuoden käyttöiälle. Käyttöikämitoitus on esitetty betoninormeissa by50 betoninormit 2012. Betonirakenteiden säilyvyysvaatimukset esitetään standardissa SFS-EN 206-1 ja em. betoninormeissa.

Betonimuottiharkot ovat pakkasenkestäviä. Harkkoja voidaan käyttää rakennusten ulkopinnoissa ja ulkona sijaitsevissa muissa rakenteissa kuten tukimuureissa. Rakenteen säänkestävyydessä tulee ottaa huomioon myös käytettävä valubetoni. Rakenteiden säänkestävyyden mitoittaa aina rakennesuunnittelija.

Palonkestävyys

Rakennukset luokitellaan palonkestävyysluokkiin P1, P2 ja P3, joista luokka P3 on lievin. Pientalot kuuluvat yleensä luokkaan P3. Betoniharkkorakenne täyttää paloluokkien asettamat vaatimukset, kun seinärakenteen paksuus ja pintakäsittely suunnitellaan sopivaksi. Betoni luokitellaan palamattomaksi A1-luokan rakennustarvikkeeksi, joka ei osallistu lainkaan paloon. Tämän vuoksi betoniharkkoja voidaan käyttää myös erityistä palonkestävyyttä vaativissa rakennusosissa *(kts. Suomen rakentamisMääräyskokoelma osa E1)*, esimerkiksi asuinrakennusten ja teollisuusrakennusten osastoivina seininä. Taulukossa 11 esitetään mottiharkkoseinien palonkestävyysaikoja.

Taulukko 11. *Kantavien muottiharkkoseinien palonkestävyys. Taulukon palonkestävyysarvot on saatu SFS-EN 1992-1-2 taulukon 5.3 ja 5.4 arvoista kantaville teräsbetonirakenteille.*

Muotti-harkko[1)]	***Palonkesto standardipalossa.***			
	Seinän altistus palolle toiselta puolelta μ_{fi}=0,7[2)]	Osastoivana rakenteena	Kriteeri EI-M	Kriteeri REI-M Seinän altistus palolle toiselta puolelta μ_{fi}=0,7[2)]
150 mm	REI90	EI180	EI-M180[3)]	REI-M90[3)]
200 mm	REI120	EI240	EI-M240	REI-M120
250 mm	REI180	EI240	EI-M240	REI-M180
300 mm	REI240	EI240	EI-M240	REI-M240

[1)]Kun harkon seinämän vahvuus on vähintään 30 mm, raudoitteiden suojabetoni vähintään 20 mm ja raudoitteet vähintään T10, keskiöetäisyys on 55 mm. Keskiöetäisyysvaatimukset eri palonkestoluokissa ks. SFS-EN 1992-1-2+AC taulukko 5.4.
[2)]μ_{fi} on normaalivoiman mitoitusarvo palotilanteessa jaettuna seinän kestävyyden mitoitusarvolla normaalilämpötilassa. Varmalla puolella olevaksi μ_{fi}-arvoksi voidaan ottaa 0,7.
[3)]Raudoitettu rakenne.

Seinän vapaan korkeuden ja paksuuden suhde tulee olla ≤ 40.

Ääneneristys ja vaimennus

Seinien ilmaääneneristävyysvaatimus (R'W) on 39...55 dB rakennuksen ja sen tilojen käyttötarkoituksesta riippuen. Betoniharkkorakenteilla saavutetaan vaaditut ääneneristysominaisuudet rakennuksen eri osien tai huoneistojen välillä käyttämällä sopivan paksuisia betoniharkkorakenteita ja oikeanlaista pintakäsittelyä. Ilmaääneneristyksen osalta tulee kiinnittää erityistä huomiota ulkoseinien, väli- ja yläpohjien sekä perustuksien liittymien tiiviyteen.

Leveydeltään ≥200 mm muottiharkkoseinän ilmaääneneristysarvo on Rw ≥ 55 dB.

Betonimuottieristeharkkoseinän ilmaääneneristävyys on yleensä parempi kuin Rw 50 dB. Ilmaääneneristävyys ei riipu lämmöneristyksen paksuudesta, vaan kuoriosien massasta.

Hybridiharkkoseinän rakenteiden ominaisuuksia

Taulukossa 12 esitetään kevytsorabetonista (betonin tiheys 1000 kg/m³) valmistettujen hybridiharkkoseinän rakenteiden lämmön-, ääneneristävyys- sekä palonkestävyysominaisuudet.

Taulukko 12. *Kevytsorabetonista valmistettujen hybridieristeharkkoseinien lämmön-, palonkestävyys- ja ääneneristävyysarvoja (lähteet www.e-weber.fi, www.lakka.fi)*

Harkko	Valmiin seinän U-arvo	Palonkestoaika[1)]	Ääneneristävyys
Harkko LTV-380 - Harkon leveys 380 mm - PU eriste	0,17 W/m²K	EI 180 REI 120	R_w 52 dB R_w+C_{tr} 45 dB
Harkko LTV-420 - Harkon leveys 420 mm - PU-eriste	0,15 W/m²K	EI 240 REI 120	R_w 53 dB R_w+C_{tr} 46 dB
Harkko EKO+400 - Harkon leveys 400 mm - EPS eriste	0,16 W/m²K	EI 120 REI 30	R_w 48 dB R_w+C 44 dB R_w+C_{tr} 40 dB

R_w =ilmaääneneristys, laboratorioarvo
R_w+C = ilmaääneneristys ulkoa tulevalle melulle, laboratorioarvo
R_w+Ctr= ilmaääneneristys liikennemelulle, laboratorioarvo
[1)] Standardin SFS-EN 1992-1-2+AC taulukoiden 5.3. ja 5.4 mukaan. Paloaltistus toiselta puolelta, hyväksi käyttöaste μ_{fi} = 0,7 (R-kriteeri)

2.4 Harkkojen, laastien ja betonin laadunvalvonta

Harkkojen ja laastien tulee olla CE-merkittyjä. Suomessa valmistetut harkot kuuluvat myös kolmannen osapuolen tarkastuksen piiriin ja tuotanto on sertifioitu.

Valmisbetonilla ei ole eurooppalaista standardia eikä se kuulu CE-merkinnän piiriin. Suomessa valmisbetonin valmistajat kuuluvat kolmannen osapuolen tarkastuksen piiriin ja tuotanto on sertifioitu.

Betoniterästen ja raudoitteiden tulee täyttää niille voimassa olevissa SFS-standardeissa asetetut vaatimukset ja niiden tulee olla sertifioituja. Osoituksena sertifioinnista tuoteniput on merkitty SFS-merkillä.

Jos harkkorakentamisessa käytettävällä rakennustarvikkeella ei ole eurooppalaista standardia eikä näin ollen tuote ole CE-merkitty, tulee tuotteella tai tarvikkeella olla ympäristöministeriön varmentama käyttöseloste. Käyttöseloste tarvitaan tapauksissa, jossa rakennustarvike toimii kantavana rakenneosana tai osana kantavaa rakennetta.

18

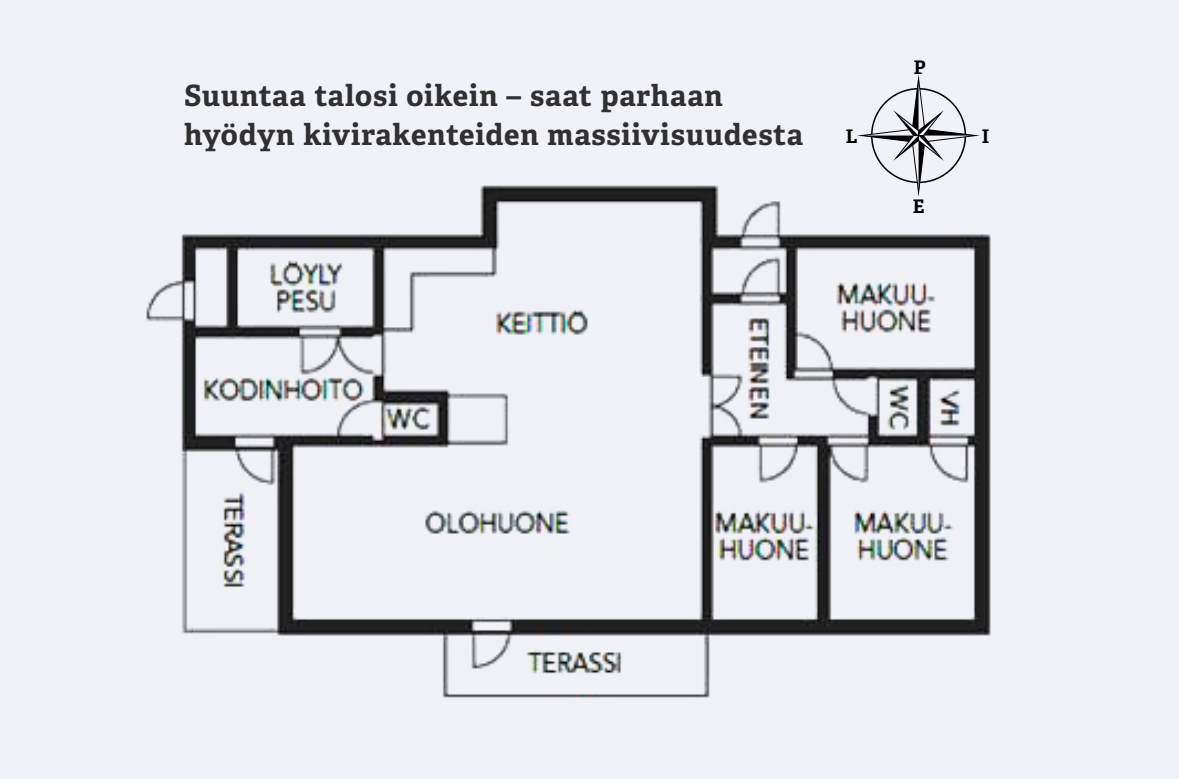
3 Harkkotalon energiatehokkuus

3.1 Harkkotalo ja energiansäästö

Suomessa kaikesta energiankäytöstä noin 40 % käytetään rakennuksissa (käyttövaihe) ja pientalojen lämmittäminen aiheuttaa noin 10 % kasvihuonekaasupäästöistä. Rakentamisvaiheen energiankäyttö puolestaan on suhteellisen pieni ja rakentamisvaiheen energiankäyttöä ei voi merkittävästi vähentää.

Asuinrakennuksen energiatehokkuuteen on helpointa ja taloudellisinta vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa. Rakennusten käyttövaiheen energiatehokkuuteen vaikuttavat monet asiat, joista tärkeimmät ovat rakenteiden lämmöneristävyys ja ilmatiiviys. Parhaat mahdollisuudet energiatehokkuudelle antaa pohjaratkaisultaan selkeä ja tehokas sekä käyttäjien tarpeisiin järkevän kokoiseksi mitoitettu rakennus. Tontille sijoittaminen ja asunnon eri toimintojen suuntaaminen ilmansuuntien mukaan vaikuttavat myös merkittävästi energiankulutukseen ja viihtyisyyteen.

Kuva 15. *Suuntaamalla talosi oikein säästät energiaa ja saat parhaan hyödyn rakennuksen massiivisuudesta.*



Hyvään lopputulokseen päästään valitsemalla kuhunkin rakennusosaan hieman tavanomaista parempi ratkaisu ja rakentamalla huolellisesti. Ratkaisujen valinnassa on hyvä pyrkiä ennakoimaan mm. teknistä kehitystä, rakentamista koskevien määräysten ja säännösten muutoksia, energian ja eri energiamuotojen hinnan kehitystä. Rakennuksen lämmöneristävyyden parantuessa alkavat asumistottumusten kuten lämpimän käyttöveden kulutuksen, valaistuksen ja sisälämpötilan vaikutukset rakennuksen kokonaisenergiankulutuksessa olla määrääviä.

Harkkotalon pieni energiankulutus perustuu hyvään lämmöneristykseen ja ilmanpitävyyteen sekä massiivisen rakenteen mahdollistamaan lämmön varastointiin. Lämmöneristyksen paraneminen tehostaa massiivisuuden positiivisia vaikutuksia niin, että talo jäähtyy hyvin hitaasti, vaikka lämmitys katkeaisikin. Esimerkiksi kevätauringon päivällä lämmittämä talo pysyy lämpimänä pakkasyön ilman lisälämmitystä.

Eri talotyyppien vuotuisen lämmitysenergian kulutuksen vertailu	
Normitalo vuonna 2003	tilojen lämmitykseen 100 kWh/m² + noin 35 kWh/m² taloussähköön
Normitalo vuonna 2010	tilojen lämmitykseen 80 kWh/m² + noin 35 kWh/m² taloussähköön
Normitalo 2012 (SRakMk 2012)	jossa lämmitettävä nettopinta-ala on 150 m², energiatehokkuusluku E <174 kWhE/m²/vuosi
Matalaenergiatalo 2012	(150 m² lämmitettävä pinta-ala) energiatehokkuusluku E ≤ 0,85x174 = 148 kWhE/m²/vuosi
Passiivienergiatalo 2012	tilojen lämmitykseen 20...30 kWh/m² (Etelä-Suomi...Pohjois-Suomi) + noin 35 kWh/m² taloussähköön
Normitalo 2020	tavoitteena energiatehokkuuden parantuminen vähintään 20 %:lla vuoden 2012 tasosta

Ilmaislämpöjen hyödyntämisessä korostuu huolellinen suunnittelu, kuten talon sijoittaminen tontille sekä tilojen suuntaus eri ilmasuuntiin. Hyödynnettävää lämpöä syntyy myös asukkaista, asumisesta (kuten ruoanlaitto, valaistus, kodinkoneet) ja tulisijoista.

Energiatehokkaassa harkkotalossa käytetään yksinkertaisia energiaa säästäviä ratkaisuja. Kivirakenteinen talo on ilmanpitävä (ilmanvuotoluku n50 on tyypillisesti alle 2, ei vetoa, ei hukkailmanvuotoa) ja rakenteen ilmanpitävyys paranee entisestään, kun yläpohja rakennetaan myös kivirakenteisena (esimerkiksi ontelolaattarakenteena). Ilmanvaihtojärjestelmään kuuluu tavanomaista selvästi tehokkaampi poistoilman lämmön talteenotto. Energiatehokkuutta parannetaan valitsemalla riittävä alapohjan, yläpohjan, ovien ja ikkunoiden lämmöneristys. Huolellisella suunnittelulla ja rakentamisella estetään rakenteiden kylmäsillat. Samalla ilmanpitävän harkkotalon hyvä ääneneristävyys esimerkiksi liikennemelua vastaan parantaa asumismukavuutta. Käytännön mittauksissa lämpöä varaavan kivirakenteisen talon on todettu tarvitsevan lämmitysenergiaa 5...15 % kevyttä rakennusta vähemmän. Lämmönvarauskyvystä saadaan suhteellisesti parempi hyöty hyvin lämpöeristetyissä ja ilmanpitävissä rakennuksissa.

Energiatehokkaan pientalorakentajan muistilista:

Tee perheesi tarpeita vastaava talo

- Ylimääräiset neliöt ja kuutiot lisäävät rakentamiskustannuksia ja energiankulutusta
- Ota huomioon kuitenkin perheesi tulevat tarpeet ja talon muunneltavuus

Eristä talo selvästi määräyksiä paremmin

- Kiinnitä erityistä huomiota yläpohjan, seinien ja alapohjan lämmöneristävyyteen
- Rakentamisvaiheessa lisäeristyksen kustannus on pieni – lisäeristäminen jälkikäteen on aina hankalampaa ja kalliimpaa
- Lämpöä varaavilla rakenteilla kuten seinät, katto, lattia voi säästää energiaa

Hanki rakennukseen energiatehokkaat ikkunat ja ovet

- Ikkunat ja ovet ovat rakennuksen lämmöneristyksen kannalta heikoin osa
- Ikkunoiden ja ovien energiatehokkuutta on helppo vertailla energialuokituksen avulla

Tee talosta ilmatiivis ja huolehdi riittävästä ilmanvaihdosta

- Ilmatiiviissä talossa ilma ei vaihdu rakenteiden läpi, vaan ilmanvaihto hallitaan koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla.
- Ilmatiiveyteen päästään hyvällä suunnittelulla ja huolellisella rakentamisella ilman merkittäviä lisäkustannuksia.

Hanki hyvällä lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihtolaite

- Lämmön talteenottolaite (LTO) ottaa talosta poistettavasta lämpimästä ilmasta lämpöä talteen ja lämmittää sisälle tuotavaa raitista ulkoilmaa
- Vertaile LTO-laitteiden vuosihyötysuhdetta – hyvällä laitteella se on yli 60 %

Kiinnitä huomiota valaistuksen ja kodin sähkölaitteiden energiatehokkuuteen

- Valitse valaisimia, joissa käytetään pienloistelamppuja tai LED-lamppuja
- Turhaa valaistusta voi vähentää liiketunnistimilla ja hämäräkytkimillä
- Valitse vähintään A-luokan kodinkoneita

3.2 Harkkotalon LVI-tekniikat

Perinteisesti pientaloissa lämmitystapa on valittu olosuhteiden ja mieltymysten mukaan seuraavasti:

- Vesikiertoinen lämmitys, jossa lämpöenergia siirtyy putkistoissa kiertävässä vedessä käyttö kohteeseen ja lämpö siirtyy sisäilmaan lämpöpatterista tai lattiaan sijoitetusta putkistosta
- Energialähteenä käytetään yleensä kaukolämpöä, öljyä, sähköä, maalämpöä tai puuta ja pellettejä
- Suora sähkölämmitys patterein ja/tai lattialämmityksenä

Energiamääräyksillä ja ohjeilla pyritään suosimaan ratkaisuja, jotka kuormittavat mahdollisimman vähän ympäristöä. Asuinrakennuksen energiankulutuksen tulee olla mahdollisimman pieni ja energiankäytössä tulee pyrkiä uusiutuviin energiamuotoihin. Energian tuottamisessa uusiutuvia energiamuotoja ovat esimerkiksi puu, pelletit, aurinko- ja tuulienergia sekä maalämpö. Auringon energiaa voidaan hyödyntää erilaisten aurinkopaneelien ja -keräinten avulla. Näiden tekninen kehitys on ollut viime aikoina nopeaa ja samalla hinnat ovat alentuneet. Aurinkopaneeleilla ja -keräimillä voidaan tuottaa sähköä ja lämpöä paneelityypistä riippuen.

Maaperästä, vesistöstä ja ilmasta saadaan energiaa lämpöpumppujen avulla. Lämpöpumput tosin tarvitsevat sähköenergiaa toimiakseen. Lämpöpumppuun syötetyllä yhdellä energiayksiköllä saadaan tuotettua yleensä noin 3...5 energiayksikköä lämpöä. Aurinkoenergiaa voidaan myös hyödyntää passiivisesti rakennuksen oikealla suunnittelulla. Esimerkiksi ikkunat voidaan suunnata säteilyenergian kannalta edullisesti ja lämpöenergiaa voidaan varastoida lämpöä varaaviin rakenteisiin kuten kivirakenteisiin seiniin ja lattioihin Myös tuulienergian käyttö tulee todennäköisesti lisääntymään rakennusten energiantuotannossa.

Huolellisesti rakennetun ja yksityiskohdiltaan mietityn noin 160 m²:n harkkotalon keskimääräinen lämmitysenergian tehontarve on talvikuukausinakin vain noin 1000 W (mitoitusteho –25 °C:ssa on hieman yli 2000 W). Pienen tehontarpeen ansiosta lämmitysjärjestelmää voidaan yksinkertaistaa samaan tapaan kuin passiivienergiatalossa. Yksinkertainen järjestelmä on toimintavarma sekä edullinen rakentaa ja pitää kunnossa. Esimerkiksi lämmityspatterit voidaan jättää pois hyvin lämpöä eristävien ikkunoiden alta.

Koska taloon rakennetaan kuitenkin ilmanvaihtojärjestelmä ja talo kytketään sähköverkkoon, on asuinrakennuksen lämmitys usein edullista integroida ilmanvaihtojärjestelmään, jossa lämpö jaetaan eri huonetiloihin lämmitettävillä tuloilmalaitteilla

Yhtä ja ainoaa oikeaa lämmitystapaa ei ole, vaan sopivin ratkaisu määräytyy muun muassa talon koon ja rakennuspaikan mukaan. Kaikissa tarjolla olevissa ratkaisuissa on hyviä ja huonoja puolia. Täydentävät lämmitystavat sekä varajärjestelmät kannattaa ottaa huomioon lämmitysjärjestelmää hankittaessa. Lämmitysjärjestelmät perinteistä uunilämmitystä lukuun ottamatta tarvitsevat sähköä toimiakseen, joten tulisija on hyvä varalämmönlähde jokaiseen pientaloon.

Kuva 16. *Vuotuinen energiankulutus vaihtoehtoisilla ratkaisuilla. (Lähde: Harkkotalon LVI-tekniikat, Matalaenergia- ja passiivienergiaratkaisut, Betoniteollisuus ry)*

Muutoksia energiantehokkuusvaatimuksissa
2010 energiatehokkuuden parantuminen 20 % vuoden 2003 tasosta
2012 energiatehokkuuden parantuminen 20 % vuoden 2010 tasosta
2012 lähtien energiatehokkuutta arvostellaan E-luvulla, joka sisältää kaiken rakennuksen käyttämän energian/vuosi. Toisaalta rakennuksessa syntyvä energia otetaan myös huomioon. Eri energiamuodoilla on E-luvun laskennassa kertoimet, joilla otetaan huomioon energiamuodon ympäristövaikutuksia.
2020 energiatehokkuuden parantuminen vähintään 20 % vuoden 2012 tasosta, tavoitteena "lähes 0-energiatalot"

Järjestelmä on helppo säätää huonekohtaisten vaatimusten mukaisesti. Lisäksi märkätiloihin asennetaan lattialämmitys ja tarvittaessa kuivauspattereita. Täydentävänä lämmönlähteenä toimii tulisija. Järjestelmät kehittynevät niin, että markkinoille tulee myös kaukolämpöön tai maalämpöön perustuvia ilmalämmityssovelluksia. Lämpöpumpuilla on mahdollisuus jäähdyttää sisätilaa kesäisin. Energiatarkasteluissa lämpimän käyttöveden tuotannon ja lämmön talteenoton tehokkuus korostuu.

Vuoden 2009 alussa voimaan tulleen maankäyttö- ja rakennuslain perusteella kunnat voivat ohjata lämmitystapavalintoja maankäytön suunnittelulla. Kunta voi velvoittaa, että asemakaava-alueelle rakennettavat uudisrakennukset liitetään kaukolämpöverkkoon. Liittymisvelvollisuudesta voidaan poiketa, jos rakennetaan matalaenergiatalo tai rakennukseen tulee vähäpäästöinen, uusiutuvaa energiaa hyödyntävä lämmitysjärjestelmä.

3.3. Energiankulutuksen tasot ja energiatodistus

3.3.1 Energiankulutustasot

Rakennus voidaan toteuttaa energiankulutuksen näkökulmasta monella eri tavalla. Vaatimustasoja voi olla mm. seuraavia:

- vaatimukset täyttävä minimitaso (ns. normitaso)
- matalaenergiataso
- passiivienergiataso
- 0-energiataso
- plusenergiataso

Normitason energiankulutustasolla tarkoitetaan rakennusta, joka on toteutettu voimassa olevien määräysten ja ohjeiden minimivaatimusten mukaisesti.

Matalaenergiataso tarkoittaa, että rakennus toteutetaan määräysten minimitasoa ns. normitasoa vähemmän energiaa kuluttavaksi. Aiemmin matalaenergiataloiksi on sanottu taloja, joiden lämmitysenergian kulutus on alle puolet verrattuna määräysten mukaiseen taloon.

Vuoden 2010 alusta voimaan tulleiden uusien rakentamismääräysten myötä eristysvaatimukset tiukentuivat merkittävästi ja samalla matalaenergiatalon määritelmä muuttui. Uusien rakentamismääräysten ohjeiden mukaan matalaenergiarakennusta suunniteltaessa tulisi laskennallisten lämpöhäviöiden olla enintään 85 % rakennukselle määritellystä vertailulämpöhäviöstä. Uudet vuonna 2012 voimaan tulleet energiamääräykset merkitsivät noin 20 %:n vähennystä rakennusten energiankulutukseen vuoden 2010 määräyksiin verrattuna. Tämä merkitsee vastaavaa vähennystä myös matalaenergiarakennuksiin.

Matalaenergiatalon rakentamiskustannukset ovat noin 3...5 % tavanomaista määräystasoa korkeammat.

Passiivienergiatalossa tavoite on asetettu edellistä selvästi tiukemmaksi ja yleisen määritelmän mukaan passiivienergiatalo ei tarvitse lainkaan lämmitys- eikä jäähdytysenergiaa. Suomessa tätä tavoitetta ei vielä voida kustannustehokkaasti toteuttaa ja siksi passiivienergiatalolle Suomessa on asetettu seuraavat lämmityksen energiatarpeen vaatimustasot:

- ≤20 kWh/m² vuodessa Etelä-Suomen rannikolla
- ≤25 kWh/m² vuodessa Keski-Suomessa
- ≤20 kWh/m² vuodessa Pohjois-Suomessa

Nimensä mukaisesti passiivienergiatalo säästää lämmitysenergiaa ilman asukkaiden aktiivisia säästötoimia. Passiivienergiatalon tehokkuus muodostuu erittäin hyvin eristävästä vaipasta ja tehokkaasti lämpöä talteen ottavasta ilmanvaihtojärjestelmästä. Passiivitalossa ilmatiiviyttä kuvaavan n50 -luvun tulee olla pienempi kuin 0,60 1/h. Varsinaisen lämmitysjärjestelmän tehontarve on pieni, sillä lämpö saadaan pääosin kodin sähkölaitteista, asukkaista ja auringosta.

Passiivitalon rakentamiskustannukset ovat noin 5...10 % tavanomaista määräystasoa korkeammat.

0-energiatalossa rakennuksen lämmöneristystä on edelleen parannettu ja tekniset järjestelmät toteutettu siten, että rakennus tuottaa energiaa. Energiaa voidaan tuottaa hyödyntämällä auringon säteilylämpöä tai tuulienergiaa. Myös maaperässä, vesistössä tai ilmassa olevaa lämpöä voidaan hyödyntää siirtämällä lämpöä haluttuun paikkaan lämpöpumppujen avulla. 0-energiatalossa tuotettua energiaa pitää pystyä varastoimaan ja/tai lisäksi myymään esim. sähköverkkoon. Suomessa tavoitteeksi on asetettu, että vuonna 2020 uudet asuinrakennukset olisivat lähes 0-energiataloja. Lainsäädännön valmistelu on käynnistetty 2015.

Plusenergiatalo tuottaa vuositasolla enemmän energiaa kuin se kuluttaa. Plus-energiatalossa on hyödynnetty edellä mainittuja energian säästökeinoja, sähkötuotto- ja energiansiirtotapoja entistä tehokkaammin. Jotta plusenergiatalon etuja voidaan täysin hyödyntää tulee tuotettua energiaa pystyä varastoimaan ja/tai myymään esim. sähköverkkoon.

3.3.2 Energiatodistus

Laki ja asetus energiatodistuksesta tulivat voimaan 1.1.2008. Rakennuksen omistajan on hankittava energiatodistus silloin, kun rakennus tai sen osa otetaan käyttöön, myydään tai vuokrataan. Todistusta ei vaadita esimerkiksi vapaa-ajan asunnoille (lämmitysjärjestelmä on suunniteltu vain kesäkäyttöön), teollisuusrakennuksille eikä suojelluille rakennuksille.

Energiatodistuksen avulla voidaan verrata rakennusten energiatehokkuutta keskenään. Energiatodistuksessa ilmoitetaan se laskennallinen energiamäärä, joka tarvitaan rakennuksen tarkoitustaan vastaavaan käyttöön. Todistusta varten tarkastetaan rakenteet, lämmitysjärjestelmä, käyttöveden lämmitysjärjestelmä, ilmanvaihtojärjestelmä, valaistus, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät, joilla on vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen.

Vertailun helpottamiseksi kiinteistöille määritetään energiatehokkuusluokka asteikolla A-G, jossa vähiten energiaa kuluttaa A-luokan kiinteistö. Käytettävä luokitteluasteikko määräytyy energiatodistuksen kohteena olevan rakennuksen tai sen osan käyttötarkoitusluokan perusteella. Energialuokan pohjana on rakennuksen tai sen osan kokonaisenergiankulutus eli E-luku (kWhE/m² vuosi), joka lasketaan jakamalla rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamuotojen kertoimilla painotettu energiamäärä rakennuksen tai sen osan lämmitettävällä nettopinta-alalla. E-luvun määrityksessä käytettyjä energiamuotoja painotetaan seuraavasti:

- sähkö 1,7
- kaukolämpö 0,7
- kaukojäähdytys 0,4
- fossiiliset polttoaineet 1,0
- uusiutuvat polttoaineet 0,5

Edellä mainituissa kertoimissa on pyritty ottamaan huomioon energiamuodon ja sen tuottamisen vaikutukset ympäristölle ja ilmastonmuutokseen.

E-luvun määrityksen ohjeet on annettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5: Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta (2012). Ohjeet. Uusissa erillisissä pientaloissa sekä ketju- ja rivitaloissa E-luku ei saa ylittää **taulukossa 13** esitettyjä arvoja. Uudisrakentamisessa E-lukuvaatimus tarkoittaa käytännössä erillisten pientalojen kohdalla vähintään energiatehokkuusluokkaa C. Tavanomaisten rivi- ja ketjutalojen luokka tulee olla vähintään D.

Taulukko 13. *E-luvun raja-arvot uusissa erillisissä pientaloissa, ketju- ja rivitaloissa (SRakMK. Osa D3. Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet, 2012).*

Lämmitettävä nettopinta-ala Anetto, m²	*E-luvun raja-arvo, kWh/(m² vuosi)*
A_{netto} < 120 m²	204
120 ≤ A_{netto} ≤150 m²	372-1,4x A_{netto}
150 ≤A_{netto} ≤600 m²	173-0,07x A_{netto}
A_{netto} > 600 m²	130

4 Hankkeen suunnittelu ja organisointi

4.1 Pientalo rakennushankkeena

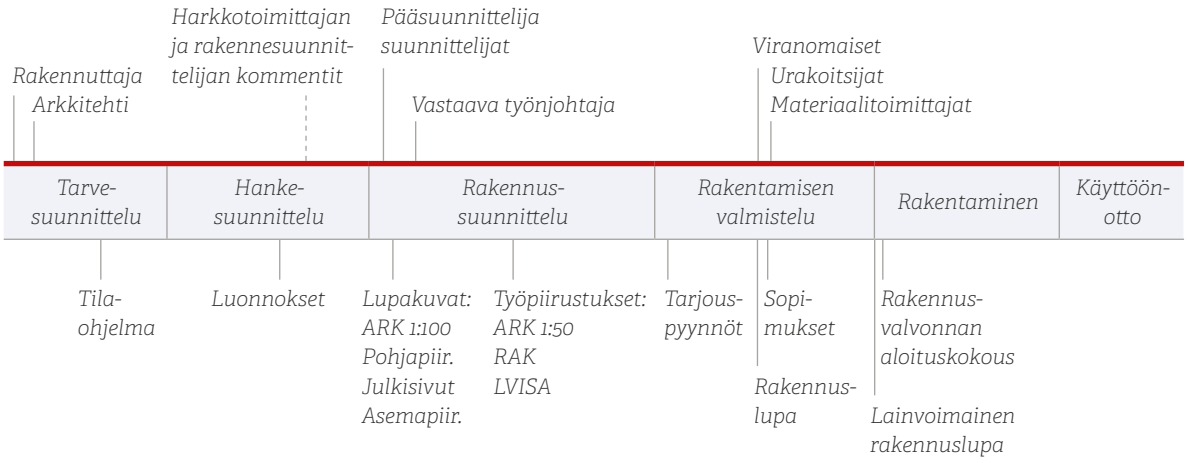
4.1.1 Hankkeen vaiheet

Pientalon rakennushanke on eri vaiheista ja osatehtävistä koostuva monitahoinen kokonaisuus, johon osallistuu useita osapuolia *(kts. Kuva 16)*. Talonrakennushankkeeseen liittyy aina suuri taloudellinen panos sekä riskejä, joiden taloudelliset vaikutukset voivat olla toteutuessaan merkittäviä. Rakennushankkeen suunnitteluun, valmisteluun ja läpiviemiseen tulee panostaa huolella, jotta lopputulos olisi toiveiden mukainen sekä taloudellisesti ja aikataulullisesti onnistunut. Koska pientalohankkeissa rakennushankkeeseen ryhtyvä ei ole yleensä rakennusalan ammattilainen, tulee hankkeen läpiviemiseen hankkia riittävä määrä ammattilaisapua niin suunnitteluun kuin rakentamiseen. Ammattiavusta huolimatta rakennushankkeeseen ryhtyvälle jää päävastuu hankkeen toteutuksesta.

Rakennushanke jakautuu tarveselvitykseen, hankesuunnitteluun, rakennussuunnitteluun, rakentamisen valmisteluvaiheeseen, rakentamisvaiheeseen sekä luovutus- ja käyttöönottovaiheeseen.

Tarveselvityksessä kartoitetaan tilatarpeet, tiloille asetettavat vaatimukset, vaihtoehdot tilatarpeiden täyttämiseksi. Vaihtoehtoja voivat olla mm. rakentaminen, vuokraaminen, laajentaminen tai korjaaminen. Samalla tarkastellaan alustavasti eri vaihtoehtojen rahoitus-, aikataulu- ja resurssivaatimuksia. Jos tarveselvityksessä päädytään uuden rakennushankkeen käynnistämiseen, siirrytään hankesuunnitteluvaiheeseen.

Kuva 16. *Rakennushankkeen vaiheet, niihin osallistuvat keskeiset tahot sekä suunnitelmien tarkentuminen. Osapuolten osallistuminen hankkeeseen vaihtelee hankkeen toteutusmuodon mukaan. Kuvassa vaiheiden pituudet eivät vastaa hankevaiheiden ajallista kestoa.*



Hankesuunnittelussa määritellään uuden rakennuksen vaatimukset ja laajuus, selvitetään hankkeen rahoitusmahdollisuudet, rakennuksen tontti- ja sijaintivaihtoehdot sekä määritellään hankkeen alustava aikataulu. Hankesuunnittelun lopputuloksena päätetään rakennuspaikka ja hankkeen toteutustapa. Hankesuunnitelma sisältää huonetilaohjelman laatu- ja ominaisuusvaatimuksineen, selvityksen tontista, sen rakentamiskelpoisuudesta sekä rakentamisen vaatimista luvista, rakennuskustannusten puitteet ja käyttökustannusennusteen sekä suunnittelu- ja rakentamisaikataulun. Hankesuunnitelman perusteella tehdään investointipäätös, mahdollisesti tontin ostopäätös ja siirrytään varsinaiseen rakennussuunnitteluun.

Rakennussuunnittelun vaiheessa tuotetaan tarvittavat tekniset asiakirjat hankkeen toteuttamista varten. Näitä ovat mm. arkkitehti-, rakenne-, LVI- ja sähkösuunnitelmat. Keskeinen tavoite suunnitteluvaiheessa on rakennusluvan hakeminen ja siihen tarvittavien suunnitelmien valmiiksi saattaminen. Rakennusluvan myöntää paikallinen rakennusvalvontaviranomainen. Rakennuslupaprosessista ja sitä varten tarvittavista asiakirjoista ja selvityksistä esimerkiksi naapureiden kuulemisesta saa tietoa kunnan rakennusvalvonnasta.

Rakennuslupaprosessin vaatima aika tulee ottaa huomioon hankkeen aikataulussa. Rakennuslupahakemuksen käsittelyaika vaihtelee kunnittain ja siihen vaikuttavat mm. tontin kaavatilanne, naapureiden kuulemisen tarve sekä mahdollisesti haettavat poikkeusluvat. Myös luvan jättöaika esimerkiksi ruuhka-aikaan vaikuttaa käsittelyaikaan.

Rakentamisen valmistelu voi alkaa, kun rakennuslupaa on haettu, mutta lupaa ei ole vielä saatu eikä rakentaminen ole alkanut. Valmisteluvaiheessa pyydetään tarjouksia, joiden avulla hankkeeseen valitaan osallistuvat tahot kuten materiaalitoimittajat ja työn toteuttajat. Tässä vaiheessa voidaan myös valmistella tai laatia ehdollisia sopimuksia eri osapuolten välille. Näin hankkeen toteutusorganisaatio alkaa hahmottua.

Urakka- ja materiaalitarjouksia pyydettäessä suunnitelma-asiakirjojen tulee olla tarkistettu ja yhdenmukaistettu siten, että niillä voidaan saada vertailukelpoiset tarjoukset. Tarjouspyyntöasiakirjoihin mukaan liitetään työ- tai toteutuspiirustuksia, jotka laaditaan tarkemmassa mittakaavassa kuin nk. lupakuvat, joilla rakennuslupaa on haettu. Rakentamiseen liittyviä suunnitelmia voi edelleen tarkentaa rakennusvaiheen aikana rakennusluvan puitteissa.

Kun lainvoimainen rakennuslupa on saatu, voidaan rakentaminen aloittaa. Hanke alkaa maarakennustöillä, jonka jälkeen siirrytään perustus-, runko-, vesikatto- ja sisävalmistusvaiheeseen. Kuhunkin vaiheeseen liittyy tiettyjä viranomaistarkastuksia, joita pidetään rakentamisen alusta käyttöönottoon saakka.

Rakennushanke alkaa rakennusvalvonnan aloituskokouksella, johon kaikki keskeiset hankeosapuolet osallistuvat. Varsinainen rakentaminen alkaa tontinraivaus-, maankaivu- ja perustustöillä. Kun kaivanto perustuksia varten on tehty, pidetään pohjakatselmus. Muita viranomaiskatselmuksia hankkeen aikana ovat mm. perustus-, sijainti-, rakenne- ja loppukatselmus.

Hankkeen eteneminen edellyttää itse rakennustyön lisäksi hankintoja, tuotevalvontaa, töiden yhteensovittamista sekä työmaan valvontaa ja ohjausta. Näistä kerrotaan tarkemmin *luvuissa 4.3–4.6.*

Kun rakennusvalvontaviranomaisten pitämä rakennuksen loppukatselmus tai osaloppukatselmus on pidetty ja rakennukselle on laadittu huolto- ja käyttöohje, alkaa käyttöönottovaihe ja asukkaat pääsevät muuttamaan uuteen kotiin. Käyttöönottovaiheessa rakennuksen ja sen järjestelmien toimivuutta tarkkaillaan ja tehdään tarpeen mukaan korjauksia havaittuihin puutteisiin. Esimerkiksi lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän säätö toteutetaan ensimmäisenä talvena rakennuksen käyttöönoton jälkeen. Käyttöönottovaihe päättyy, kun rakentamisen takuuaikaiset velvoitteet on hoidettu.

4.1.2 Hankkeen osapuolet

Rakennushankkeeseen osallistuu useita eri osapuolia, joiden rooleista, osapuolten välisistä suhteista ja tehtävistä rakennushankkeeseen ryhtyvän on hyvä olla tietoinen. Rakennushankkeen keskeisin osapuoli on rakennushankkeeseen ryhtyvä eli itse rakennuttaja.

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan rakennuttajan tulee huolehtia siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn rakennusluvan mukaan. Rakennuttaja vastaa siis hankkeeseen liittyvästä päätöksenteosta ja hankkeen johtamisesta.

Muita hankkeen osapuolia ovat mahdollinen rakennuttajakonsultti, eri alojen suunnittelijat, urakoitsijat, vastaava työnjohtaja, valvoja sekä viranomaiset. **Taulukossa 14** esitetään hankkeen keskeisten osapuolten tehtäviä ja vastuita. **Kuvassa 16** esitetään suuntaa antavasti hankkeen vaiheiden ajoittuminen ja missä vaiheessa kukin osapuoli hankkeeseen osallistuu.

Taulukko 14. *Hankkeen osapuolia, tehtäviä ja vastuita.*

Hankkeen osapuolet	***Tehtäviä ja vastuita***
Rakennuttaja tai rakennuttajakonsultti	Huolehtii siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaan mm siten, että: • Hankkii hankkeeseen tarvittavat asiantuntijat (pääsuunnittelija, turvallisuus- koordinaattori, suunnittelijat, urakoitsijat, valvoja, materiaalitoimittajat) • Vastaa hankkeen tiedotuksesta • Hankkii lainvoimaisen rakennusluvan • Järjestää hankkeen aloituskokouksen • Johtaa ja valvoo rakennushanketta
Suunnittelijat	Kukin erityisalan suunnittelija laatii hankkeeseen vaadittavat erityissuunnitelmat sekä tarkistaa niiden ristiriidattomuuden muihin suunnitelmiin nähden.
Pääsuunnittelija	Vastaa suunnittelun koordinoinnista ja siitä että suunnitelmat ovat virheettömiä, yhteensopivia, ristiriidattomia ja että kunkin suunnittelualan toisille asettamat reunaehdot ja lähtöarvot on otettu huomioon. Pääsuunnittelijan tehtäväluettelo on esitetty RT -kortiston ohjekortissa RT10-10764.
Vastaava työnjohtaja Vastaavalla työnjohtajalla tulee olla tehtävään soveltuva, vähintään rakennusmestarin tutkinto sekä riittävä kokemus rakennusalalta hankkeen laajuus ja laatu huomioon ottaen. Sama henkilö voi toimia pääsuunnittelijana ja vastaavana työnjohtajana. Myös rakennuttaja voi toimia vastaavana työnjohtajana. FISE Oy pitää yllä rekisteriä rakennusalan henkilöpätevyyksistä.	Vastuita ja tehtäviä ovat: • Rakentamisen aloittaminen ilmoitetaan rakennusvalvontaan • Rakennustyö suoritetaan myönnetyn luvan mukaisesti ja siinä noudatetaan rakentamista koskevia säännöksiä ja määräyksiä • Rakennustyön aikana ryhdytään tarvittaviin toimiin havaittujen puutteiden tai virheiden johdosta • Rakennusluvassa määrätyt katselmukset pyydetään riittävän ajoissa. Aloituskokouksessa tai muutoin määrätyt tarkastukset ja toimenpiteet suoritetaan asianmukaisissa työvaiheissa. Osallistuu itse katselmuksiin ja tarkastuksiin. • Rakennustyömaalla on käytettävissä tarvittavat asiakirjat, hyväksytyt piirustukset ja tarvittavat erityispiirustukset, ajan tasalla olevan rakennustyön tarkastusasiakirja, mahdolliset testaustulokset sekä muut tarvittavat asiakirjat • Rakennustuotteet ovat työselostuksen ja määräysten mukaisia, rakennustarvikkeet ja -tuotteet ovat CE –merkittyjä ja niillä on tarvittavat laatuasiakirjat • Rakennustyössä noudatetaan työturvallisuusmääräyksiä • Pitää työmaapöytäkirjaa ja työmaan tarkastusasiakirjaa sekä täyttää osaltaan työmaan käyttö- ja huolto-ohjetta.
Valvoja	Edustaa rakennuttajaa työmaalla. Valvoo, että rakennustyö etenee suunnitelmien, sopimuksen ja aikataulun mukaisesti. Valvoja tehtäviin kuuluu myös työmaakokouksiin, katselmuksiin ja tarkastuksiin osallistuminen.
Urakoitsijat	Tekevät sopimusten mukaisen rakennustyön. Urakoitsijoiden sopimukseen voidaan sisällyttää tarvittaessa myös materiaalihankintoja ja suunnittelua.
Materiaalitoimittaja	Toimittaa materiaalit ja avustaa suunnittelussa sopimusten mukaan.
Viranomaiset	Valvovat lakien, asetusten, eri asteisten kaavojen, yleisten ja paikallisten määräysten, ohjeiden ja normien pohjalta suunnittelua ja rakentamista.

4.2 Harkkotalon suunnittelu

4.2.1 Miksi valita harkkotalo?

Kiviaineisen talon rakentamista puoltavat materiaalilla saavutettavat edut, joita ovat äänen-eristävyys, kosteusturvallisuus, paloturvallisuus, lämmönvarauskyky, ilmanpitävyys ja energia-taloudellisuus, vähäinen huollon tarve, pitkäikäisyys ja taloudellisuus käytön aikana. Lisäksi paikalla rakennetussa harkkotalossa suunnittelun vapaus on suuri, sillä harkoista pystytään nykyisellä harkkotarjonnalla ja työmenetelmillä muotoilemaan haluttuja pintoja ja tiloja erilaisiin tarpeisiin. Harkkotalon toteutukseen liittyvät rakennusvirheiden riskit ovat yleensä pienet ja lopputuloksen laatu on korkea. Nämä edesauttavat rakennusta säilyttämään arvonsa koko elinkaarensa ajan.

Kuva 17. *Harkkorakentamisella voidaan toteuttaa arkkitehtonisesti näyttäviä pientaloja.*

4.2.2 Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty

Kun päätös rakennushankkeeseen ryhtymisestä on tehty, tontti on hankittu ja tarpeet sekä resurssit on kartoitettu, voidaan aloittaa itse rakennuksen suunnittelu. Suunnittelu alkaa luonnostelulla ja eri vaihtoehtojen tarkastelulla, jotka lopulta viimeistellään kohteen suunnitteluratkaisuiksi.

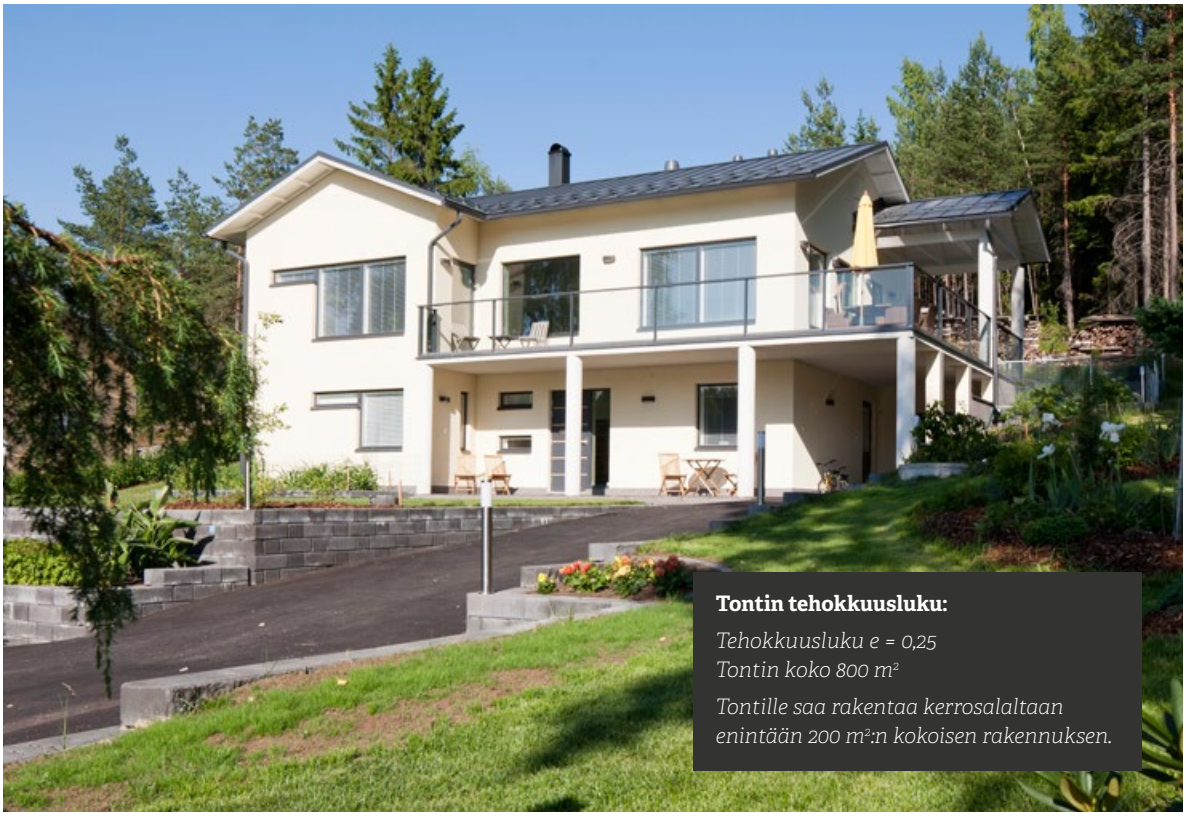
Hankkeen suunnitteluvaiheessa tehdään pitkäkantoisia päätöksiä ja valintoja, jotka vaikuttavat lopputuloksen laatuun ja kustannuksiin. Näitä päätöksiä on usein kallista ja vaikeaa muuttaa hankkeen edetessä pidemmälle. Siksi hankkeen suunnitteluun tulee panostaa huolella ja suositeltavaa on, että suunnitteluun varataan riittävästi aikaa yleensä noin vuosi.

4.2.3 Rakennuspaikka asettaa ehtoja suunnittelulle

Valittu tontti, tontin kaavamääräykset ja kunnan rakennusjärjestys sitovat suunnittelua. Tontin rakennusoikeus kertoo, kuinka paljon tontille saa rakentaa. Rakennusoikeus ilmoitetaan tyypillisesti tontin tehokkuuslukuna, jonka symboli on e. Muita tärkeitä rakennuksen suunnittelua sääteleviä kaavamääräyksiä voivat olla esim. rakennuksen sallittu kerroslukumäärä, rakennuksen sijoittaminen tontille, sallittu kattokulma, räystäskorkeus sekä julkisivumateriaalit ja värit.

Rakennuksen sijoitteluun tontille vaikuttavat paitsi kaavamääräykset, myös tontin maaston muodot ja korkeussuhteet, ilmansuunnat, kulkuyhteydet tontille, pihajärjestelyt sekä halutut näkymät rakennuksesta ulos.

Kuva 18. *Tontin muodot tulee ottaa huomioon rakennuksen suunnittelussa ja tontille sijoittelussa.*



Tontille rakennusta sijoitettaessa on yleensä edullista löytää melko tasainen, mutta rakennuksesta hieman poispäin viettävä alue, jolloin perustustöiden osuus ei kasva suureksi. Harkkorakenteisilla perustus- ja kellarivaihtoehdoilla voidaan kuitenkin rakentaa kaikenlaisille tonteille ja vaikeisiinkin maaston muotoihin.

Tilasuunnittelussa kannattaa hyödyntää arkkitehdin tietämystä, jotta tilankäytöstä tulisi tehokas, mutta toimiva ja perheen tarpeet täyttävä. Tilasuunnittelun yhteydessä mietitään mm. auringon valon vaikutusta rakennuksen toimintoihin ja viihtyvyyteen. Oleskelutilat kannattaa yleensä sijoittaa siten, että niissä voi nauttia auringon valosta. Makuuhuoneet ja aputilat sijoitetaan puolestaan niin, ettei aurinko paista niihin suoraan. Rakennuksen valoisuus vaikuttaa paitsi rakennuksen viihtyisyyteen myös tarvittavaan energiamäärään valaistus-, lämmitys- tai jäähdytystarpeen kautta.

Tulevien asukkaiden kannattaa tässä suunnitteluvaiheessa tuoda selkeästi julki omat tarpeensa ja mielipiteensä siten, että suunnittelijalla olisi käytössään kaikki tarvittava lähtötieto mahdollisimman hyvän suunnitteluratkaisun löytämiseksi. Tilaratkaisuihin liittyvät muutokset ovat usein vaikeita ja kalliita, elleivät mahdottomia toteuttaa hankkeen myöhemmässä vaiheessa.

Rakennuksen suunnitteluun liittyvistä pinta-alakäsitteistä kuten kerrosalasta, asuinpinta-alasta tai kokonaisalasta ja niiden laskentaperiaatteista on kerrottu *RT -kortissa RT 12-10277. Rakennuksen pinta-alat.*

4.2.4 Yhteistyössä ammattilaisten kanssa

Parhaimpaan lopputulokseen päästään, kun alusta alkaen tehdään yhteistyötä suunnittelun ammattilaisten, hankkeeseen ryhtyvien ja toteutuksesta vastaavien kanssa.

Rakennushankkeeseen ryhtyvä löytää suunnitteluapua mm. arkkitehti- ja suunnittelutoimistoista. Myös monet harkkovalmistajat tarjoavat erilaisia suunnittelupalveluita. Suunnittelu jakautuu yleensä arkkitehtisuunnitteluun, rakennesuunnitteluun ja teknisten järjestelmien kuten LVI- ja sähkösuunnitteluun. Lisäksi hankkeeseen voi kuulua esimerkiksi sisustussuunnittelua ja pihasuunnittelua. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan näitä eri suunnittelualoja koordinoimaan ja kokonaisuudesta vastaamaan tulee olla nimetty pääsuunnittelija, joka vastaa siitä, että rakennussuunnitelmat ja erityissuunnitelmat muodostavat toimivan ja vaatimukset täyttävän kokonaisuuden. Pääsuunnittelijalla tulee olla rakennusalan tutkinto (yleensä arkkitehti) ja riittävä kokemus tehtäviinsä.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee tehdä valintoja ja päätöksiä mm. tilaratkaisuista, materiaaleista, mutta myös teknisistä asioista kuten lämmitysjärjestelmästä tai muista rakennuksen energiaratkaisuista. Valintoja kannattaa tarkastella paitsi hankkeen toteutuksen näkökulmasta myös koko rakennuksen elinkaari ja sen kustannukset huomioon ottaen. Pientalon elinkaari on vähintään 50 vuotta ja kivirakenteisilla taloilla tätä selvästi pidempi yleensä 100 vuotta.

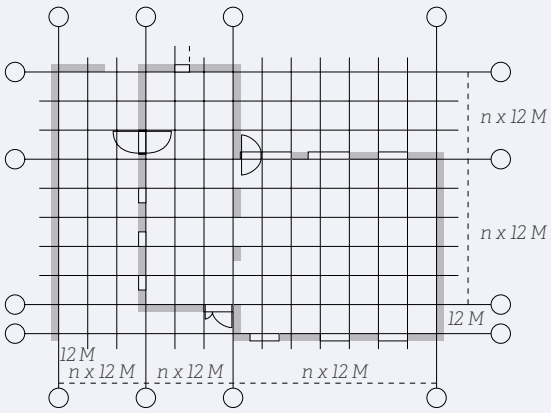
4.2.5 Moduulimitoitus helpottaa suunnittelua ja toteutusta

Moduulimitoitus on harkkorakentamisen ja suunnittelun erityispiirre. Moduulimitoituksen tarkoitus on helpottaa rakennusosien ja tarvikkeiden yhteensovittamista, kun rakennusmateriaalina käytetään vakiomittaisia kevytsora- ja betoniharkkoja. Moduulimitoitusta käytetään myös useimpien rakennustarvikkeiden kuten elementtien ja rakennuslevyjen mitoissa.

Kuva 19. *Harkkojen moduulimittojen huomioon ottaminen suunnittelussa vähentää harkkojen työstämisen tarvetta rakennusaikana.*

Esimerkkejä moduulimitoista:

1 M	*100 mm*
3 M	*300 mm*
6 M	*600 mm*
12 M	*1 200 mm*

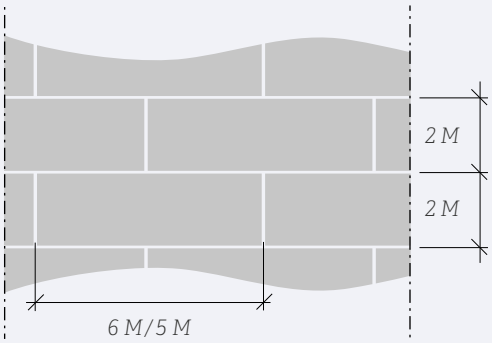


Moduulimitoituksen periaate on, että rakennuksen kokonaismittojen ja kantavien rakenteiden etäisyyksien tulisi perustua kansainvälisesti standardisoituun moduuliin M ja sen kerrannaisiin (1M = 100 mm). Vaakasuunnassa mitat ovat tyypillisesti 12M-, 6M- ja 3M-kerrannaisia ja aukkojen leveydet 3M- ja 1M- kerrannaisia. Eräillä harkkotyypeillä vaakasuuntainen moduulimitta on 5M. Toisilla moduulimitta on puolestaan kaikissa suunnissa 2M ja sen kerrannaiset. Valmistaja- ja tuotekohtaiset moduulimitat saa selville harkkovalmistajilta. Suunnittelussa käytetään apuna nk. moduuliverkkoa, jonka viivojen välit ovat moduulien mukaisia.

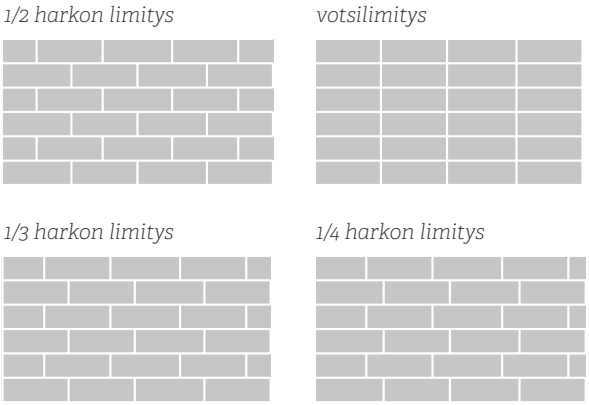
Moduulimitoituksen avulla helpotetaan kokonaisuuden suunnittelua karsimalla tarpeettomia mittavaihtoehtoja ja varmistetaan, että esivalmisteiset rakennusosat (välipohjalaatat, palkit, ikkunat, ovet, kiintokalusteet yms.) sopivat niille varattuihin tiloihin ja aukkoihin. Näin harkkojen työstötarve ja hukka työmaalla vähenee. Samalla työ nopeutuu ja hankkeen kustannukset alenevat.

Rakennustarvikkeiden moduulimitat ovat liittymismittoja eli ne ilmoittavat paikalleen asennettujen rakennustarvikkeiden (elementtien, harkkojen, ikkunoiden yms.) mitat sauman keskeltä sauman keskelle. Esimerkiksi ikkunan leveyden liittymismitta 6M pituisella harkolla on yleensä 3M (300 mm) kerrannainen. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että ikkunakarmin leveys on muurattavilla kevytsoraharkoilla n x 300 mm - tiivistysvara (esim. 30 mm) ja aukon korkeus n x 200 mm - tiivistysvara (esim. 30 mm). Karmin tiivistämisen ja asennuksen vaatima tila otetaan siis huomioon ikkunan mitoissa.

Kuva 20. *Harkkorakenteiden moduulimitat ovat pystysuunnassa 2M ja pituussuunnassa 6M/5M.*



Kuva 21. *Harkkorakenteen limitys on tyypillisesti 1/2-harkon (3M) limitys. Muita mahdollisia limityksiä ovat 1/4- ja 1/3-harkon limitykset.*



Korkeussuunnan moduuli on kaikilla kantavissa rakenteissa käytettävillä harkoilla 2M (200 mm). Tämä tulee ottaa huomioon seinä- ja huonekorkeuksia sekä aukkojen sijoituksia ja korkeuksia suunniteltaessa. Ei-kantavien seinien väliseinäharkoilla korkeussuunnan moduulimitta voi olla myös 3M.

Myös muissa harkkotuotteissa kuten väliseinäelementeissä, pilari- ja hormiharkoissa otetaan huomioon työmenetelmän ja käytettävien saumojen paksuuden vaikutus moduulimitoitukseen.

On suositeltavaa, että arkkitehti, rakennesuunnittelija ja materiaalivalmistaja ovat suunnitteluvaiheessa yhteistyössä ja tarkistavat piirustusten toteutuskelpoisuuden suunnitelluilla harkoilla ja mitoilla. Harkkojako, ontelolaattojen leveys tai ikkunoiden koko ja sijoittelu vaikuttavat sekä rakennuksen ulkomuotoon että kantavien rakenteiden mittoihin.

Kuva 22. *Ikkunoiden koko ja sijoittelu vaikuttaa myös kantaviin rakenteisiin.*

Harkkotalon suunnittelussa huomioon otettavaa

Tekniikan tilantarve

- Tekninen tila mitoitetaan käytettävän lämmitystavan laitteistojen tilavaatimusten mukaisesti. Koneille ja laitteille tulee suunnitella riittävät asennusvarat sekä määräysten mukaiset suojaetäisyydet. Koneiden huoltaminen ja vaihtaminen tulee olla mahdollista
- IV-kuilu välipohjien läpi, IV-putkitusten reitit sijoitetaan alakattoon lämpöeristyksen lämpimälle puolelle. Kanavien lämmöneristeille tulee tehdä tilavaraukset
- Käyttövesiputket lämpöeristetään
- Lattialämmityksen jakotukit
- Varaukset keskuspölynimurille, putkituksille ja pistokkeille
- Valaisinten lämpenemisen takia suojakotelot upotettavien valaisinten takana

Takka- ja hormisuunnittelu

- Takan ja savuhormin paino tulee antaa tiedoksi rakennesuunnittelijalle
- Arkkitehdin piirustuksiin tulee sisällyttää nuohousluukkujen, savupeltien sekä takan ja kiukaan hormin liittymien paikat
- Takan tarvitsema korvausilmakanava sekä takan huomioonottaminen ilmanvaihdon suunnittelussa

Keittiösuunnittelu

- Keittiösuunnitelman mukaiset laitteiden sijainnit viedään arkkitehtisuunnitelmiin
- Keittiösuunnitelman mukaisten laitteiden putkitukset merkitään LVI- ja sähkö-piirustuksiin
- Liesituulettimen vaikutus ilmanvaihtosuunnitelmaan ja -ratkaisuun. Takan ja liesituulettimen käyttö samanaikaisesti, takan toiminta
- Jos keittiösuunnitelmiin tulee muutoksia, myös arkkitehti- ja LVIS -piirustukset päivitetään
- Vuotokaukalot vesikalusteiden ja kylmälaitteiden alle

Rakenteiden turvallisuus (RakMk) arkkitehtisuunnittelussa

- Alle 700 mm lattiasta olevien ikkunoiden tulee olla turvalasia
- Määräykset kaiteista
- Palomääräykset, jos autokatos tai -talli, naapurirakennus on lähempänä kuin 8 m
- Kiukaan suojaetäisyydet saunan mitoituksessa

Piirustuksista usein puuttuvat yksityiskohdat

- Tulevan maanpinnan korkeus
- Ulkorappauksen ja sokkelin rajan korkeus
- Ulkovalaisinten sijainnit
- Rännisyöksyjen väri ja sijainnit
- Kattoturvatuotteiden (kulkusillat, talotikkaat, käyntiluukut) sijainnit
- Yläpohjan LVI-läpivientien sijainnit

Mittatarkkuutta vaativat asennukset

- Piirustuksiin merkitään asennusten sijainti ja mitat mittatarkkuuden sijainnin varmistamiseksi
- Lattiakaivojen, LVI-kalusteiden, liesituulettimen paikat ja mitat
- Sähkörasioiden ja valaisimien paikat ja mitat
- Keskuspölynimurin rasioiden paikat ja mitat

Ovi- ja ikkunakaaviot

- Karmin syvyys
- Ikkunoiden avautumissuunnat
- Tuuletusikkuna/avattava/kiinteä sekä salpa ikkunan auki pitämistä varten
- Sälekaihtimet
- Ulko- ja sisäkarmin sekä ulkokarmin sisäpuolen värit, sälekaihtimien ja narujen värit
- Huom. Saunan ikkuna käsittelemättömänä tai puunvärisenä

Lattiamateriaalien liittyminen

Eri materiaalien paksuuksien vaikutus otettava huomioon - esimerkiksi parketin tai laatan tai laatan ja lattialämmityksen paksuudesta johtuva korkeusero

Passiivienergiataloa suunniteltaessa ja rakennettaessa ulkoseinien sekä ylä- ja alapohjan eristyspaksuuksia kasvatetaan nykyisestä. Lisäksi ikkunat ja ovet poikkeavat tavanomaisesta. Samoin koko rakentamiselle asetetaan aivan uusia vaatimuksia, sillä vaipan ilmanpitävyyttä kuvaavan ilmatiiviysluvun n50 pitää parantua nykyiseltä normitasolta 2 alle 0,6:een. Nykyisillä harkkotuotteilla, rakenneratkaisuilla ja huolellisella työllä tämä on harkkorakentamisessa mahdollista. Ilmanpitävyydellä on suuri merkitys rakennuksen lämmitysenergiankulutukseen esim. tiiviysluvun paranemisella 3:sta 2:een arvioidaan lämmitysenergian kulutuksen pienenevän 5-10 %.

Tulevien vuoden 2020 tienoilla voimaan astuvien energiamääräysten mukaisten lähes 0-energiatalojen rakentaminen harkoista on mahdollista jo tänä päivänä. Vähän energiaa kuluttavien lähes 0-energiatalojen rakentaminen vaatii erityisen huolellisen työmaatoteutuksen erityisesti liittymädetaljien ja läpivientien osalta. Valvonnan ohella hyvään tulokseen pääsemistä helpottaa yksinkertaisten ja toimivien ratkaisujen valitseminen sekä rakenteisiin että käytettäviin LVIS -tekniikoihin. Energiansäästämiseksi sekä käyttövesiputkistot ja IV-kanavistot lämpöeristetään.

4.3. Hankkeen toteutus

Tuotantotapa kertoo, toteutetaanko rakennus paikalla rakennettuna vai elementtivalmisteisena. Toteutusmuodon valinta puolestaan tarkoittaa sitä, miten rakennushankkeen eri tahot organisoituvat keskenään. Toteutusmuotojen ääripäitä ovat nk. hartiapankkirakentaminen, jossa perhe vastaa rakennustöistä pääsääntöisesti itse ja ns. avaimet käteen tyyppinen talopakettiratkaisu, jossa suunnittelu, toteutus ja työn valvonta tilataan samasta paikasta.

Harkkorakentaminen on aina paikalla rakentamista, vaikka rakentamisessa voidaankin hyödyntää erilaisia elementtejä kuten ontelolaattoja, väliseinäelementtejä tai kattoristikoita.

Harkkorakentamisen toteutusmuoto voi olla omatoiminen hartiapankkirakentaminen, pakettitaloratkaisu tai eri tavoin organisoitu urakkahanke.

Kuva 23. *Harkkorakentaminen on paikalla rakentamista. Toteutusmuodon valinnalla voidaan vaikuttaa rakennushankkeeseen ryhtyvän ajankäyttöön ja kustannuksiin.*

4.3.1 Hartiapankkirakentaminen

Rakennushankkeeseen ryhtyvä voi toteuttaa hankkeen hartiapankkirakentamisena, jolloin hän vastaa rakennustöiden toteutuksesta pääosin itse. Osa töistä kuten LVIS -työt ovat luvanvaraisia ja ne tulee aina teettää ammattilaisilla. Lisäksi hartiapankkirakentajan tulee palkata hankkeeseen vastaava työnjohtaja, ellei itsellä ole pätevyyttä toimia sellaisena. Hartiapankkirakentaja voi teettää töitä myös talkootyönä, jolloin tuttavat ja sukulaiset kokoontuvat auttamaan rakentajaa vapaaehtoisesti ja palkatta. Molemmissa tapauksissa rakentajan tulee huolehtia riittävistä vakuutuksista. Hartiapankkirakentaminen toteutusmuotona ja omakotirakentajan oman työpanoksen osuus on voimakkaasti vähentynyt viime vuosina omakotitalohankkeissa. Hartiapankkirakentaminen on tapa rahoittaa rakennushanketta omalla työpanoksella.

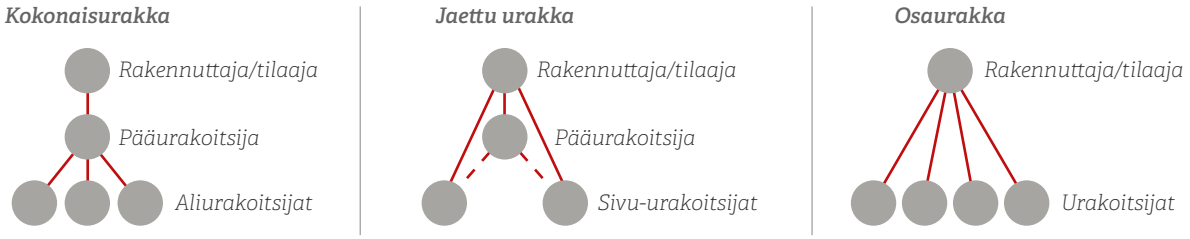
4.3.2 Palkattu työvoima

Jos rakennuttaja palkkaa työntekijöitä työmaalleen, hänen ja työntekijän välille muodostuu työsuhde. Tällöin rakennuttaja on velvollinen huolehtimaan työnantajalle kuuluvista velvollisuuksista. Hänen tulee palkan maksun lisäksi pidättää työntekijän palkasta ennakonpidätys, suorittaa työnantajan sosiaaliturvamaksu ja huolehtia tarvittavista eläke- ja tapaturmavakuutuksista. Nykyään on tarjolla myös yrityksiä, jotka huolehtivat em. työnantajavelvoitteista rakennuttajan puolesta.

4.3.3 Urakkamuotoisen toteutuksen vaihtoehdot

Henkilöstön palkkaamisen sijaan rakennuttaja voi tilata rakennustyön yritykseltä urakka-, tunti- tai määrähintaisena. Yleensä rakennuttaja lähettää valitsemilleen yrityksille tarjouspyynnöt, joissa hän määrittelee tarjouksen kohteena olevan työkokonaisuuden, aikataulun ja käytettävät maksuperusteet.

Kuva 24. *Tyypilliset pientalohankkeen toteutustavat ovat kokonaisurakka, jaettu urakka ja osaurakka. Urakan maksuperusteena käytetään tyypillisesti tarjoukseen perustuvaa kiinteää urakkasummaa. Maksuperusteena voidaan toki käyttää myös työhön kulunutta aikaa tai tehtyjä työsuoritemääriä, erityisesti jos urakan työmäärä ei jostain syystä ole selkeästi määriteltävissä. Tällöin urakkasumma perustuu urakoitsijan tarjouksessaan ilmoittamiin yksikköhintoja.*



Rakennuttajan tulee määritellä, mitä töitä ja tehtäviä urakkaan kuuluu ja kuinka eri urakoitsijat organisoituvat työmaalla. Nämä seikat määrittävät hankkeen urakkamuodon, joita ovat mm. kokonaisurakka, osaurakka ja jaettu urakka **(kuva 24).** Kukin urakkamuoto on rakennushankkeeseen ryhtyvän kannalta erilainen koordinointityön ja taloudellisten riskien suhteen. Rakennuttajan tulee arvioida tarkoin mm., missä määrin hän pystyy osallistumaan hankkeen toteutukseen, töiden yhteensovittamiseen ja urakkaneuvotteluihin. Asiantuntevan rakennuttajakonsultin palkkaaminen on perusteltua, ellei itsellä ole aikaa ja/tai osaamista huolehtia rakentamisesta, sopimuksista tai töiden yhteensovittamisesta.

Kokonaisurakka

Kokonaisurakassa rakennuttaja palkkaa hankkeeseen pääurakoitsijan, joka vastaa rakennuttajalle päin kaikista sopimukseen kuuluvista hankinnoista ja työmaatehtävistä. Kokonaisurakan etuja rakennuttajan näkökulmasta ovat sopimustekninen selkeys ja töiden yhteensovittamisesta vapautuminen.

Kokonaisurakasta sovittaessa suunnitelmien ja tarjouspyyntöasiakirjojen tulee olla selkeitä ja yksiselitteisiä. Jos tarjouspyyntöasiakirjoissa on tulkinnanvaraa, vaarana on, että urakan lopullinen kokonaishinta nousee merkittävästi mm. lisätöiden vuoksi. Kokonaisurakassa taloudellisen riskin kantaa pääurakoitsija, joten urakkahinnat ovat todennäköisesti sen vuoksi korkeampia kuin erikseen kilpailutetut osaurakat. Rakennuttajan on suositeltavaa palkata työmaalle valvoja, joka valvoo hänen edustajanaan pääurakoitsijan työskentelyä, työn laatua ja aikatauluja. Harkkorakentamisessa kokonaisurakka muodostuu tyypillisesti silloin, kun rakennuttaja tilaa kivitalotoimittajalta talopaketin ja sopii työn toteutuksesta valitsemansa urakoitsijan kanssa. Kivitalotoimittajilla on tarjolla urakoitsijaverkosto, josta asiakas voi pyytää tarjouksia. Urakkasopimusta solmittaessa tulee sopia myös siitä, kuka hoitaa talopaketin ulkopuolisten materiaalien tilauksista, rakennuttaja vai pääurakoitsija.

Pääurakoitsija ei yleensä tee kaikkia työvaiheita itse, vaan voi hankkia työmaalle aliurakoitsijoita, jotka työskentelevät sopimussuhteessa pääurakoitsijaan. Pääurakoitsija vastaa kuitenkin myös aliurakoitsijoiden työn laadusta ja toteutuksesta rakennuttajalle.

Osaurakka

Rakennuttaja voi toteuttaa hankkeen myös osaurakkana, jolloin hän kilpailuttaa kunkin urakkakokonaisuuden itse. Tällöin jokainen urakoitsija on suoraan sopimussuhteessa rakennuttajaan ja rakennuttajalla on koordinointivastuu eri urakoitsijoiden kesken. Osaurakassa rakennuttajan on mahdollista osallistua rakentamiseen myös omalla työpanoksella. Hän voi lisäksi säästää kustannuksia jakamalla hanke pienempiin urakkakokonaisuuksiin.

Kuva 25. *Rakennuttajan tai rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee yhteen sovittaa työmaalla tehtävät urakat siten, että työt voidaan tehdä tehokkaasti ja turvallisesti.*

Osaurakka vaatii rakennuttajalta aikaa ja osaamista rakentamisessa, töiden yhteensovittamisessa, sopimusten teossa sekä valvonnassa. Jos osaamista ei ole, kannattaa rakennushankkeeseen ryhtyvän palkata hankkeeseen rakennuttajakonsultti, joka hoitaa em. työt rakennuttajan puolesta.

Jaettu urakka

Kolmas mahdollinen urakkamuoto on jaettu urakka, jossa pääurakoitsijan lisäksi hankkeeseen osallistuu sivu-urakoitsijoita. Sivu-urakoisijat voivat olla joko alisteisia pääurakoitsijalle tai suoraan sopimussuhteessa rakennuttajaan. Tämä urakkamuoto on kokonaisurakan ja osaurakan välimuoto, jossa sekä edut että riskit jakaantuvat eri osapuolien kesken sen mukaan, missä määrin sivu-urakointia tehdään. Jaettu urakka muodostuu, jos rakennushankkeeseen ryhtyvä haluaa rajata pääurakasta pois esimerkiksi sisävalmistusvaiheen töitä, takkaasennuksen tai muita vastaavia työkokonaisuuksia. Tällöin rakennuttaja vastaa näiden urakoiden tarjouspyynnöistä tai jopa toteuttamisesta itse.

Kuva 26. *Valuharkkorakentamisen toteutuksen aikataulu muodostuu ladonnasta, raudoituksesta, sähkö- ja vesiputkituksesta sekä betonivaluista.*

4.4. Harkkorakentamisen aikataulu- ja kustannussuunnittelu

4.4.1 Toteutusaikataulu

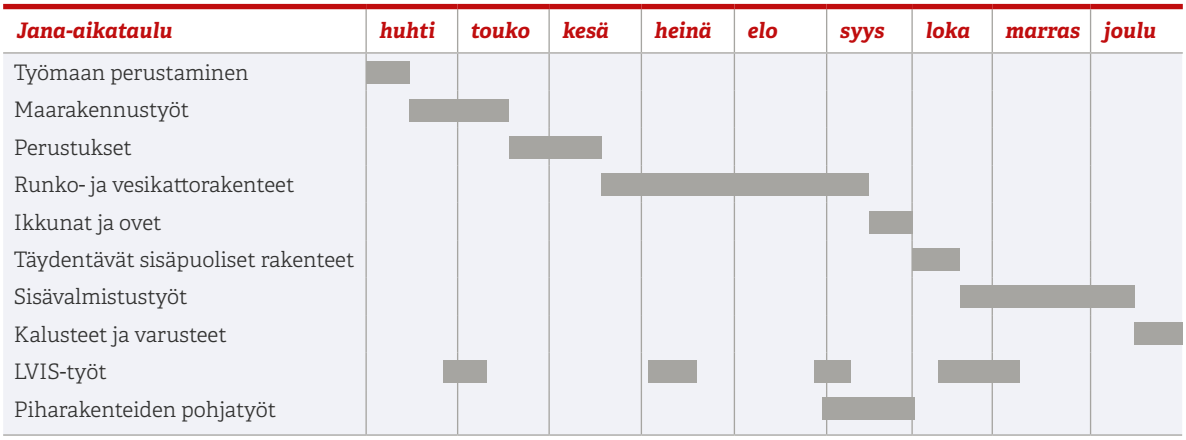
Työmaatoteutuksen aikataulu voidaan laatia, kun kohteen määrätiedot, toteutus- ja tuotantotapa sekä materiaalit on tiedossa. Aikataulu kuvaa, miten tärkeimmät työvaiheet ajoittuvat, milloin työssä tarvittavien materiaalien ja kaluston tulee olla työmaalla ja mitkä ovat työvaiheiden keskinäiset riippuvuudet. Koska kysymys on suunnittelun, hankintojen ja toteutuksen yhteensovittamisesta, tulee kaikkien näiden vaatima aika ja resurssit ottaa huomioon aikataulua laatiessa.

Pientalohankkeen päävaiheet ovat maarakennus- ja perustustyöt, runko- ja vesikattotyöt sekä sisävalmistusvaihe. Näihin sisältyvistä töistä hankkeen aikatauluun merkitään esimerkiksi tontin raivaus, maarakennus, perustustyöt, runkotyöt, vesikatteen asennus, ulko-ovi- ja ikkuna-asennus, julkisivuverhous, väliseinätyö, sisävalmistustyöt, kalusteasennukset, LVI-työt, sähkötyöt ja pihatyöt. Hankkeen edetessä nimikkeitä tarkennetaan ja jaetaan pienempiin osiin. Runkotyö sisältää rungon harkkomuurauksen ja ontelolaattojen asennuksen. Vastaavasti sisävalmistustöihin kuuluvat erilaiset pintamateriaalien asennukset kuten tasoitetyöt, maalaus, tapetointi, parkettityöt, alakattoasennukset, saunat, vedeneristykset ja laatoitukset.

Pientalon aikataulu voidaan esittää jana-aikatauluna. Samaan aikatauluun on hyödyllistä merkitä ajankohdat, jolloin suunnitelmien tulee olla valmiina, tarjouspyyntöjen tulee lähteä, sopimusten tulee olla tehtynä ja materiaalien tulee olla työmaalla. Tämä ohjaa hankkeeseen osallistujia tekemään päätöksiä ja valintoja oikea-aikaisesti hankkeen aikataulu huomioon ottaen.

Tavallisesti pientalohanke ajoitetaan siten, että tontin raivaus ja maarakennustyöt aloitetaan keväällä, kun routa on sulanut ja maapohja kuivunut riittävästi. Tällöin perustus-, runko- ja vesikattotyöt ajoittuvat luontevasti kesään ja alkusyksyyn. Tavoitteena on saada vesikate asennettua ja rakennuksen vaippa kiinni (ulko-ovet ja ikkunat asennettua) ja lämmitys päälle ennen syyssateita sekä talvipakkasia. Näin edeten sisävalmistusvaiheen töihin voidaan keskittyä talvella ja pihatyöt jäävät seuraavaan kevääseen ja kesään. Kohteen koosta, resursseista, tuotantotavasta sekä hankkeen ominaisuuksista riippuen voi rakennus valmistua edellistä huomattavasti lyhyemmässäkin ajassa.

Kuva 27. *Pientalohanke alkaa tyypillisesti keväällä maarakennustöillä ja valmistuu seuraavana talvena.*



Pihatyöt jatkuvat seuraavana keväänä. Julkisivurappaukset tehdään yhden lämmityskauden jälkeen.

Jotta aikataulusta saataisiin realistinen ja mahdolliset aikatauluriskit tulisivat otetuksi huomioon jo aikataulusuunnittelun alkuvaiheessa, pientalorakennuttajan kannattaa aikataulun laadinnassa hyödyntää vastaavan työnjohtajan tai valvojan kokemusta ja osaamista. Aikatauluongelmia voivat aiheuttaa mm:

- Töiden yhteensovittaminen vaikeus. Erityisesti tämä korostuu LVIS -töiden yhteydessä.
- Urakka-aikojen venyminen. Urakkasopimuksiin kannattaa merkitä välitavoitteet, joihin maksuerät sidotaan.
- Rakenteiden kuivumisen vaatima aika. Kevät ja alkukesä ovat kuivatuksen kannalta parasta aikaa. Syyskesällä, syksyllä ja talvella tarvitaan aina lisälämmitystä kuivatuksen järjestämiseksi.
- Myöhästyvät tai virheelliset materiaalitoimitukset. Suunnitelmamuutokset ja liian myöhäinen tilausajankohta lisäävät riskiä.

Aikataulussa tulee varata riittävästi aikaa myös viimeistelytöille ja loppusiivoukselle.

4.4.2 Hankkeen taloudellinen hallinta

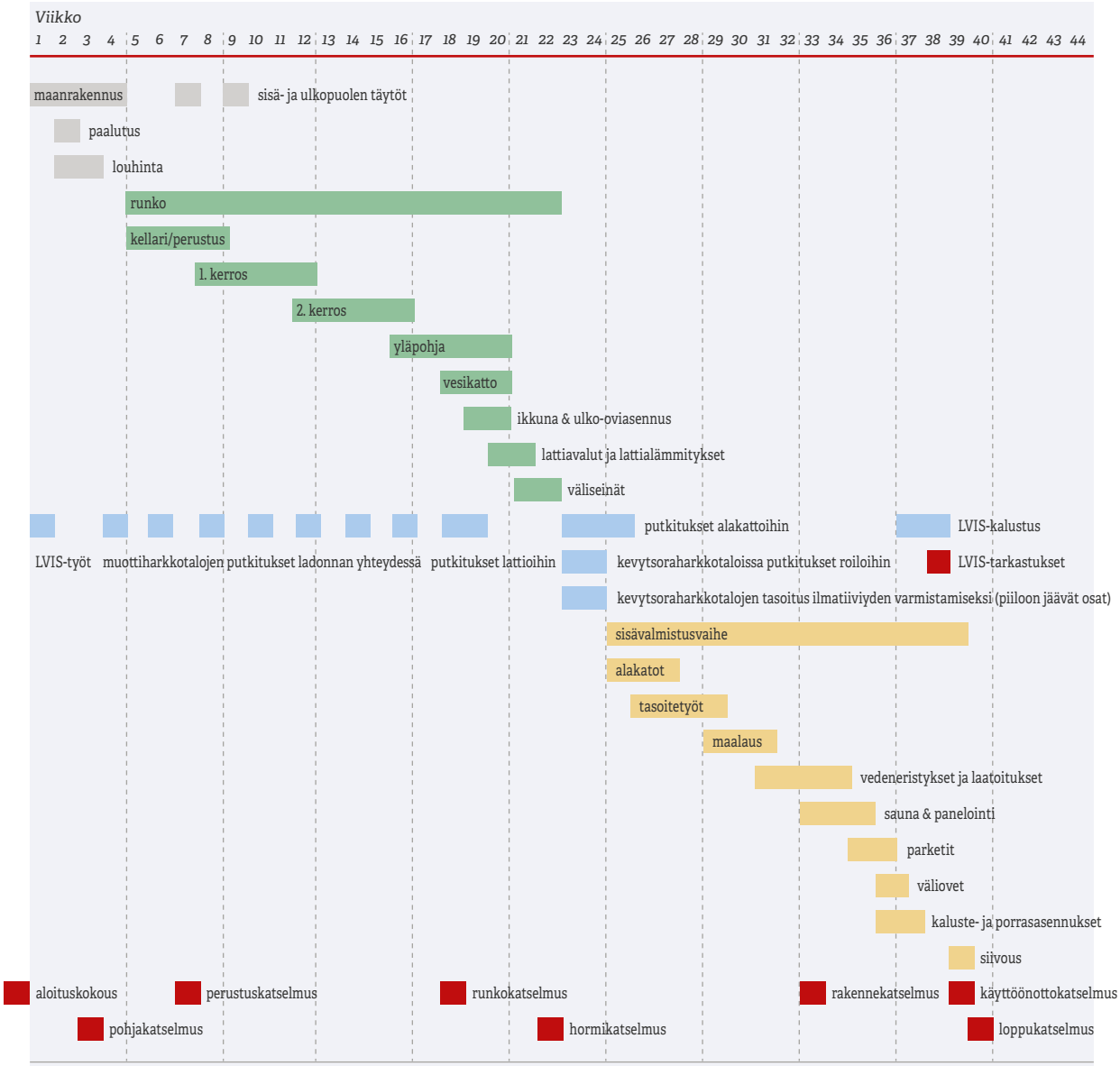
Pientalorakennuttajan tehtävä on johtaa hanketta ja vastata hankkeen taloudellisesta hallinnasta. Hankkeelle tulee laatia ajoissa realistinen kustannuslaskelma ja kustannuslaskelmaa vastaava rahoitussuunnitelma. Kustannuslaskelmaa tulee käyttää suunnittelun apuvälineenä, kun tarkastellaan eri suunnitelmaratkaisujen sekä materiaali- ja toteutusvaihtoehtojen vaikutusta kokonaiskustannuksiin. Kustannuslaskelmaa tulee ylläpitää ja päivittää sitä mukaa, kun suunnitelmat tarkentuvat sekä työn ja materiaalihankintojen hinnat täsmentyvät. Näin pysytään selvillä hankkeen koko- naiskustannusten ennusteesta.

Kustannuslaskelmien laadinnassa voidaan käyttää apuna kustannuslaskentaohjelmia. Harkkorakentamisen kustannuslaskentaohjelma Kivitalolaskin on käytettävissä osoitteessa *www.harkkokivitalo.fi.* Kivitalolaskimella voidaan arvioida rakennuksen koon, kerrosluvun, rakennuksen muodon, energiataloudellisuuden, perustusratkaisujen, piha- ja aluerakentamisen sekä runko- ja yläpohjarakenteiden, julkisivun, vesikatteen vaikutusta hankkeen kokonaiskustannuksiin. Kivitalolaskimen tulokset perustuvat erilaisiin suunnitelmavaihtoehtoihin, materiaalien ja työn hintoihin sekä Ratu -työmenekkitietoihin. Laskin soveltuu erityisesti hankkeen kustannusten arviointiin esisuunnitteluvaiheessa, jolloin valmiita suunnitelmia ei ole vielä käytettävissä.

Hankkeen kustannukset

Pientalon kustannukset syntyvät työn, materiaalien, kaluston, koneiden, energian ja pääoman käytöstä. Lisäksi tulevat erilaiset liittymismaksut (kuten vesi- ja viemäri) sekä verot ja veroluontoiset maksut. Rakentamisen kustannukset konkretisoituvat hankinta- ja rakentamisvaiheessa, mutta kustannukset määräytyvät jo suunnitteluvaiheessa. Tästä syystä suunnitteluvaiheessa on tärkeää ylläpitää kustannuslaskelmaa, jolloin voidaan arvioida eri vaihtoehtojen ja ratkaisujen vaikutusta koko hankkeen kustannuksiin.

Kuva 28. *Pientalokohteen rakennusvaiheen aikataulu. Hankesuunnitteluun, hankintoihin ja rakennusluvan hakemiseen on käytetty noin vuosi ennen rakentamisen aloittamista. Aikataulu on esimerkinomainen. Lopulliset töiden kestot riippuvat mm. toteutusmuodosta sekä talon koosta ja muodosta.*



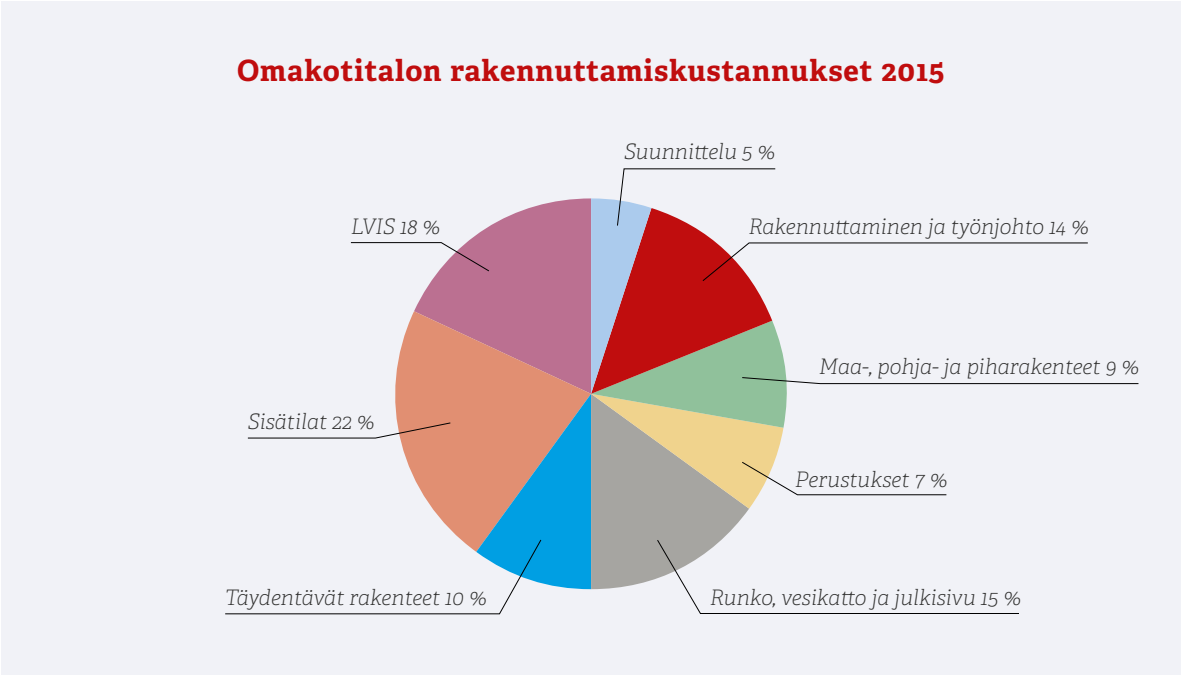
Aikataulu riippuu maalajeista, talon koosta ja monimuotoisuudesta, sääolosuhteita, työryhmien koosta sekä harjaantuneisuudesta.
Rakenteiden kuivuminen varmistetaan ennen pinnoitustöiden aloitusta.
Rappaus tehdään yhden lämmityskauden jälkeen.
Pihatyöt tehdään ennen käyttöönottoa ja korjaukset rappauksen jälkeen.

Suunnittelu- ja hankintapäätöksiä tehtäessä tulee ottaa huomioon myös valintojen vaikutukset rakennuksen käytönaikaisiin kustannuksiin. Materiaalien kestävyydellä, huoltotarpeella sekä energia- ja käyttökulujen suuruudella on suuri merkitys asumisen aikaisiin kuluihin.

Pientalohankkeessa merkittävimpiä kustannuseriä ovat runko- ja vesikattorakenteet, LVIS-työt sekä kalusteet, varusteet ja laitteet. Erilaisten pientalohankkeiden kustannuksia ei kuitenkaan ole helppo vertailla, koska hankkeet ovat keskenään erilaisia ja kustannuksiin vaikuttavat hyvin monet tekijät. Kustannuserot voivat johtua mm. seuraavista syistä:

- Tila- ja suunnitteluratkaisuista kuten talon koosta, muodosta, talotekniikka- ja lämmitysjärjestelmävalinnoista ja runkomateriaalivalinnoista. Harkkorunko on toteutushinnaltaan jonkin verran kalliimpi kuin vastaava puurunko, mutta kustannusero voi kääntyä harkkorungon eduksi rakennuksen elinkaaren aikana.
- Rakennuspaikan olosuhteista kuten maarakennus- ja perustustöiden suuruudesta. Erityisesti louhintatyöt nostavat perustuskustannuksia huomattavasti.
- Hankkeen ajoituksesta ja aikataulusta. Kireä aikataulu ja runkotöiden ajoittuminen talveen nostavat kustannuksia.
- Toteuttajien kokemus ja ammattitaito
- Toteutustavasta eli siitä kuinka paljon omaa työtä hankkeeseen käytetään ja kuinka ostettu työ organisoidaan
- Lopulliset hinnat muodostuvat neuvottelujen tuloksena. Tähän vaikuttavat mm. suhdannetekijät, henkilökohtaiset suhteet sekä neuvottelu- ja sopimustaidot.

Kuva 29. *Rakennushankkeen keskimääräiset kustannukset jakautuvat kuvan esittämällä tavalla. Kohdekohtaiset erot voivat kuitenkin olla suuria. Luvut perustuvat nettoalaltaan 170 m²:n indeksitalon kustannuksiin (lähde: Rakennustutkimus RTS Oy).*



Jokainen omakotitalorakennuttaja miettii varmasti, kuinka paljon omaa työpanosta käyttämällä voisi alentaa hankkeen kustannuksia. Käytettävissä olevan ajan ja työn määrää pohtiessa on syytä olla realisti. Hartiapankkirakentamisessa voi omalla työllä säästää enimmillään noin 20...30 % rakennuskustannuksista. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennushankkeeseen ryhtyvä tekee itse kaikki rakennushankkeen työt, jotka on mahdollista tehdä ilman tiettyä pätevyyttä tai lupia. Hartiapankkirakentamisessa rakennusaikataulu on yleensä muita toteutustapoja pidempi.

Noin puolet hankkeen rakennuskustannuksista, ilman tonttikustannuksia, muodostuu materiaalikuluista. Kustannustietoinen rakennuttaja pyytääkin tarjouksia usealta materiaalivalmistajilta ja urakoitsijoilta. Lisäksi hän pyrkii vaikuttamaan hankkeen sujuvuuteen varmistamalla töiden hyvän aikataulutuksen, yhteensovittamisen sekä materiaalien oikea-aikaisen työmaatoimituksen.

Rakennushankkeen kustannusriskit

Rakennushankkeen kustannusriski kuvaa sitä, kuinka laadittu kustannuslaskelma vastaa toteutuvia kustannuksia. Kustannukset tarkentuvat hankkeen aikana tehtyjen päätösten ja valintojen myötä. Voidaan kuitenkin tunnistaa tekijöitä, jotka ennustavat suurta kustannusriskiä. Näitä ovat:

- Puuttuva tai huonosti ylläpidetty kustannuslaskelma. Hankkeen aloittaminen ilman kunnollista kustannuslaskelmaa on virhe. Kustannuslaskelma kannattaa laatia huolella ja pitää ajan tasalla, kun suunnitelmat muuttuvat tai kustannukset tarkentuvat. Saatuja tarjouksia tulee verrata kustannuslaskelmaan. Kustannuslaskelmaa ja rahoitussuunnitelmaa eli budjettia tulee verrata keskenään aina, kun tapahtuu muutoksia. Suunnitteluratkaisujen hintavaikutusten selvittämiseksi voidaan materiaalitoimittajilta tai urakoitsijoilta pyytää alustavia hinta-arvioita.
- Liiallinen optimismi. Oman työn osuus arvioidaan yleensä liian suureksi. Aliarvioidaan kustannusarviossa esimerkiksi hankalan tontin tai halutun varustelutason aiheuttamat kustannukset.
- Osaamisen ja kokemuksen puute hankkeen johtamisessa. Ensikertaa rakennushankkeeseen ryhtyvän kannattaa palkata hankkeeseen kokenut yhteistyö- kumppani. Jo talopaketti-, materiaali- tai urakkatarjousten vertailu hinnan tai sisällön osalta keskenään ja kustannuslaskelman kanssa voi olla vaikeaa ilman aikaisempaa kokemusta. Myös aikataulusuunnittelu, sopimustekniikka ja toteutuksen valvonta ja töiden yhteensovittaminen vaativat sen verran osaamista, että ammattilaisen palkkaaminen on yleensä kannattavaa.
- Myöhäiset suunnitelmamuutokset. On tärkeää arvioida suunnitelmien laatua ja toteutuskelpoisuutta ja kustannuksia riittävän ajoissa ja kriittisesti. Hankkeen edetessä ratkaisujen muuttaminen toteutuskelpoisemmiksi tai edullisemmiksi vaatii koko hankkeen uudelleen organisointia ja aikatauluttamista. Tästä aiheutuu väistämättä ylimääräisiä kustannuksia hankkeelle.

Kuva 30. *Harkot kannattaa jakaa lähelle muurattavaa seinää.*

Esimerkkejä kustannusten nousuun johtaneista tapahtumista

LVIS -reitityksiä ei oltu suunniteltu, jolloin kohteessa jouduttiin piikkaamaan, poraamaan, roiloamaan, paikkaamaan ja lisätukemaan rakenteita.
Kustannusvaikutus: + 1 000...5 000 €.

Suunnitelmiin sisältyi yksinkertaiselta vaikuttava teräsrakenne, jolla saatiin arkkitehtonisesti avara ikkuna-aukko. Rakenteen hinta yllätti rakennuttajan. Olisi kannattanut pyytää etukäteen hinta-arvio teräsrakennevalmistajalta ennen kuin tämä erikoisrakenne sisällytettiin lupakuviin.
Kustannusvaikutus: + 2 000...10 000 €.

Harkkomuuraus oli suunniteltu tehtäväksi kesän ja alkusyksyn aikana. Aikataulu oli kuitenkin laadittu epärealistiseksi ja työmaan töiden toteutuksesta ja yhteensovittamisesta syntyi aikatauluviive, jolloin muuraustyö siirtyi talveen. Talvimuurauksesta johtuvaa talvilaastin tarvetta ja lämmitys-, suojaus- ja kuivauskuluja ei ollut kustannuslaskelmassa, koska työ oli suunniteltu tehtäväksi kesällä.
Kustannusvaikutus: + 2 000...10 000 €.

4.5 Työmaan hankinnat

Hyvin suunniteltu on vasta puoliksi tehty. Suunnitteluvaiheesta siirrytään rakentamisen valmisteluun mm. materiaalien hankintaan ja urakoitsijoiden valintaan ja edelleen toteutus- eli rakennusvaiheeseen. Tavoitteena on toteuttaa rakennus laadittujen suunnitelmien, aikataulujen ja taloudellisten tavoitteiden mukaan. Tämä edellyttää huolellista hankkeen valmistelua ja rakennuttajalta aktiivista otetta rakentamisen työn aikaisessa ohjauksessa ja töiden valvonnassa. Seuraavassa esitellään muutamia käytännön toimia, joilla rakennuttaja edesauttaa hankkeen toteutusta suunnitelmien mukaan.

Urakoitsijan valinta hankkeeseen

Valtaosa kivitalohankinnoista tehdään Suomessa pakettimuotoisesti. Halutessaan tilata harkkotalopaketin rakennushankkeeseen ryhtyvän kannattaa ottaa yhteyttä kivitalomyyntipisteisiin ja pyytää materiaalien osalta tarjouksia omaan kohteeseensa. Myyntipisteistä saa myös tietoja urakoitsijoista, joilta voi pyytää urakkatarjouksia työsuorituksista.

Keskeisistä urakkasuorituksista ja materiaalitoimituksista tulee pyytää tarjoukset usealta urakoitsijalta ja materiaalitoimittajalta. Kivitalopakettien osalta tarjouspyyntö voidaan korvata tarjoussisältöpalaverilla, jossa käydään läpi asiakkaan tarpeet ja tämän perusteella kivitalovalmistaja tekee tarjouksen. Vaihtoehtoisesti rakennuttaja voi lähettää tarjouspyyntöjä eri harkkotoimittajille. Tarjouspyynnön tulee olla yksikäsitteinen ja yksityiskohtainen ja se tulee lähettää samanlaisesti kaikille urakoitsijoille tai materiaalitoimittajille. Tarjouspyynnön mallina voi käyttää esimerkiksi RT -kortistossa julkaistuja malleja. Tarjouspyynnöstä tulee käydä ilmi kaikki oleelliset tiedot urakkakokonaisuuden tarjouslaskentaa varten kuten riittävät suunnitelmat kohteesta, yksiselitteinen ja kattava urakan sisältö, laajuustiedot ja hankkeen laatutaso. Tarjouspyynnöstä tulee käydä ilmi myös rakennuttajan tiedot, yhteyshenkilön tiedot, rakennuskohde, tarjouksen sisältö, tarjouksen jättö- ja voimassaoloaika. Mukaan liitetään tarvittavat suunnitelma-asiakirjat. Näiden tulee olla nk. työ- tai toteutuspiirustuksia eikä rakennusluvan hakemista varten laadittuja nk. lupakuvia. Tarjoukseen voidaan liittää valmiiksi muotoiltu tarjouspohja, johon tarjouksen antaja täyttää pyydetyt tiedot.

Urakkatarjouspyynnössä voidaan pyytää kokonaishinnan lisäksi yksikköhintoja urakkaan kuuluvista töistä ja erillishintoja urakan ulkopuolisista töistä. Tarvittaessa mukaan liitetään yksikköhintaluettelo urakoitsijan täytettäväksi, jolloin näitä tietoja voidaan käyttää lähtökohtana lisä- ja muutostöistä sovittaessa.

Tarjousten vertailu

Tarjousten sisältöjä, tarjoussummia ja ilmoitettuja yksikköhintoja vertaillaan keskenään. Tarjouksen laatija on voinut poiketa tarjouspyynnöstä, joten summat eivät välttämättä ole sellaisenaan vertailukelpoisia. Urakka- ja yksikköhinnan ohella tulee arvioida myös urakoitsijan kykyä selviytyä suunnitellusta urakasta resurssien, ammattitaidon ja yhteistyön kannalta. Näytöt urakoitsijan luotettavuudesta ja sitoutumisesta hankkeen aikatauluun tulee ottaa huomioon valinnassa. Vertailussa kannattaa ottaa mahdollisuuksien mukaan huomioon urakoitsijan esittämät suositukset tai referenssikohteet. On myös syytä tarkistaa urakoitsijan luottotiedot ja yrityksen ikä. Tarjousten summia tulee verrata kustannuslaskelmassa varattuun summaan. Mikäli tarjoukset ylittävät kustannuslaskelman summan, tulee miettiä keinoja, joilla kustannuksia voitaisiin alentaa. Tarvittaessa voidaan järjestää uusi tarjouspyyntökierros tai tarjouspyyntöpalaveri.

Sopimusten laadinta

Valitun urakoitsijan kanssa järjestetään urakkaneuvottelu, jossa varmistetaan yhteisymmärrys työn sisällöstä, siihen mahdollisesti haluttavista muutoksista, niiden hintavaikutuksista, aikataulusta ja työn laatuvaatimuksista. Sopimuksella vahvistetaan, että molemmilla on sama käsitys työn sisällöstä, aikataulusta ja laatutasosta ja että molemmat osapuolet sitoutuvat sopimukseen.

Jos rakennuttajalla ei ole kokemusta sopimusten laatimisesta, voi olla tarpeen pyytää esimerkiksi vastaavaa työnjohtajaa mukaan tarjouspyyntöjen laadintaan, tarjousten vertailuun, sopimusneuvotteluihin ja sopimuksen laadintaan.

Sopimukseen kootaan liitteiksi tarjouspyynnön liitteenä olleet ja muut tarvittavat asiakirjat tai niihin voidaan viitata piirustusnumeroiden ja muutospäivämäärien avulla. Sopimuksia tehdään kaksi samansisältöistä kappaletta, yksi kummallekin osapuolelle. Sopimusmalleja löytyy mm. RT-kortistosta. Olennaista on, että sopimukseen kirjataan urakan laajuus, urakkaan kuuluvat materiaalit ja työmaatekniikka, urakan aikataulu välitavoitteineen, maksuerätaulukko, rakennusaikainen vakuus, rakentajan vastuuvakuutus, yhteiskunnallisten velvoitteiden suoritustodistukset, työn valvoja, suunnitelmamuutoksista sopiminen, viivästyssakot sekä takuuaika ja takuuajan vakuudet ja lisä- ja muutos- työkäytännöt.

Materiaalihankinnat

Rakennushankkeeseen ryhtyvä voi pyytää harkkotoimittajalta tarjouksen ns. harkkotalopaketista. Tyypillisesti paketti sisältää harkot, raudoitteet, laastit, betonit, anturamuotit, ikkunat, vesikaton puutavaran, aluskatteen, vesikatteen, runkomateriaalit ja lämmöneristeet. Harkkotalopaketit eivät sisällä kaikkia rakennushankkeessa tarvittavia materiaaleja. Ne eivät yleensä sisällä myöskään rakennustyötä.

Kuva 31. *Harkkolavat kannattaa nostaa kuormasta perustusten läheisyyteen käsin siirtelyn vähentämiseksi.*

Harkkoja myyvät myös rauta- ja rakennustarvikeliikkeet sekä osa maataloustavaraliikkeistä ympäri Suomea. Esitteitä ja tietoja harkoista sekä harkkorakentamisesta saa harkkovalmistajien internet-sivuilta sekä valmistajien neuvontapisteistä.

Materiaalihankinnoissa noudatetaan samanlaista tarjouspyyntömenettelyä kuin työurakoiden kohdalla. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee laatia materiaalitoimituksen tarjouspyyntö, jossa esitetään vähintään

- Tarjoukseen sisällytettävien harkkojen laatu ja määrä harkkotyypeittäin
- Muut tarjoukseen sisällytettävät materiaalit kuten laastit, raudoitteet, betoni sekä tarjoukseen sisällytettävät tarvikkeet
- Haluttu toimitusaika reunaehtoineen
- Tarvittava kuorman purkukalusto sekä
- Tilaajan ja rakennuskohteen yhteystiedot.

Harkkotoimittaja vastaa tarjouspyyntöön tarjouksella, josta käy ilmi mm. toimituksen sisältö, toimitusaika ja -tapa, tarjouksen voimassaolo, hinta ja maksuehdot, kuljetus, vakuutukset sekä muut tarjouksen hyväksyttävyyteen ja tarjousten vertailuun vaikuttavat seikat. Kuljetuskustannukset eivät yleensä sisälly kauppahintaan, ellei harkkotoimittaja ole tarjouksessaan tai muutoin näin ilmoittanut. Toimittajalla on oikeus poiketa yksityiskohdissa tarjouspyynnöstä, mutta tämän tulee käydä ilmi tarjouksesta. Toimittajan tarjous on voimassa yleensä yhden kuukauden ajan sen päiväyksestä, ellei toisin mainita.

Tilaaja eli rakennushankkeeseen ryhtyvä tekee valinnan eri tarjousten välillä. Rakennusmateriaalien ja -tarvikkeiden toimittajan valinnassa vaikuttavat hinnan lisäksi mm. materiaalin laatu, luotettavuus, toimitusaikataulu ja -varmuus. Lisäksi kannattaa tarkistaa, ovatko tuotteet CE-merkittyjä ja standardien mukaisia tai mitä laatutodistuksia tuotteilla on ja kuuluvatko rahtikulut tarjoushintaan. Kaupan katsotaan syntyneen, kun ostaja ja myyjä ovat allekirjoittaneet kauppakirjan tai tilaus on kirjallisesti vahvistettu.

Harkkotoimituksiin sovelletaan betonituotteiden kuluttajakaupan yleisiä sopimusehtoja (2004).

Harkkojen työmaatoimitus

Harkot pakataan kuljetuksia varten kuormalavoille, joille mahtuu harkkoja noin 1,5 m^3. Harkkojen lukumäärä vaihtelee luonnollisesti harkkotyypin ja koon mukaan. Lavallinen kevytsoraharkkoja painaa noin 1000 kg. Vastaavasti lavallinen muurattavia tai valettavia betoniharkkoja painaa 1000-1400 kg harkkotyypistä riippuen. Rautakaupoissa ja rakennustarvikeliikkeissä myydään harkkoja myös pienemmissä erissä, mutta kaikkia laatuja ei ole aina saatavilla varastossa.

Harkkotoimittaja antaa tilaajalle ohjeet kuljetuksesta, työmaateistä, purkamispaikasta sekä tavaran varastoinnista ja suojauksesta. Tilaajan tulee noudattaa saamiaan ohjeita. Yleensä harkot toimitetaan suoraan rakennuspaikalle lavakuormana, jolloin rakennuspaikalle on tehtävä rekan kantava ajotie sekä varattava harkoille varastoimispaikka, johon lavat lasketaan suoraan kuormasta. Harkkojen nostoihin tulee varata riittävä nostokalusto, jolla kuorma saadaan purettua suunnitelluille paikoille. Autonosturin ulottuma on yleensä noin 6 metriä, joka riittää kuorman purkamiseen auton viereen.

Harkkotoimitukseen on hyvä yhdistää kuivalaastin, muiden rakennusmateriaalien ja tarvikkeiden toimittaminen työmaalle. Rakennuspaikalla tavaran vastaanottaja tarkistaa materiaalimäärät lavoittain ja arvioi silmämääräisesti harkkojen laadun sekä tekee kuormakirjaan merkinnät havaituista virheistä, puutteista tai kuljetus- ja käsittelyvaurioista.

Harkot kannattaa jakaa tai varastoida työmaalla siten, että tarpeettomia siirtoja rakennustyön aikana vältetään. Esimerkiksi perustusharkot kannattaa jakaa tasaisesti perustuslinjojen läheisyyteen. Laastiasema ja -tarvikkeet puolestaan sijoitetaan siten, että sieltä on mahdollisimman lyhyet ja turvalliset kulkureitit työkohteisiin.

Jos harkkoja nostetaan kantavan laatan päälle, tulee rakennesuunnittelijalta varmistaa, mihin kohtiin ja kuinka pian laatan valun jälkeen harkkoja voidaan varastoida. Yleensä harkot suositellaan varastoitaviksi kantavien väliseinien kohdalle.

Harkot tulee suojata työmaalla sateelta, lumelta, jäältä ja likaantumiselta. Suositeltavaa on levittää suojapeite harkkolavojen päälle niin, että harkoissa mahdollisesti oleva kosteus pääsee tuulettumaan. Peitteen paikallaan pysymisestä tulee huolehtia. Kuivalaasti säilytetään hyvin suojattuna sateelta ja maakosteudelta.

4.6 Toteutuksen valvonta ja ohjaus

Rakennushankkeen valvonta voidaan jakaa viranomaisvalvontaan ja hankkeen sisäiseen valvontaan. Valvonnan tavoitteena on varmistaa, että työ tehdään lain ja määräysten mukaisesti sekä lopputulos vastaa suunnitelma-asiakirjoissa määriteltyjä tavoitteita ja vaatimuksia sekä hyvää rakentamistapaa. Viranomaisvalvontaa ovat työmaalla tehtävät katselmukset ja tarkastukset hankkeen eri vaiheissa.

Hankkeen sisäinen valvonta ja ohjaus kohdistuu hankkeen aikatauluun, kustannuksiin, turvallisuuteen sekä työsuoritusten toteutukseen, valmiin työn laatuun ja sopimuksen mukaisuuteen. Jos puutteita ja laiminlyöntejä havaitaan, tulee ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin. Hankkeen sisäisestä valvonnasta vastaa työmaan vastaava työnjohtaja tai mahdollisesti hankkeeseen palkattu valvoja. Vastaavan työnjohtajan tehtävä on huolehtia töiden yhteensovittamisesta ja urakoitsijoiden yhteistoiminnasta työmaalla. Lisäksi hän huolehtii mm. työmaakokousten, aloituspalaverien, työkohteiden vastaanottojen, mallitöiden, erilaisten tarkastusten, mittausten ja kokeiden tekemisestä sekä dokumentoinnista. Vastaava työnjohtaja koordinoi myös työmaalla tapahtuvaa viranomaisvalvontaa. Hän huolehtii mm. siitä, että rakennusluvassa tai rakennusvalvonnan aloituskokouksessa määrätyt katselmukset ja tarkastukset pidetään oikea-aikaisesti.

Valvoja toimii rakennuttajan edunvalvojana. Hän huolehtii, että hanke etenee aikataulun mukaan, pysyy budjetissa sekä työsuoritukset ja valmis työ vastaavat sitä mistä on sovittu. Valvonnalla ei voida vaatia tehtäväksi työtä enempää tai paremmin kuin mistä sopimuksessa on sovittu, mutta valvonta ei myöskään saa tinkiä asiakirjoissa esitetyistä vaatimuksista. Valvonnan tulee tarkkailla mm. työmaan turvallisuustasoa. Mikäli turvallisuusriskejä havaitaan korjaaviin toimenpiteisiin pitää ryhtyä välittömästi.

Työmaan tarkastusasiakirjaan merkitään kaikki hankeen aikana pidetyt katselmukset ja tarkastukset. Tarkastusasiakirjan ylläpidosta vastaa vastaava työnjohtaja, pääurakoitsija tai rakennuttaja. Lisäksi työmaalla pidetään työmaapäiväkirjaa, johon merkitään havaintoja ja tietoja työmaan olosuhteista, hankinnoista ja työsuorituksista.

Uudisrakentamisen katselmuksia ja tarkastuksia

- Rakennuksen paikan ja korkeusaseman merkitseminen ennen rakentamiseen ryhtymistä
- Aloituskokous ennen rakentamisen aloitusta rakennuspaikalla suunnitelmien toteutuskelpoisuuden varmistamiseksi
- Pohjakatselmus, kun perustuksen kaivaminen ja louhinta on tehty
- Sijaintikatselmus, kun rakennuksen perustustyöt tai sitä vastaava rakentamisvaihe on valmis
- Salaojakatselmus, kun salaojat on asennettu, kuitenkin ennen peittämistä
- Perustuskatselmus ennen täyttötöitä, kun perustustyö on loppuun saatettu
- Rakennekatselmus, kun rakennuksen kantavat rakenteet ovat valmiit ja vielä näkyvissä
- Hormikatselmus, kun hormit on muurattu tai muuten valmiit, kuitenkin ennen hormien rappausta
- Pintavesikatselmus, kun tontin pinta on suunnitelmien mukaan muotoiltu ja katto- sekä pintavesien pois johtaminen järjestetty
- Lämpö-, vesi- ja ilmanvaihtolaitteiden katselmukset, kun lämmityslaitteistot, vesi- ja viemärilaitteistot, ilmanvaihtolaitteistot ja savuhormit on tehty, mitattu ja säädetty
- LVI-lopputarkastus, josta kirjoitetaan todistu
- Sähkötarkastus
- Urakoitsijan tekemä käyttöönottotarkastus
- Lämmityslaitteiston katselmus, kun öljylämmityslaitteisto tai kaukolämmönvaihdin on asennettu
- Osaloppukatselmus (käyttöönottokatselmus) ennen rakennuksen tai sen osan käyttöönottamista
- Loppukatselmus, rakennuksen ja piha-alueiden valmistuttua, jolloin kaikki rakennuslupapäätöksessä mainitut katselmukset on pidetty

5 Harkkorakentaminen

5.1 Maarakennustyöt

5.1.1 Pohjatutkimus

Rakennuspohjan tiedot tulee selvittää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, mielellään jo ennen tontin ostoa ja viimeistään ennen rakennuksen suunnittelua ja asemointia tontille. Pohjatietojen selvittäminen aloitetaan ottamalla yhteys kunnan rakennusvalvontaan ja kysymällä, onko alueelta käytettävissä valmista kartta- ja pohjatutkimusaineistoa. On hyvä tutustua myös lähistöllä sijaitsevien muiden rakennusten perustamistapoihin ja niistä saatuihin kokemuksiin. Tietojen luotettavuuteen ja suunnittelun laatuun kannattaa panostaa, sillä rakennuksen maarakennus- ja perustusrakenteissa tehdyt virheet ovat hankalia ja kalliita korjata myöhemmin.

Pohjatutkimusten ja pohjarakennussuunnittelun tarve ja vaatimustaso riippuu rakennuspaikan pohjasuhteista ja rakennuksen ominaisuuksista. Jos voidaan luotettavasti todeta, että rakennuspaikalla on vain kalliota pohjatutkimus voidaan korvata maastotarkastelulla. Maastotarkastelun tekeminen vaatii asiantuntemusta ja sen perusteella tulee laatia kirjallinen suositus, jossa esitetään perustamiseen liittyvät asiat. Helpoissa kohteissa tämän voi tehdä talon rakennesuunnittelija.

Kuva 32. *Tela-alustaista kaivinkonetta käytetään yleisesti perustusten maankaivutöissä.*

Pohjatutkimus tehdään aina, kun rakennuspohjassa on hienorakeisia maalajeja kuten savea tai silttiä, rakennuspaikan maaperän olosuhteet vaihtelevat tai rakennus sijaitsee rinteessä. Tavoitteena on tuottaa tietoa perustamis- ja viemäröintitavan valintaa, perustamissyvyyden määrittämistä sekä perustusten suunnittelua varten. Tutkimuksessa selvitetään ainakin maalajit, maakerrosten paksuudet sekä pohjaveden pinnan korkeus. Yleisin tutkimusmenetelmä on vähintään rakennuksen nurkissa tehtävä painokairaus ja maanäytteiden ottaminen. Pohjatutkija laatii tutkimusten perusteella lausunnon perustamistavasta. Lausunnossa esitetään mm. maapohjan kantavuus, jonka perusteella rakennesuunnittelija suunnittelee rakennuksen perustukset.

Jos pohjaolosuhteet ovat vaikeat ja odotettavissa on painumia, joudutaan selvittämään pehmeiden kerrosten kokoonpuristuvuusominaisuudet. Tämä voidaan tehdä häiriintymättömien näytteiden kokoonpuristuvuuskokeilla. Usein voidaan käyttää hyväksi myös alueella aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia. Vaativissa kohteissa painumien arvioinnin tekee geotekniikan asiantuntija.

Pohjatutkimuksen yhteydessä tehdään tontin vaaitus ja selvitetään rakennuspohjan ominaisuudet kuivatusta ja kaivutöitä silmällä pitäen.

5.1.2 Maapohjan kantavuusluokitus

Pientalon perustusten suunnittelua ja rakentamista varten rakennuspohjat voidaan ryhmitellä maalajien perusteella **taulukon 15** mukaisesti. Tärkeimmät rakennuspohjan luokitusperusteet ovat routivuus ja painumaominaisuuksia kuvaava suunnittelumoduuli.

Taulukko 15. *Maalajien kuvaus, routivuus ja suunnittelumoduuli.*

Maalajiryhmä	*Maalaji*	*Kuvaus*	*Routivuus*	*Suunnittelumoduuli E (MN/m²)*
Kallio				
Moreenimaalajit	Moreeni	Hyvin tiivistä, usein toisiinsa sekoittuneita maalajitteita	Routiva	> 20
Karkearakeiset maalajit	Sora	Tiiviit sorakerrostumat	Routimaton	> 20
	Hiekka	Tiiviit ja keskitiiviit hiekkakerrostumat	Routimaton	> 5
	Hiekka, siltti	Silttistä hiekkaa sisältävät kerrostumat	Routiva	> 3
Hienorakeiset maalajit	Siltti	Kovat ja sitkeät	Routiva	> 3
	Siltti, savi	Paksun kuorikerroksen omaavat hienorakeiset maapohjat	Routiva	1,5...5
	Savi, siltti	pohjaveden alapuolella olevat ylikonsolidoituneet savi- ja silttimaapohjat	Routiva	1,5...5
	Savi, siltti	Sitkeät ja pehmeät savikerrostumat ja pehmeät	Routiva	1...3
	Savi, siltti	Hyvin pehmeät savi- ja silttikerrostumat	Routiva	< 1

Kallio

Talon alle jäävät louhitut tai kallion luonnolliset painaumat täytetään betonilla, jotta niihin ei keräänny vettä. Talo perustetaan kallion tai louhitun kallion päälle tiivistetyn sora- tai mieluummin sepelikerroksen päälle. Pohjatutkimuksella selvitetään kallion pinnan korkeusaseman vaihtelut siten, että pohjakerroksen lattiataso, vesi- ja viemäriputkistojen tilantarve ja louhintatarve voidaan suunnitella taloudellisesti.

Louhinnan tarve nostaa maarakennuskustannuksia usein huomattavasti. Kustannukset muodostuvat louhinnan (poraus, panostus, täkkäys[1] ja räjäytys) ja louheen määrästä, louheen kuormauksesta ja kuljetuksesta sekä mahdollisesta louheen vastaanottomaksusta, naapurirakennusten louhintakatselmuksista sekä louhinnan aikaisesta tärinämittauksesta.

[1] Täkkäyksellä tarkoitetaan kaivinkoneella tehtävää räjäytettävän kohdan peittämistä.

Moreeni

Moreenikerrostumien kokoonpuristuminen on erittäin vähäistä ja luonnontilaisen moreenin varaan rakennetun talon painumat ovat merkityksettömän pieniä. Toisaalta kivisyys ja tiiviys voivat hankaloittaa kaivutyötä.

Moreenipohjalle on suositeltavaa tehdä antura harkoista tai betonista, vaikka maapohjan kantavuus ei sitä edellyttäisikään. Moreenimaalajit ovat lähes poikkeuksetta routivia.

Karkearakeiset maalajit

Myös sorasta ja hiekasta muodostuneille rakennuspohjille perustettujen pientalojen painuminen on vähäistä. Painuminen tapahtuu suurimmaksi osaksi välittömästi kuormituksen lisäyksen jälkeen jo rakennusaikana. Painumilla ei ole käytännössä merkitystä, jos perustustyöt tehdään siten, että hiekka- tai sorakerrokset säilyttävät luonnontilaisen tiiviytensä.

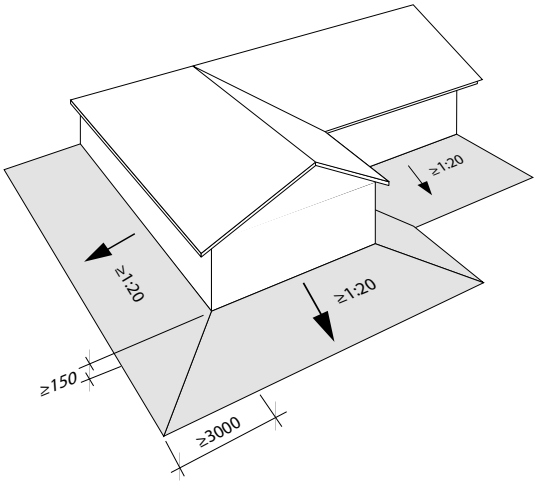
Perustusten suunnitteluun vaikuttavat tekijät määräytyvät lähinnä maalajin ja sen rakeisuuden perusteella. Useissa tapauksissa esimerkiksi harjuissa, riittää, että maastotarkastuksissa tunnistetaan maalaji. Sen sijaan rinnekerrostumissa ja harjujen lievealueilla sekä joki- ja tulvakerrostumissa saattaa pinnassa olevien hiekkakerrosten alta löytyä hienorakeisia maalajeja. Silloin tarvitaan tarkempaa pohjatutkimusta. Kaivutöissä ei saa häiritä rakennuksen alle jätettäviä maakerroksia. Maakerrokset häiriintyvät, jos niitä joudutaan kaivamaan tai kaivantoon pääsee vettä. Häiriintynyt maakerros on poistettava ja vaihdettava. Pohjavedenpintaa voidaan työnaikaisesti alentaa asentamalla rakennusalueelle suodattimilla varustettuja pumppauskaivoja. Tällöin suunnittelijoiden tulee tehdä selvitys pohjavedenpinnan alentamisen vaikutuksista ympäristöön.

Hienorakeiset maalajit

Kun hienorakeisten maalajien kuormitusta lisätään, ne puristuvat niin paljon kokoon, että painumat täytyy ottaa huomioon perustuksia suunniteltaessa. Painuminen saattaa kestää vuosikymmeniä. Niiden arvioimiseksi määritetään rakennuksen kuormat, maakerrosten paksuudet ja maalajin ominaisuudet. Täytön painolla ja mahdollisella pohjaveden pinnan alenemisella on usein ratkaiseva vaikutus painumiin.

Kuva 33. *Teräspaalujen päähän valetut paaluanturat, joiden päälle asennetaan tai valetaan sokkelipalkit.*

Kuva 34. *Maanpinnan kallistukset rakennuksen ympärillä pintavesien poisjohtamiseksi.*



Kun rakennuspohjan muodostavat kovat ja sitkeät silttikerrostumat, painumat ovat enintään muutamia senttimetrejä ja pientalo voidaan yleensä perustaa anturoille maanvaraisesti. Jos rakennuspohjan muodostavat pehmeät silttikerrokset tai normaalisti konsolidoituneet savikerrostumat, perustamistapa määräytyy rakenteiden sallimien painumien, painumaerojen, kuormitusten sekä maakerrosten paksuuden perusteella. Jos savi- ja silttikerrokset ovat hyvin pehmeitä, on rakennus syytä perustaa paaluille.

Tontin alava sijainti tai kalteva maanpinta saattavat lisäksi edellyttää rakennuspaikalla huomattavia maantäyttötöitä, jolloin täytöistä maapohjalle aiheutuva lisäkuormitus johtaa haitallisiin painumiin savi- tai silttimaaperällä. Korvaamalla maatäytöt kevytsoralla voidaan vähentää kuormitusta ja käyttää normaalia maanvaraisperustamista.

5.1.3 Rakennuksen korkeusasema ja perustamissyvyys

Rakennuksen korkeusasema vaikuttaa oleellisesti perustamisratkaisuihin, kaivu- ja täyttötöiden määrään ja kustannuksiin, tontin kuivatukseen sekä rakennuksen ja koko piha-alueen ulkonäköön. Rakennuksen korkeusasemaa valittaessa joudutaan ottamaan huomioon mm. rakennuspaikan korkeuserot, teiden tai katujen korkeusasemat sekä piha-alueen kuivatus. Tarpeettoman korkeita täyttöjä kannattaa välttää, koska ne aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia ja lisäävät pehmeillä maapohjilla painumaa.

Maanpäällisen perustuksen korkeudeksi ja lattiapinnan sekä maanpinnan väliseksi korkeuseroksi vaaditaan määräysten mukaan vähintään 300 mm, mutta suositeltava perusmuurin korkeus on 500 mm. Useimmat julkisivumateriaalit eivät kestä vaurioitumattomina ja ulkonäöltään moitteettomina maanrajassa, jossa niitä rasittaa kasvillisuuden, lumipeitteen ja roiskeveden aiheuttama kosteus. Liian matala perustus lisää myös merkittävästi puurakenteiden ja lattioiden kosteusvaurioriskiä.

Tuulettuvassa alapohjassa sokkelin korkeus määräytyy Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaan siten, että ryömintätilan tulee olla vähintään 0,8 metriä korkea. Jos ryömintätilaan sijoitetaan vesiputkia tai viemäreitä, on ryömintätilan oltava vähintään 1,2 metriä korkea *(SRakMK D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot).* Rakentamismääräysten mukaan antura- ja laattaperustuksen perustussyvyyden tulee olla vähintään 500 mm viereisestä maanpinnasta mitattuna. Routivalla maapohjalla maanvaraiset perustukset ja muut roudan aiheuttamille liikkeille alttiit rakenteet perustetaan roudattomaan syvyyteen tai ne routasuojataan lämpöeristeillä.

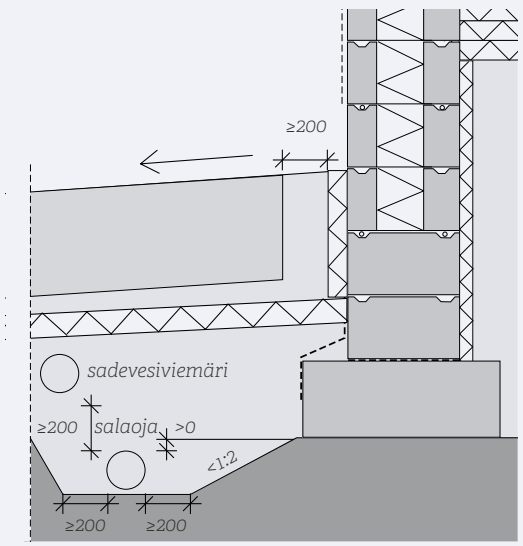
5.1.4 Tonttialueen kuivatus

Jotta sade- ja sulamisvedet eivät virtaisi rakennusta kohti, maanpinta muotoillaan rakennuksesta poispäin viettäväksi 3 metrin matkalla vähintään 15 cm. Tasaisella tontilla kallistukset tehdään täyttäen. Rinnetontilla täyttöjen määrä kasvaa, koska ylärinteen puolelle ei useinkaan ole mahdollista tehdä kallistusta leikkauksella. Pintavedet ohjataan kallistuksin sadevesikaivoihin tai avo-ojiin. Katolta tuleva sadevesi johdetaan syöksytorviin asennettuihin rännikaivoihin, jotka on yhdistetty sadevesiviemäriin tai imeytysjärjestelmään. Sadevesiä ei saa koskaan johtaa salaojaverkostoon.

Salaojitus

Salaojituksen tavoite on kerätä maahan imeytynyt sade- ja sulamisvesi salaojajärjestelmään sekä katkaista pohjavesipinnasta nouseva kapillaarinen veden nousu rakennuksen kohdalla. Salaojaputket asennetaan rakennuksen ympärille vähintään 100 mm alemmaksi kuin viereisen seinän anturan alapinta. Salaojaputkien korkeimman kohdan tulee olla vähintään 0,4 m viereisen tai yläpuolisen maanvastaisen lattian alapinnan alapuolella. Salaojaputkien kallistuksen tulee olla vähintään 1:200, mutta suositeltavaa on käyttää vähintään 1:100 kallistusta. Perusmuurin sisäpuolisten ja alapohjien alapuolisten salaojien vähimmäiskaltevuus on kuitenkin aina vähintään 1:100. Kulmiin, nurkkiin ja mutkakohtiin asennetaan tarkastuskaivot tai -putket. Rakennusvalvontaviranomainen tarkastaa putkitukset ennen niiden peittämistä.

Suositeltavaa on asentaa salaojaputki suoraan tasatun pohjamaan varaan levitetyn suodatinkankaan päälle. Suodatinkangas estää maa-ainesten sekoittumisen ja hienojen



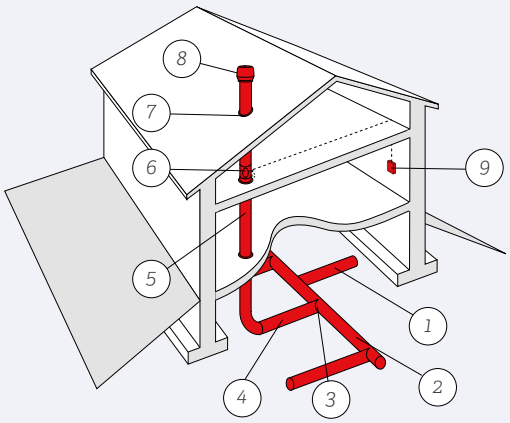
Kuva 35. *Salaojaputki asennetaan suoraan tasatun pohjamaan varaan levitetyn suodatinkankaan päälle. Salaojaputkea ympäröivän salaojasepeli tai -sorakerroksen paksuus on putken sivuilla ja päällä vähintään 0,2 m. Perusmuuria, sokkelipalkkia tai kellarin seinää vasten olevan pystysuuntaisen salaojituskerroksen paksuuden tulee olla vähintään 0,2 m.*

ainesosien joutumisen salaojaputkistoon. Salaojaputkea ympäröivä täyttö ulottuu vähintään 200 mm putken sivuille ja vähintään 200 mm putken laen yläpuolelle. Ympärystäytön tulee olla yhteydessä putken alapuoliseen kapillaarikatkokerrokseen. Perusmuuria, sokkelipalkkia tai kellarin seinää vasten olevan pystysuuntaisen salaojituskerroksen paksuuden tulee olla vähintään 0,2 m.

Salaojaputkiin päin kallistetulle kaivupohjalle rakennettavan salaojituskerroksen paksuuden tulee olla alapohjan alla vähintään 0,3 m. Tämän salaojituskerroksen tulee olla suorassa yhteydessä alapohjan alla tai perustusten ulkopuolella olevia salaojaputkia ympäröiviin salaojituskerroksiin. Rakennuksen alta salaojituskerrosta jatketaan rakennuksen ulkopuolista salaojaputkea ympäröivään salaojituskerrokseen sokkelipalkkien tai perusanturoiden ali. Vaihtoehtoisesti anturoihin tehdään salaojituskerroksen kohdalle riittävä määrä veden virtauksen mahdollistavia reikiä.

Maaperän painuminen, putkien tukkeutuminen hienoaineksella, juurten kasvu tai mahdollisen pumppaamon rikkoutuminen voivat aiheuttaa ongelmia aikaa myöten. Tämän vuoksi salaojaputket tulee asentaa hyvin tiivistetyn maakerroksen päälle tai suunnitelmien mukaiselle arinalle. Hienoaineksen kulkeutuminen järjestelmään estetään riittävän paksuilla salaojasora- tai sepelikerroksilla sekä tarvittaessa suodatinkankaalla. Jos järjestelmään on rakennettava pumppaamo, se tulee varustaa hälyttimellä, joka varoittaa häiriöistä pumpun toiminnassa.

Tarvittaessa salaojaputket ja -kaivot routasuojataan.



Kuva 36. *Radonkaasulta voidaan suojautua imukanavistoa käyttäen. Imukanaviston (1) tehtävänä on imeä rakennuspohjasta radonpitoista ilmaa. Kokoojakanava (2) kerää radonkaasun maaperästä ja johtaa sen poistopisteiden (3) ja siirtokanavan (4) ja poistokanavien (5) avulla yläpohjan läpi vesikatolle johtavaan kanava. Säätöpellillä (6) säädetään poistopuhaltimen imemää ilmavirtaa. Vesikaton läpivientikappale (7) valitaan katetyypin ja suunnitellun poistopuhaltimen mukaan. Poistopuhaltimena (8) on suositeltavaa käyttää huippuimuria, jonka teho valitaan ilmavirtamitoituksen perusteella. Järjestelmä tarvitsee sähköliitäntävarauksen (9) huippuimurin ja mahdollisen sähköisen tehonsäätimen asentamista varten. Lisätietoa RT 81-11099 Radonin torjunta, 2012.*

5.1.5 Radonkaasulta suojautuminen

Radon on hajuton, mauton ja näkymätön radioaktiivinen kaasu, jota syntyy maaperän uraanin puoliintumisprosessissa. Kaasumainen radon voi kulkeutua rakennuksen ilmavuotojen mukana sisätiloihin. Pitkäaikainen altistuminen radonille lisää keuhkosyöpäriskiä.

Sosiaali- ja terveysministeriön asettama *(STM:n päätös nro 944,1992)* radonpitoisuuden yläraja uudisrakentamisessa on 200 Bq/m^3 ja päätöksen mukaan asuinrakennus tulee suunnitella ja rakentaa siten, että em. säteilyn

raja-arvoa asuintiloissa ei ylitetä. Radonarvot vaihtelevat rakennuspaikan mukaan ja ovat tyypillisesti korkeita soraharjualueilla.

Suomen rakentamismääräyskokoelman (SRakMk) osan D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto mukaan uusi asunto pitää suunnitella ja rakentaa siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja

Radonin estämisestä vaaditaan suunnitelma jo rakennuslupaa haettaessa. Suunnitelma voi perustua joko rakennuksen alapohjan tiivistämiseen, tuulettamiseen tai molempiin. Mikäli radonia ei oteta huomioon suunnittelussa, kirjalliset perustelut liitetään rakennuskohteen suunnitelma-asiakirjoihin. Radontekninen suunnittelu voidaan jättää tekemättä vain, jos paikkakuntakohtaiset radontutkimukset osittavat selkeästi, että radonpitoisuus asunnoissa alittaa enimmäisarvon säännönmukaisesti.

Tuulettuva alapohjassa radonongelmat on helposti hallittavissa, jos alapohja on määräysten mukaisesti tuuletettu. Alapohjan ilmatiiviys on kuitenkin tärkeää erityisesti läpivientien ja rakenteiden liitossaumojen kohdilla.
Maanvaraisessa laatassa radonin vuotoreittejä voivat olla **(kuva 37)**

- lattialaatan ja sokkelin välinen liitos
- maanvastainen harkkoseinä
- kevytsoraharkosta tehty sokkeli
- kantavien väliseinien liitoskohdat
- putkien läpiviennit

Rakenteiden tiivistäminen

Tiivistämällä eristettäessä rakennuksen alapohjaan ja perusmuuriin rakennetaan ilmasulku, joka estää kaasun virtauksen huonetiloihin.

Kevytsoraharkkojen ilmanpitävyys ei yksin riitä estämään radonin kulkeutumista sisätiloihin, joten kevytsoraharkkorakenteen pinta ja saumat tulee tiivistää tasoittamalla rakenne molemmin puolin laastilla sekä asentamalla tiivistyskaistoja rakenteen kriittisiin kohtiin. Kellarin seinissä kosteuseristyksenä käytetään yleensä perusmuurilevyä tai kumibitumikermieristystä silloin, kun pohjavedenpinta on korkealla tai kellarin seinän kosteusrasitus on tavanomaista suurempi. *(RIL 107-2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet).* Kermieristyksen suojaksi on suositeltavaa asentaa perusmuurilevy listoineen. Seinän lämmöneristettä mitoitettaessa tulee aina varmistaa, että kosteus ei tiivisty harkkorakenteeseen.

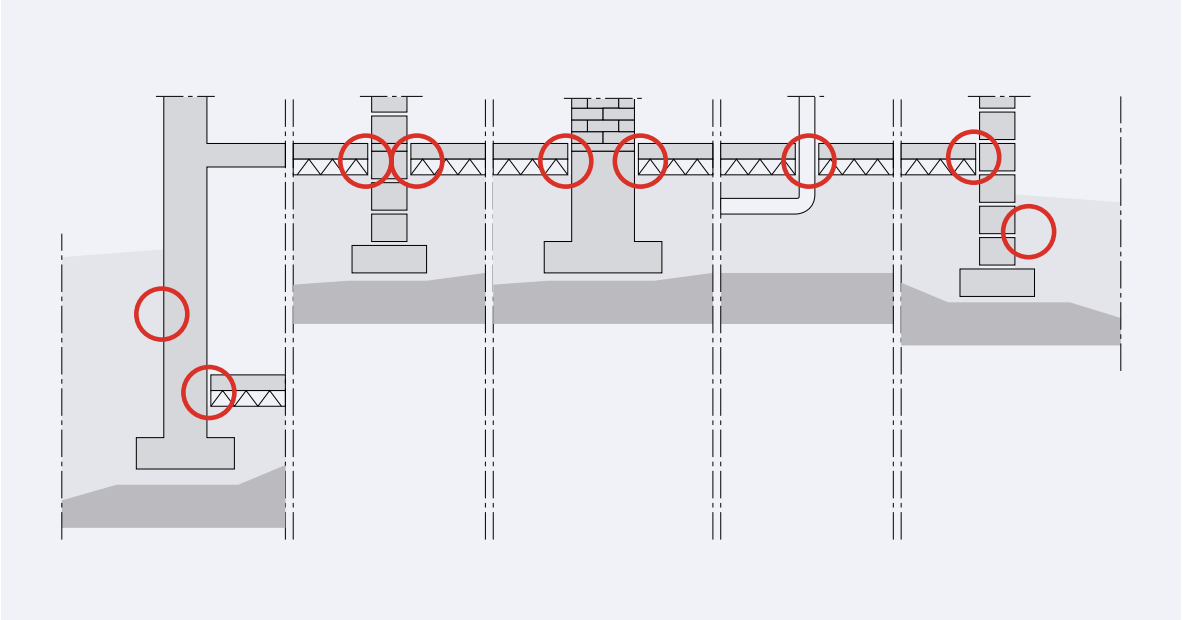
Muottiharkkorakenteet ovat riittävän ilmanpitäviä radonia vastaan, mutta niissäkin kriittisiin kohtiin tulee asentaa tiivistyskaistat ja erityistä huomiota tulee kiinnittää liitoskohtien tiiviyteen.

Riittävän paksu ja valuvaiheessa hyvin tiivistetty maanvarainen betonilaatta estää tehokkaasti radonin kulkeutumisen laatan läpi sisätiloihin. Laatan paksuuden on oltava vähintään 80 mm ja halkeilun vähentämiseksi jälkihoito tulee tehdä huolellisesti. Läpiviennit ja liitokset tiivistetään huolellisesti. Betonilaatassa olevat mahdolliset laatan läpi menevät halkeamat tulee tiivistää injektoimalla.

Alapohjan tuuletus

Toinen radonin torjuntavaihtoehto on tuuletus, jossa alapohjan alipaineinen ilma johdetaan erillisen tuuletusjärjestelmän kautta rakennuksen ulkopuolelle. Maanvaraisen laatan alapuolinen tuuletusjärjestelmä muodostuu salaojituskerrokseen asennettavasta imukanavistosta, siirtokanavasta, poistokanavasta liitoskappaleineen sekä poistopuhaltimesta, jolla radonpitoinen ilma imetään rakennuspohjasta. Salaojituskerroksen ilmanläpäisevyyden on oltava parempi kuin perusmaan, jotta tuuletusjärjestelmä voi toimia.

Kuva 37. *Radonin torjunnan kannalta kriittiset kohdat.*



Imukanavisto suunnitellaan rengasmaiseksi tai monihaaraiseksi. Ratkaisuja voidaan myös yhdistellä tilanteeseen soveltuvalla tavalla. Kanavisto tehdään tavallisesta tai kaksoisseinämäisestä salaojaputkesta. Perustusten läpi vietäessä imukanavana käytetään tiivistä putkea tai kanava sijoitetaan tiiviin putken sisälle.

Poistokanavia voi olla yksi tai useampia. Siirtokanavien avulla ne sijoitetaan kohtiin, joissa ne parhaiten voidaan viedä ala- ja yläpohjarakenteiden läpi ja joissa poistopuhaltimen etäisyys rakennuksen ulkoilmalaitteista, avattavista ikkunoista ym. on *Suomen rakentamismääräyskokoelman (SRakMk) osan D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto* vaatimusten mukainen.

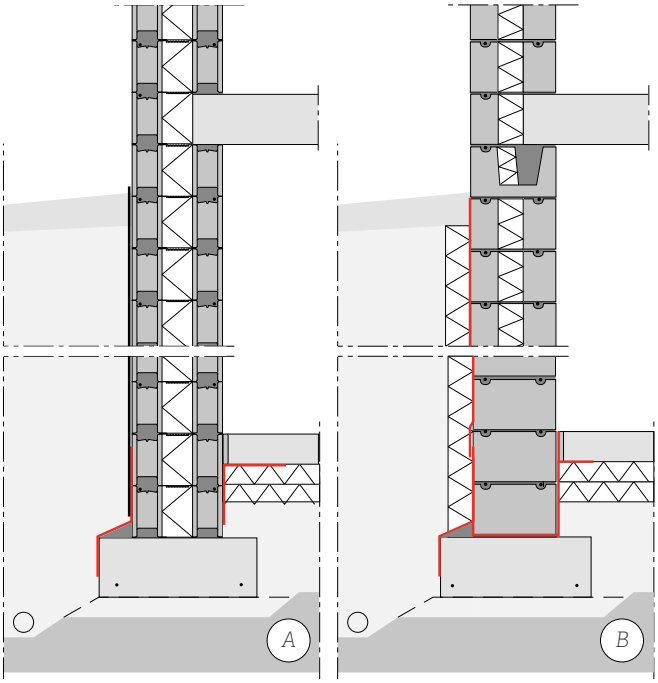
Ryömintätilaisessa tuulettuvassa alapohjassa ei tarvita imuputkistoa, kun ryömintätilaisen alapohjan tuuletus järjestetään *Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 Kosteus* mukaisesti.

Rakennuksen valmistuttua radonpitoisuus mitataan Säteilyturvakeskuksesta tai alan yrityksistä saatavilla mittalaitteilla. Rakennuksen ilmanvaihdon säädöillä varmistetaan, ettei rakennukseen synny jatkuvaa alipainetta ja maaperän radonkaasu siten kulkeudu huoneilmaan.

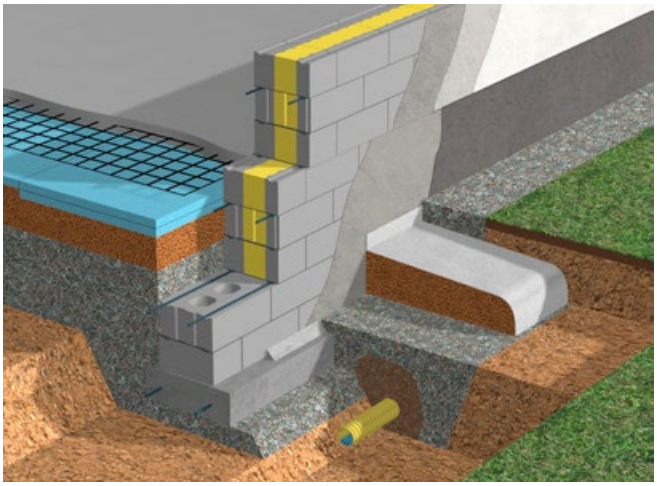
Kuva 38. *Maanvaraisen laatan liittymä harkkorakenteeseen tiivistetään kumibitumikermikaistalla.*

(A) Betonivaluharkkorakenne on riittävän ilmanpitävä radonia vastaan, mutta pinnoitus voidaan tarvita kosteudeneristyksen vuoksi. Valuharkkorakenteen ja maanvaraisen laatan liitos tiivistetään kuvan mukaisesti.

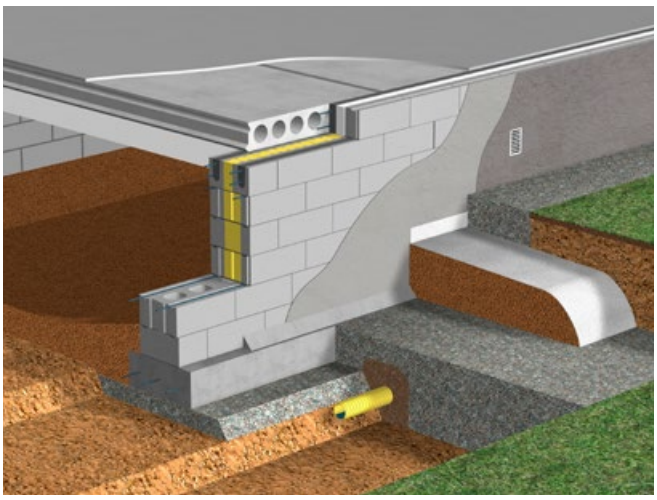
(B) Kevytsoraharkkorakenteinen kellarin seinä tulee tasoittaa laastilla ulko- ja sisäpinnalta sekä ulkopintaan kiinnitetään kumibitumikermieristys tai perusmuurilevyt rakennesuunnitelman mukaan. Radonkatko tehdään asentamalla anturan ja harkon väliin bitumikermi, joka tuodaan seinän sisäpintaa laatan ja eristeen väliin vähintään 150 mm. Tiivistyksen toteutuksessa vaaditaan huolellisuutta (erityisesti nurkat ja läpiviennit, teknisen tilan tiivistykset) ja kermien asennuksessa tulee noudattaa valmistajan ohjeita.



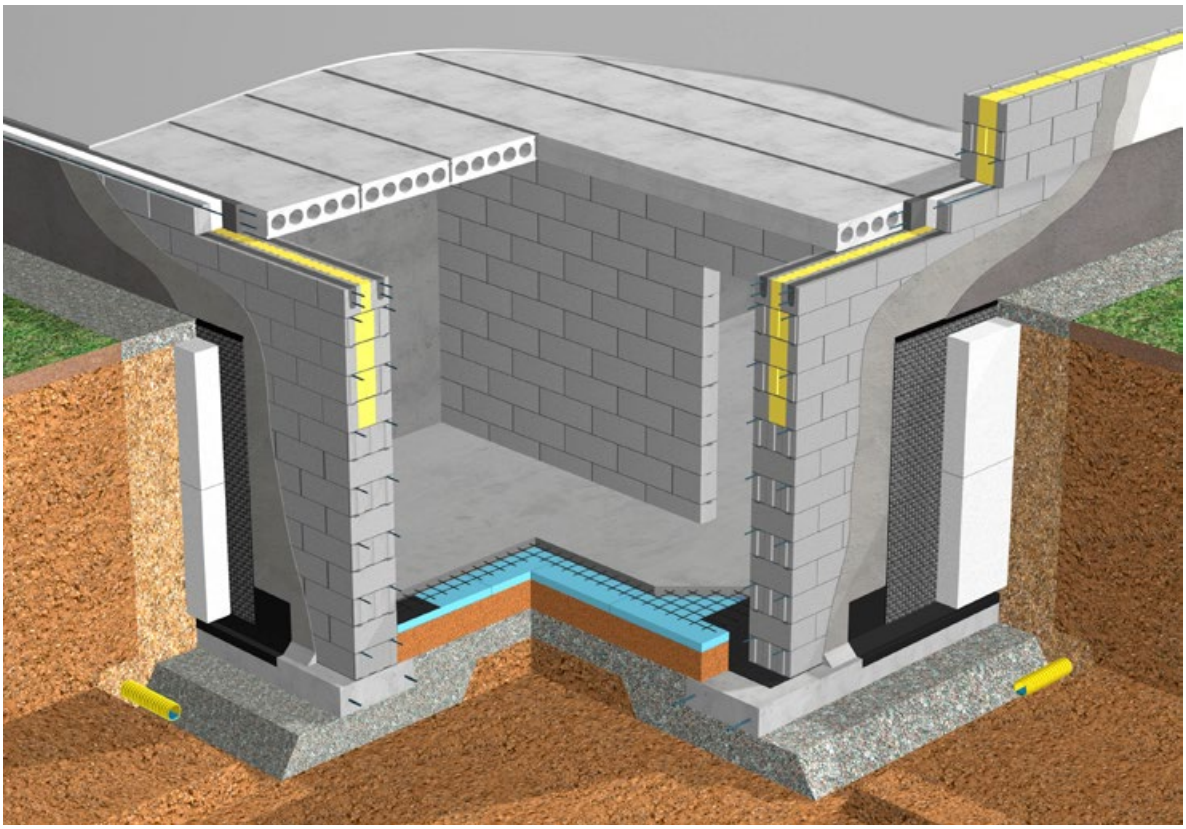
Kuva 39. *Maanvarainen alapohja: anturaperustus, perusmuuri kevytsoraharkoista.*



Kuva 40. *Ryömintätilainen alapohja: paaluperustus (vaikeat olosuhteet) tai anturaperustus (helpot olosuhteet), perusmuuri kevytsoraharkoista.*



Kuva 41. *Kellarillinen perustus: anturaperustus, kellarin seinä kevytsoraharkoista.*



Taulukko 16. *Perusmuurin suurimmat sallitut mittapoikkeamat, luokka 2 (Lähde: RunkoRYL).*

Mitattava ominaisuus	*Sallittu mittapoikkeama*
Perusmuurin paksuus	± 8 mm
Perusmuurin käyryys ja kaltevuus	± 3 ‰
Perusmuurin kaltevuus enintään	18 mm
Kaltevuus toisiin rakennusosiin rajoittuessaan	± 1,5 ‰
Perusmuurin sivusijainti	± 8
Etäisyys viereisiin rakennusosiin	± 8

5.2 Harkkorakennuksen perustustyöt

5.2.1 Perustamistavat, maarakennustyöt ja valmistelevat työt

Ennen kaivutöiden aloitusta tulee olla laadittuna pohjatutkimuksiin perustuva perustussuunnitelma. Kun kaivutyöt on tehty perustamissyvyyteen, pidetään tontilla pohjakatselmus. Mikäli kaivutöiden yhteydessä on ilmennyt pohjatutkimuksesta poikkeavia seikkoja, tehdään rakennuspohjasta tarvittavat lisäselvitykset ja suunnitelmat.

Kuva 42. *Perustusten merkitseminen maastoon.*

Rakennuspohjan täytöt tehdään suunnitelmien mukaisia maa-aineksia, tiivistystä sekä kapillaarikatkokerroksia käyttäen. Perustukset tehdään huolellisesti tasatun ja tiivistetyn maapohjan tai betonitasauksen päälle. Ennen perustustöiden aloittamista tulee tarkistaa, että kaikki putkitukset ja maa- sekä pohjarakennustyöt ovat valmiit perustusten kohdalla ja viereisillä alueilla. Lisäksi tarkistetaan maapohjan korkeudet ja perustuslinjojen paikat. Perustuslinjojen suorakulmaisuus voidaan tarkistaa ristimitan tai kolmiomittauksen avulla.

Perustukset siirtävät rakennuksen painon ja siihen kohdistuvat kuormitukset kantavalle maapohjalle. Routivalla maapohjalla maanvaraiset perustukset ja muut roudan aiheuttamille liikkeille alttiit rakenteet on perustettava roudattomaan syvyyteen tulevasta maanpinnasta mitattuna eli routimattomaan perustamissyvyyteen tai perustukset on routasuojattava lämmöneristeillä.

Yleisin tapa on perustusrakenteiden routasuojaus lämmöneristeillä, jolloin puhutaan matalaperustamisesta. Routasuojauksella estetään perustusten alla olevan maapohjan jäätyminen. Matalaperustuksia ovat maanvaraiset antura- ja laattaperustukset sekä kevennysperustukset. Pientalojen yleisin perustamistapa on matala perusmuuri anturaperustuksella. Kevennysperustusta, joka perustuu maamassojen vaihtamiseen rakennuksen alla, voidaan käyttää huonosti kantavilla maapohjilla. Tämän perustamistavan vaihtoehtona on paaluperustus.

Myös roudattomaan syvyyteen perustamisessa määrättyjä rakenneosia joudutaan routasuojaamaan lämmöneristeillä silloin, kun esim. paalu- tai pilariperustuksissa peruspalkin tai paaluanturan alapinta routivassa maassa jätetään roudattoman perustussyvyyden yläpuolelle. Roudaton perustussyvyys on Suomessa alueesta riippuen yleensä 1,6–2,6 m. Pysyvien lämpimien rakennusten roudatonta perustamissyvyyttä määritettäessä mitoituspakkasmääränä käytetään tilastollisesti keskimäärin kerran 50 vuodessa toistuvaa pakkasmäärää F50. Roudattomaan syvyyteen perustaminen toteutetaan joko pilari- tai paaluperustuksina tai vaihtamalla matalaperustustyyppisen rakenteen alle pysyvästi routimattomana säilyvä täyttökerros. Nämä ovat kuitenkin kustannussyistä suhteellisen harvinaisia perustamistapoja.

Yleensä kustannuksiltaan edullista on perustaa rakennus routasyvyyden yläpuolelle ja käyttää routaeristystä. Perustamistavan valinnassa vaikuttavia tekijöitä ovat mm.

- rakennuspaikan korkeussuhteet
- rakennuspohjan laatu
- rakennuksen muoto
- rakennuksen käyttötarkoitus
- käytettävät rakenteet
- rakennuspaikan sijainti
- hintatekijät

Jokaiseen kohteeseen tulee valita teknisesti ja taloudellisesti parhaiten soveltuva perustamistapa. Suunnittelun lähtökohta on rakenteen riittävä lujuus, mahdollisimman pienet painumat, riittävä lämmön- ja kosteudeneristys sekä tiiviys radonia vastaan. Suunnitteluun ja toteutukseen kannattaa panostaa, sillä perustustöissä tehtyjä virheitä on vaikeaa ja kallista jälkikäteen korjata. Harkkorakenteisten perustusten suunnittelussa on erittäin tärkeää rajoittaa perustusten painumia sekä kutistumisesta, lämpötilan muutoksista ja kosteusliikkeistä syntyviä muodonmuutoksia. Harkkorakenteissa tarvitaan yleensä myös liikuntasaumoja, joihin syntyvät muodonmuutokset ohjataan hallitusti.

Kuva 43. *Harkkoanturan rakentaminen.*

Kuva 44.. *Perusmuuri kevytsorabetoniharkoista ja raudoite.*

Kevytsora- ja betoniharkot soveltuvat hyvin erityisesti seuraaviin perustamistapoihin:

- Matalaperustus, perusmuuri (kevytsorabetoniharkot, muottiharkot), perusmuurin alla antura ja maanvarainen teräsbetonilaatta alapohjana
- Ryömintätilainen perustus, perusmuuri sekä anturaperustus tai perusmuuri, paaluantura ja paaluperustus. Kantavana alapohjarakenteena ontelolaatta, paikallavalulaatta tai liittolaatta.
- Kellarillinen perustus
- Edellisten yhdistelmät

Kevytsorabetoniharkot ovat käsiteltävyytensä, lämmöneristysominaisuuksiensa ja lujuutensa ansiosta yksi yleisimmistä perustusmateriaaleista. Harkkoperustuksia käytetään varsinkin omakoti- ja rivitaloissa sekä erilaisissa tuotanto-, liike- ja varastorakennuksissa. Vakio- ja erikois-harkkoja käyttämällä muurausta voidaan nopeuttaa. Kevyiden rakennusten kuten loma-asuntojen, autokatosten, aitojen yms. perustamiseen on saatavilla pilariharkkoja. Kevytsora-harkkorakenteessa kapillaarinen vedennousu on vähäistä ja harkkorakenne on lämpöä eristävä. Harkkoja voidaan katkaista ja työstää helposti myös käsityökaluilla.

Muottiharkoista tehty rakenne on luja ja tiivis sekä perustuksissa pintakäsittelyjen tarve on vähäinen. Betonin lämmönjohtavuus ja siitä mahdollisesti aiheutuvat kylmäsillat tulee ottaa huomioon perustusten routasuojausten suunnittelussa. Muottiharkkorakenteessa voidaan käyttää raudoitteita myös pystysuunnassa, jolla voidaan lisätä rakenteen kestävyyttä maan-painetta vastaan esim. kellarin seinissä. Muottiharkkojen katkaisuun tarvitaan timanttileikkuri. Harkkojen katkaisutarvetta voidaan vähentää suunnittelemalla rakenteet harkkojen mitoille sopiviksi sekä käyttämällä esim. puolikkaita harkkoja.

Käytettävän harkon, materiaalin ja harkkokoon tulee täyttää aina sen päälle tulevan alapohjan (esimerkiksi ontelolaatan) tukipintavaatimukset.

Seuraavassa esitellään muutamien harkkoperustusten rakentamista. Näitä ovat harkkoantura ja -perusmuuri yhdistettynä maanvaraiseen tai kantavaan alapohjaan, pilariperustus sekä kellarillinen perustus. Tuotekohtaisia työohjeita on saatavilla harkkovalmistajilta.

Harkot kannattaa jakaa tasaisesti perustuslinjojen läheisyyteen mahdollisuuksien mukaan jo työmaatoimituksen yhteydessä. Näin työn aikana harkkojen siirtelytarve vähenee ja muuraus tai ladonta on tehokasta.

Myös laastiaseman sijainti tulee suunnitella siten, että sieltä on mahdollisimman lyhyet ja turvalliset kulkureitit muuraustyökohteisiin. Suurissa kohteissa on tarkoituksenmukaista käyttää koneellista laastin sekoitusta ja siirtoa. Harkkojen ja laastipaljujen siirrossa voidaan käyttää pienoistrukkeja, lavahissejä ja tikasnostimia. Muuraustyö nopeutuu, jos työmaalla on käytössä riittävästi kalustoa harkkojen ja laastin siirtoihin. Betonivaluharkkojen valuissa käytetään yleensä betonimassan siirtoon betonipumppua.

Anturaa ja perusmuuria muurattaessa tai valettaessa ei yleensä tarvita telineitä, mutta kellarinseinien pystyttämisessä oikein suunnitellut, tukevat ja turvalliset telineet ovat välttämättömät. Telineille voi tulla työtekijöiden lisäksi varsin huomattavia kuormituksia, koska telineille voidaan varastoita harkkoja, muurauslaastia, muita rakennustarvikkeita, työkaluja yms. Työtasoilla laastipaljujen ja harkkojen sekä muurattavan seinän väliin tulee jäädä noin 60 cm vapaata liikkumis- ja työtilaa.

Ennen perustusten teon aloitusta varmistetaan, että kaapeleiden suojaputket sekä vesi- ja viemäriputket on asennettu suunnitelmien mukaan.

Kuva 45. *Anturan valua valmismuottiin. Järjestelmään kuuluu myös anturan valmisraudoitteet.*

5.2.2 Perusanturat

Perusanturat toteutetaan rakennesuunnitelman mukaan. Toteuttamistapoja ovat:

- harkkoantura (kevytsorabetoniharkko, betoniharkko)
- paikallavaluantura, muotti puutavarasta tai riittävän tukevasta rakennuslevystä
- paikallavaluantura ja valuun jäävä muotti

Aluksi perustuskaivannon pinta tasataan ja kallistetaan 1:50 ulkoseinille päin. Täyttö tiivistetään tärylevyllä korkeintaan 300 mm kerroksina. Anturaharkkojen alla olevat epätasaisuudet tasataan sora- tai sepelikerroksella suunniteltuun tasoon. Tiivistetyn täytön päälle tehdään enintään 20 mm:n tasaushiekkakerros, jonka päälle anturaharkot asennetaan paikalleen linjalangan avulla. Harkot hierretään paikalleen tai naputellaan kumivasaralla tiivisti alustaan. Harkkoihin asennetaan rakennesuunnitelmien mukainen raudoitus ja ne valetaan suunnitelmien mukaisella betonilla. Paikallavaluanturoiden valumuotti tehdään tasatun ja tiivistetyn sora- tai sepelikerroksen päälle. Valuun asennetaan rakennesuunnitelmien mukaiset raudoitteet ja tartunnat perusmuurille tai pilareille. Muottina voidaan käyttää sahatavarasta tai rakennuslevyistä tehtyjä muotteja, jotka puretaan betonin kovetuttua riittävästi. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää valmismuotteja, jotka jäävät rakenteeseen. Valmismuotissa olevat raudoitteet toimivat sellaisenaan tai lisäraudoitteiden kanssa anturan raudoituksena.

Jos maapohja on kalteva, anturarakenne porrastetaan 200 mm korkuisin askelmin, jolloin porrastus sopii harkkojen korkeuteen. Porrastukset ja harkkojako suunnitellaan siten, ettei harkkoja jouduta tarpeettomasti katkaisemaan. Pientaloissa ja vastaavissa rakennuksissa anturan leveys on yleensä ≥ 600 mm ja korkeus ≥ 200 mm. Pilarianturoiden koko on puolestaan 600 x 600 mm tai 800 x 800 mm sekä korkeus ≥ 200 mm.

Betonin siirrossa käytetään yleensä autoalustaista betonipumppua, jonka puomin pituus on riittävä hallitsemaan koko valualuetta.

5.2.3 Perusmuurit muurattavista harkoista

Perusmuurin muuraus aloitetaan perusanturan päältä nurkkapisteistä, jonka sijainti ja korkeusasema tarkistetaan merkitään huolellisesti. Perusmuurin mittatarkkuus muurauksessa varmistetaan nurkkapisteisiin asennettujen muurausjohteiden ja linjalankojen avulla. Johteisiin merkitään harkkokerrosten yläreunojen sijainnit ja linjalankojen avulla seurataan muurauksen etenemistä merkintöjen mukaan. Harkkojako suunnitellaan siten, että harkon alareuna osuu rakenteessa olevien aukkojen yläpinnan tasolle. Muurauksessa pyritään aina kerralla tekemään kokonainen harkkokerros. Muuraustyö nopeutuu, jos harkot on jaettu valmiiksi lähelle muuraustyökohdetta. Harkkojen muurauslaastina käytetään yleensä kuivalaastia, johon työmaalla lisätään vesi. Veden tulee olla puhdasta ja sekoituksessa noudatetaan valmistajan ohjeita sekoitussuhteista ja -ajasta. Kylmällä säällä käytetään lämmintä vettä. Laastia sekoittaessa tulee käyttää hengityssuojaimia. Suuriin kohteisiin laasti voidaan tilata myös siilotoimituksena.

Eristeharkkojen pystysaumoissa ei käytetä laastia. Pystysauman tiivistämiseen käytetään usein polyuretaanivaahtoa. Myöskään pontillisissa, ohutsaumamuurattavissa kevytsoraharkoissa ei käytetä laastia pystysaumoissa.

Eristämättömien muurattavien perustusharkkojen pystysaumoissa käytetään yleensä laastia (ns. nokkalaasti) tai harkossa on pontti, jolloin laastin käyttö pystysaumassa ei ole tarpeen. Harkko työnnetään kiinni edellisen harkon päätypintaan. Harkko lasketaan alas valmiin laastikerroksen päälle, minkä jälkeen harkkoa ei saa liikutella, jotta harkon ja laastin tartunta ei heikkene. Harkko voidaan koputella kuminuijalla paikoilleen.

Vaakasaumoissa käytetään ns. rakosaumaa **(kuva 47)** eli laastisauma katkaistaan eristeen kohdalla ja usein eristeen kohdalle asennetaan mineraalivillakaista tai eristeen kohdalle vaahdotetaan polyuretaanivaahtoa (vähän paisuva laatu). Laastin levityksessä käytetään muurauskelkkaa, jolla saadaan tasainen ja oikean muotoinen laastikerros haluttuun kohtaan. Kelkan käyttö säästää työtä, laastia ja parantaa lopputulosta.

Muuratun harkkokerroksen urat täytetään laastilla ja uriin painetaan rakennesuunnitelman mukaiset teräkset. Teräkset vaativat korroosiosuojaksi ja tartunnan varmistamiseksi laastikerroksen ympärilleen, joten terästä ei saa painaa uran pohjaan. Kulmissa käytetään harkkojärjestelmän kulmaharkkoja tai harkkoihin lovetaan kaareva ura, johon taivutettu teräs asennetaan. Terästen jatkospituuden (jatkettavan teräksen limitys) tulee nurkissa olla rakennesuunnitelmien mukaiset yleensä vähintään 900 mm.

Kuva 46. *Muurauskelkalla laastikerroksesta tulee tasainen.*

Kuva 47. *Rakosaumaan on asennettu mineraalivillakaista ja muurausside. Mineraalivillakaistan sijasta voidaan käyttää myös vähän paisuvaa polyuretaanivaahtoa, jota vaahdotetaan 2 palkoa.*

Ylipursunut laasti poistetaan saumoista mahdollisimman pian. Perustuksen yläpinta tasataan tarvittaessa betonilla tai laastilla. Pinnan korkoa voidaan säätää vielä esimerkiksi ontelolaatta-asennuksen yhteydessä asennuspaloilla.

Perusmuuriin tulee tehdä rakennesuunnitelman mukaiset liikuntasaumat halkeilun estämiseksi. Liikuntasaumat suunnitellaan tapauskohtaisesti ja ne esitetään rakennesuunnitelmassa.

Harkkojen katkaisussa ja roilotuksessa käytetään henkilökohtaisina suojaimina hengityksen-, silmien- ja kuulonsuojaimia. Työvälineinä käytetään harkkosahaa, timantti- tai kivilaikkaa tai harkkosirkkeliä. Roilotukseen käytetään laikkakonetta tai urajyrsintä.

Kuva 48. *Anturamuotin päälle ladottu kellarin valuharkkoseinä.*

5.2.4 Perusmuuri valuharkoista

Valuharkkoperusmuurien mittatarkkuus varmistetaan samoin kuin muurattavissa perusmuureissa nurkkapisteisiin asennettujen johteiden ja linjalankojen. Valettavat harkot ladotaan päällekkäin limittäen, jolloin harkkojen valuontelot jäävät auki ja muodostavat yhtenäisen kanaviston betonointia varten. Ladonnassa ei käytetä laastia pysty- eikä vaakasaumoissa.

Ladottu harkkorakenne raudoitetaan rakennesuunnitelman mukaan vaaka- ja/tai pystyraudoituksella. Raudoitus viedään taivutettuna kulmien yli ja limitetään jatkoskohdissaan rakennesuunnitelman mukaan.

Harkot kastellaan ennen valua, jotta betonimassa ei tartu kuivaan harkkopintaan ja tuki valuonteloita, jolloin valuun jäädä nk. rotankoloja. Talvella kastelua ei saa tehdä veden jäätymisriskin vuoksi.

Rakenne tuetaan huolella ennen valua ja ontelot valetaan täyteen notkealla betonimassalla. Betoni tiivistetään sauvatäryttimellä. Valukorkeuden osalta noudatetaan harkkovalmistajan ohjeita. Jos harkkorakennetta ei valeta koko korkeudelta yhdellä kertaa, valusauma tehdään harkon keskelle, ei harkkosauman kohtaan. Rakenteeseen tehdään liikuntasaumat, joiden paikat ja rakenne sekä työohjeet esitetään kohdekohtaisesti rakennesuunnitelmissa. Valuharkkojen katkaisussa käytetään timanttilaikkaa sekä hengityksen-, silmien- ja kuulonsuojaimia. Roilotusta vältetään ja esimerkiksi sähköputket ja -rasiat sijoitetaan valuonteloihin ennen valua.

Betonimassan siirrossa käytetään yleensä betonipumppua.

5.2.5 Kellarin harkkoseinä

Kellarin maanvastainen harkkoseinä toteutetaan yleensä

- muurattavilla kevytsorabetoniharkoilla
- eristemuottiharkoilla

Kevytsorabetoniharkkorakenteessa käytetään kellarin seinä yläosassa eristeharkkoja ja alaosassa eristämättömiä vakioharkkoja. Seinä lämpöeristetään ulkopuolelta maata vasten olevilta osiltaan. Muottiharkkorakenteessa käytetään vain eristemuottiharkkoja anturatasosta ylöspäin. Tarvittaessa muottiharkkoseinä voidaan lisäeristää ulkoapäin maanalailta osiltaan.

Kellarillisen perustustavan valintaan vaikuttavat usein maastonmuodot, tonttikoko, kaavamääräykset, tilantarve sekä tulevan asukkaan mieltymykset. Varsinkin rinnetonteilla kellarikerrokseen voidaan luontevasti rakentaa lisätilaa asumista ja erilaisia harrastuksia varten.

Kuva 49. *Valu voidaan peittää muovilla liian nopean kuivumisen estämiseksi.*

Kellariseinän harkkotyyppi, -leveys ja tukemistapa valitaan vaikuttavan maanpaineen mukaan. Yleensä maanpinnan alapuolella muuratussa harkkoseinässä käytetään raudoitusta joka harkkokerroksessa ja valuharkoissakin raudoitusta lisätään maanpäällisiin rakenteisiin nähden.

Harkkoseinä kantaa yleensä helposti rakenteelle tulevat pystykuormat. Alarinteen puolella, varsinkin sivuseinällä, jossa elementtivälipohja, seinä ja kattoristikot kuormittavat harkkoseinää, tulee kuitenkin rakennelaskelmin tarkistaa aukkojen väliset seinäosat pystykuormien suhteen.

Kellarin käyttötarkoitus määrää harkkoseinän lämmöneristysvaatimukset. Yleensä rakenteen lämmöneristys kuitenkin suunnitellaan vastaamaan asuintiloja. Lämmöneristyksen suunnittelussa voidaan ottaa huomioon maanpinnan alapuolisen maan lämmönvastus.

Lämmöneristysvaatimukset täyttyvät, kun maanpinnan yläpuoliset ja vähintään kaksi maanpinnan alapuolista harkkokerrosta muurataan ulkoseinien lämmöneristysvaatimukset täyttävillä eristeharkoilla. Maanpinnan alapuolella kevytsoraharkkoseinä muurataan muutoin eristämättömillä harkoilla ja eristetään ulkopuolelta esimerkiksi polystyreenilevyillä (EPS, XPS) tai kevytsoralla (suodatinkangassäkkeihin pakattu kevytsora). Ulkopuolinen eriste ja eristetyt kevytsoraharkot limitetään, jotta seinään ei muodostu kylmäsiltaa.

Kellarin seinä voidaan tehdä myös koko korkeudeltaan anturatasosta lähtien betonisilla eristetyillä valuharkoilla, jolloin ulkopuolista lämmöneristettä ei tarvita. Routaeristeitä voidaan silti joutua asentamaan.

Kellarin harkkoseinämateriaalina käytetään tyypillisesti muurattavia kevytsoraharkkoja tai betonisia valuharkkoja. Harkkorakenteilla on mm. seuraavia eroja:

- Kevytsoraharkkorakenne tiivistetään radonia vastaan bitumikermillä ulkopuolelta. Kermieristys toimii samalla myös kosteuseristeenä.
- Kevytsoraharkkorakenne ohutrapataan kummaltakin puolelta
- Betonista valuharkkokellarinseinää ei tarvitse tiivistää radonin vuoksi, mutta liittymät muihin rakenteisiin tiivistetään bitumikermikaistoin. Kosteusteknisen toiminnan vuoksi tarvitaan yleensä kosteuseristys.
- Valuharkkoseinään voidaan lisätä tarpeen mukaan pystyraudoitusta maanpainetta vastaan
- Kevytsoraharkoilla käytetään vain vaakaraudoitusta muuraussaumoissa
- Valuharkoilla kellarin seinä tehdään kokonaan eristeharkoilla, jolloin ulkopuolista lämmöneristettä ei tarvita.
- Kevytsoraharkoilla maanvastaisen seinän alaosa tehdään eristämättömillä harkoilla ja eristetään ulkopuolelta.

5.2.6 Pilariharkkoperustus

Pilariharkko on tarkoitettu kevyiden rakenteiden ja rakennusten peruspilareiden tekoon. Perustustapa soveltuu mm. pientalojen terassien, parvekkeiden, loma-asuntojen, autosuojien ja -katosten sekä aitojen perustamiseen.

Harkkopilarien tekemiseen on saatavilla sekä muurattavia kevytsorabetoniharkkoja tai ladottavia valumuottiharkkoja. Kummassakin tapauksessa harkossa olevaan valuonteloon asennetaan rakennesuunnitelman mukaiset raudoitteet ja tartunnat sekä ontelo täytetään betonilla.

Pilariharkkoperustus routasuojataan kylmien rakenteiden rakennesuunnitelmia noudattaen.

Kuva 50. *Pilarin tekoa pilariharkoista. Harkon raudoitteet asennetaan onteloon ja ontelo valetaan betonilla.*

Maanvaraisen alapohjan etuja ovat:

- kaivumassat ovat yleensä vähäisiä
- täyttömäärät ovat kohtuullisia tasaisella rakennuspaikalla
- rakenne on yksinkertainen toteuttaa
- perusmuurien rakennuspohjalle aiheuttama kuormitus on pieni, koska alapohja ovat maanvarainen
- pohjaveden pinta ei yleensä aiheuta ongelmia, koska perustamissyvyys on matala
- painumisriski on vähäinen.

Haittoja ovat:

- betonialapohjan alle jäävien vesi-, viemäri- ja sähköputkitusten korjaus- ja muutostyöt ovat hankalia toteuttaa
- betonialapohjan alle tarvitaan yleensä imukanavisto radonkaasun tuulettamiseksi
- soveltuu huonosti kaltevalle rakennuspaikalle täyttötöiden määrän vuoksi.

5.2.7 Maanvarainen alapohja

Maanvarainen alapohja on yleinen ja edullinen vaihtoehto rakennuspaikalla, jossa korkeuserot rakennusalalla[2] ovat enintään noin 500 mm. Jos korkeuserot ovat suuremmat, vaihtoehtona on ryömintätilainen alapohja. Kalteva rakennuspaikka lisää perusmuurin korkeutta, täyttömassojen määrää ja kustannuksia. Myös rakennuksen ylärinteen puolelle on muotoiltava riittävä kallistus, mikä yleensä vaatii täyttötöitä.

[2] *Rakennusalalla tarkoitetaan aluetta, joka ulottuu noin 3 m rakennuksen ulkopuolelle.*

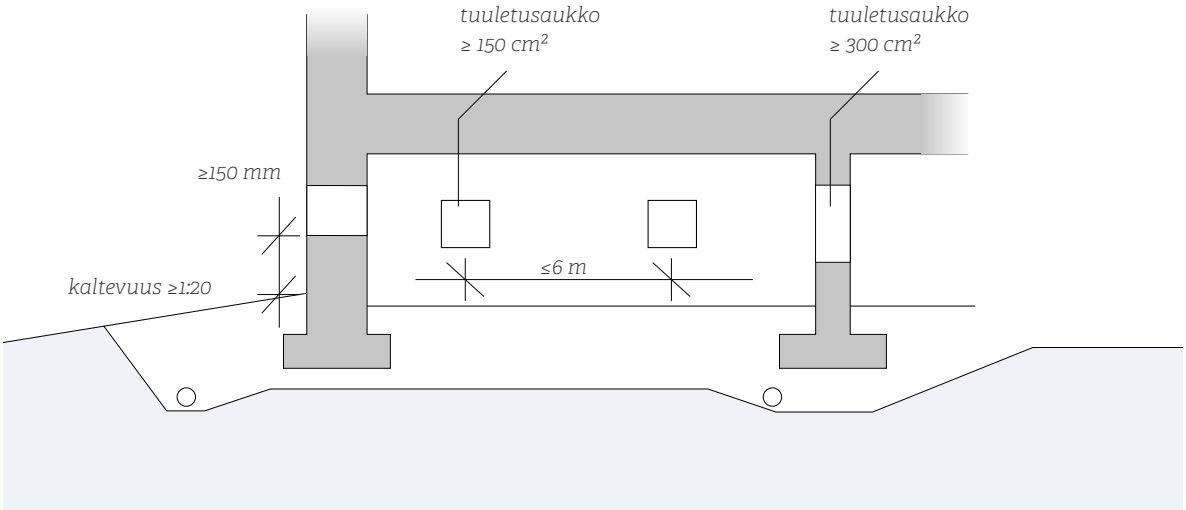
Maanvaraista alapohjaa käyttäen perustuksia rasittaa vain seinärakenteilta tuleva kuorma. Rakennuspohjaa kuormittaa lisäksi täytöstä aiheutuva paino. Kantavaa alapohjaa käytettäessä perustuksille tulevat kuormat ovat suurempia, mutta rakennuspohjan kokonaiskuormitus on pienempi, koska täyttötöitä on yleensä vähemmän.

Tässä esitetty rakenne koostuu betonivaluharkkoanturasta ja -perusmuurista, täytöistä sekä maanvaraisesta paikallavaletusta alapohjasta lämmöneristyksineen. Harkkoanturan ja -perusmuurin tekemistä on kuvattu tarkemmin edellisissä luvuissa. Anturan, perusmuurin ja maanvaraisen alapohjan tekeminen etenee seuraavasti:

- Humuskerros poistetaan rakennusalalta ja noin 1...1,5 m leveydeltä rakennusalan ulkopuolelta.
- Ulkoseinien perustusten alle kaivetaan rakennesuunnitelmien mukaiseen syvyyteen noin metrin levyinen kaivanto. Rinnemaastossa kaivanto tehdään kaltevaksi ja antura porrastetaan 200 mm nousuin. Anturan pohjatason muutos tulee kuitenkin olla ≤ 1:3.
- Anturan alle tuleva kiviaineskerros levitetään ja tiivistetään. Rakennusta ympäröivän ulkopuolisen salaojan laen tulee sijaita perusmuurin ja matalaperustuksen vieressä joka kohdassa anturan alapintaa alempana. Anturan alapuolisen pohjamaan kantavuuden heikkenemisen takia salaojakaivannot eivät saa ulottua liian syvälle anturoiden vieressä, vaan salaoja on vietävä riittävän kauas anturan alakulmasta lähtevän 1:2 luiskan yläpuolelle, tai reittiä on muutettava. Salaojaputken halkaisijan tulee olla vähintään 100 mm.
- Suositeltavaa on asentaa salaojaputki suoraan tasatun pohjamaan varaan levitetyn suodatinkankaan päälle. Salaojaputken ympärillä tulee olla salaojituskerros, joka ulottuu vähintään 200 mm putken sivuille ja yläpuolelle. Salaojituskerroksen tulee olla yhteydessä alapohjan alla olevaan kapillaarikatkokerrokseen. Yleensä yhteys järjestetään sokkelipalkkien tai anturan ali viedyllä kapillaarikatkokerroksella, tai anturoihin tai perusmuureihin tehtyjen virtausaukkojen kautta.
- Anturaharkot ladotaan ja valetaan oikeaan korkoonsa. Anturaan tehdään rakennesuunnitelmien mukaiset tartunnat.
- Harkkoperusmuuri muurataan tai ladotaan ja valetaan suunnitelmien mukaan. Varmistetaan raudoitteiden määrä, sijainti, tuenta ja riittävät jatkospituudet.
- Perusmuurin ulkopinnan vesieristyksessä otetaan huomioon perusmuuriin kohdistuva kosteusrasitus. Jos kosteusrasitus on vähäinen, perusmuuri oikaistaan laastilla, sivellään bitumiliuoksella ja päälle asennetaan patolevy. Jos kosteusrasitus on suuri, oikaisulaastin päälle tehdään kermieristys ja tarvittaessa sen päälle asennetaan perusmuurilevy listoineen suojaamaan kermiä ja perusmuurin pintaa.
- Täytöt ja tiivistykset tehdään suunnitelmien mukaan. Maanpinnan on kallistuttava rakennuksesta poispäin 3 m matkalla vähintään 150 mm (≥ 1:20). Tarvittavat kallistukset on tehtävä täyttäen, sillä tasamaata ei voida alentaa rakennuksen ympärillä.
- Ennen maanvaraisen alapohjan valua asennetaan alapohjan alle tulevat sähkö-, vesijohto- ja viemäriputket tai niiden varaukset sekä riittävä kapillaarikatkokerros (kapillaarikatkon tekemiseen soveltuva kiviaines) vähintään 300 mm. Radonputkisto asennetaan em. kerrokseen.
- Maanvarainen laatta voidaan tehdä ennen vesikatteen asennusta tai sen jälkeen. Maanvaraisen laatan alla käytetään lämmöneristeenä solupolystyreeniä (EPS, XPS) tai puhallettua kevytsoraa. [3] Rakennuksen nurkissa ja reunoilla routasuojaus tehdään paksummaksi. Lämmöneristekerroksen päälle asennetaan suodatinkangas, joka estää laatan valussa betonimassan tunkeutumisen eristeiden puskusaumoihin.
- Raudoitettu betonilaatta valetaan tiivistetyn kapillaarikerroksen, täyttökerroksen ja lämmöneristeiden päälle.

[3] *Routasuojausohjeita, ks. RIL 261-2013. Routasuojaus –rakennukset ja infrarakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry.*

Kuva 51. *Ryömintätilan tuuletuksesta tulee huolehtia riittävillä tuuletusaukoilla. Mikään alapohjan nurkka ei saa jäädä tuulettumatta. Huomaa, että tuuletusputkien ritilät pienentävät tehollista tuuletusaukon pinta-alaa. Humuksen paksuus on yleensä alle 300 mm.*



Ryömintätilaisen kantavan alapohjan ominaisuuksia

- Sopii vaihteleviin rakennuspaikan korkeuseroihin
- Helppo johtojen ja putkien asennus ja muuntelu
- Vähäiset täyttösorastukset, pieni rakennuspohjan, kokonaiskuormitus ja alhaiset täyttökustannukset
- Oikein tuuletettuna ja tiivistettynä varmatoiminen kosteuden ja radonin suhteen
- Yleensä suurempi maanvaraista alapohjaa suurempi perustamissyvyys
- Tuuletuksesta aiheutuva lämmönhukka
- Maanvaraista alapohjaa suuremmat rakennuskustannukset

5.2.8 Kantava alapohja (ryömintätila)

Ryömintätilaperustuksessa kantavan alapohjalaatan alle jää tila, joka tulee *Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan C2* mukaan tuulettaa perusmuurin tuuletusaukkojen tai -putkien kautta ulkoilmaan niin, että ryömintätilaan ei muodostu umpinaisia, väliseinien tai palkkien erottamia tuulettumattomia tiloja.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen yhteispinta-alan tulee olla vähintään 4 ‰ ryömintätilan pinta-alasta, kun ryömintätila tuuletetaan painovoimaisesti. Tällöin tuuletusaukon pinta-alalla tarkoitetaan suojaavan ritilän tai säleikön vapaata pinta-alaa. Tuuletusaukot tulee jakaa ulkoseinälinjalle tasaisesti siten, että koko ryömintätila tuulettuu ja aukkojen alareunan on oltava vähintään 150 mm maanpinnan yläpuolella, mutta mahdollisuuksien mukaan tätä korkeammalla. Yksittäisen tuuletusaukon koko tulee olla vähintään 150 cm² sekä aukkojen väli saa olla korkeintaan 6 m. Ryömintätilassa oleviin väliseiniin ja tilaa osastoiviin palkkeihin tulee tehdä vastaavat, mutta vähintään kaksi kertaa niin suuret tuuletusaukot kuin samalla virtausreitillä olevat ulkoilmaan avautuvat aukot.

Ryömintätila voidaan tuulettaa myös koneellisesti tai painovoimaisesti esimerkiksi katolle vietävien tuuletusputkien kautta. Ryömintätilan koneellinen tuuletus vähentää tuuletuksessa tarvittavia aukkoja ja tuuletus suunnitellaan aina tapauskohtaisesti. Ryömintätilaan on järjestettävä tarkastusmahdollisuus ja pääsy kaikkialle tilaan. Sisätiloihin sijoitetun tarkastusluukun tiiviydestä on huolehdittava, jottei alapohjan mahdollinen radonkaasu pääse asuintiloihin.

Ryömintätilan korkeus tulee olla vähintään 0,8 metriä. Jos ryömintätilaan on sijoitettu vesiputkia tai viemäreitä on ryömintätilan oltava vähintään 1,2 metriä korkea *(SRakMK D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot).*

Kantava alapohja voidaan tehdä paikalla valaen, elementtirakenteisena ontelolaatoista tai liittolaattarakenteena, jossa betonilaatta valetaan teräksistä poimulevyä tai betonista kuorilaattaa muottina käyttäen.

Paikalla valettu kantava laatta

Kantava ryömintätilan laatta voidaan toteuttaa paikalla valettuna laatta. Laatan valua varten tulee rakentaa muotti, joka tuetaan alla olevasta maapohjasta pystytuilla ja puupalkeilla. Palkkien päälle asennetaan esim. muottivanerit. Muotin toteutuksessa on otettava huomioon, että ryömintätilassa oleva muotti tulee purkaa.

Laatta raudoitteet asennetaan rakennesuunnitelman mukaan. Laatta valetaan rakennesuunnitelmassa määritellyllä betonilaadulla. Betonin siirto muottiin tapahtuu tehokkaimmin betonipumpulla, jonka puomi ulottuu koko valualueelle. Betonin lujuudenkehittymistä seurataan esim. lämpötilamittauksin, kunnes lujuus on riittävä ja muotit voidaan purkaa. Betonilaatan yläpinta suojataan ja idetään kosteana kunnes riittävä lujuus on saavutettu. Kylmissä olosuhteissa valettua rakennetta tulee lämmittää, jotta lujuudenkehittyminen tapahtuisi riittävän nopeasti

Ontelolaatta- ja liittolaatta-asennuksen turvallisuus

- Nostotyöt on aina suunniteltava ja toteutettava laaditun suunnitelman mukaisesti ja asennussuunnitelman mukaisessa järjestyksessä. Jokaiselle elementtityypille tulee käyttää ko. elementtityypille soveltuvia nostoapuvälineitä.
- Ontelolaattojen nostoissa käytetään nostopuomia, nostosaksia sekä varmuusketjuja. Nostosakset asennetaan mahdollisimman lähelle ontelon päätä kuitenkin niin, että laatan pään ja nostosaksien väli on vähintään 200 mm. Nostosaksien puristuspinnan tulee olla vähintään 500 mm. Saksien vaarnan tulee olla ehjässä nostourassa.
- Varmuusketjut kiinnitetään, kiristetään ja lukitus varmistetaan paikalleen ennen laatan nostoa tai viimeistään, kun laatta on 10 cm korkeudella alustastaan. Nostovaiheessa nostosaksien kiinnittäjän tulee seistä esimerkiksi viereisen ontelolaattapinon päällä (ei nostettavan ontelon päässä tai vierellä nostosaksien kohdalla). Nostosakseen ei saa kohdistua vinovetoa nostoketjuista.
- Ketjujen kiertymistä tulee tarkkailla nostovaiheessa. Kovalla tuulella (yli 15 m/s) nostot tulee keskeyttää. Asentajilla ja nosturin kuljettajalla tulee olla koko ajan puhelin- tai näköyhteys.
- Laattoja ei saa kuormittaa ennen kuin niiden saumat on valettu ja saumabetoni on saavuttanut riittävän lujuutensa.

Ontelolaatta-alapohja

Ontelolaatat kannattaa tilata asennettuina. Asennus on nopea työvaihe, jos työt on suunniteltu ja valmisteltu huolella eli työmaalla on riittävä nostokalusto ja hyvät nostoreitit. Nostokaluston teho määräytyy elementtien koon, painon ja nostoetäisyyden mukaan. Ontelolaattojen vakioleveys on 1200 mm ja pituus maksimissaan noin 15 m. Ontelolaatat painavat noin 200–400 kg/m^2. Työmaalla tulee varmistaa, että nosturin, elementtien ja kuljetusauton liikkumiselle on riittävästi tilaa ja maapohja kestää raskaiden kulkuneuvojen painon. Elementtien asennuksesta tulee laatia asennussuunnitelma *(ks. Valtioneuvoston asetus rakennustyö turvallisuudesta, 205/2009).*

Elementtien asennusalustan, esimerkiksi perusmuurin yläpinnan tasaisuus ja oikea korko tulee tarkistaa ennen ontelolatta-asennuksen aloitusta. Asennuspinta tasataan tarvittaessa betonilla tai laastilla ja säädetään asennuspaloilla täsmälleen oikeaan korkoon.

Nostot tehdään nostopuomeja, nostosaksia ja varmuusketjuja käyttäen. Nostoissa noudatetaan elementtivalmistajan ohjeita nostoapuvälineiden käytöstä ja nostokohdista. Nostoreittien alla ei saa työskennellä elementtien nostojen ja asennuksen aikana.

Elementit asennetaan asennuspalojen päälle siten, että niillä on riittävät tukipinnat, oikea korko ja sijainti. Asennuspalat asennetaan ontelon kannasten kohdalle. Elementit asennetaan asennuskaavion mukaisille paikoille, sillä ulkonäöltään samanlaiset elementit saattavat olla mitoitetut kantamaan erilaisia kuormia. Elementtien varmuusketjut irrotetaan juuri ennen elementin laskua paikalleen ja nostosakset irrotetaan vasta, kun elementti on tukevasti paikoillaan. Onteloiden saumat raudoitetaan ja betonoidaan notkealla saumausbetonilla, jonka maksimiraekoko on yleensä 8 mm. Saumat tiivistetään sullomalla.

Ontelolaatta-alapohja lämpöeristetään laataston ala- tai yläpuolelta rakennesuunnitelman mukaan. Ontelolaatan läpi voidaan porata reikiä putkiläpivientejä varten valmistajan antamien rajoitusten puitteissa. Raudoituksia ei saa katkaista ilman rakennesuunnittelijan lupaa. Kaikki suuremmat läpiviennit tulee sisällyttää elementtisuunnitelmiin, jolloin ne toteutetaan jo tehtaalla. Ennen saumojen valua ontelolaattoja saa kuormittaa korkeintaan 0,5 kN/m^2 tasaisella kuomalla. Esim. harkkolavoja ei saa varastoida saumaamattomalle ontelolaatastolle.

Liittolaatta-alapohja

Liittolaattarakenne muodostuu betonisen kuorilaatan, raudoituksen ja paikallavaletun betonin yhdistelmänä. Kuorilaatasto on ohut betonilaatta, johon on asennettu ala- tai välipohjan pääraudoitus ja tartuntaraudoitus tulevaa betonilaattaa varten. Kuorilaatta ei ole itsessään kantava rakenne, joten se tulee tukea alapuolelta betonin valun ja kovettumisen ajaksi. Ryömintätilassa olevien tukien poisto tulee suunnitella. Kuorilaattoihin on asennettu tehtaalla nostolenkit, joista ne nostetaan asennussuunnitelman mukaisille paikoilleen. Betonoinnissa noudatetaan samoja periaatteita kuin edellä on esitetty maanvaraisen betonilaatan osalta.

Betonivalun alapuolisena rakenteena ja muottina voidaan käyttää myös profiiliteräslevyä. Liittolaatan jännevälit ovat kuorilaatoilla 8–9 m ja teräspoimulevyillä 6–7 m. Teräspoimulevyä käytettäessä tulee ottaa huomioon, että betoni pääsee kuivumaan vain yhteen suuntaan, jolloin kuivumisaika voi jopa kolminkertaistua verrattuna saman paksuiseen molempiin suuntiin kuivuvaan betonilaattaan. Kuivumiseen tarvittava aika tulee ottaa huomioon rakennusaikataulussa.

5.2.9 Perustusten kosteuden hallinta

Perustukset on suojattava kosteuden haitallisia vaikutuksia vastaan. Kosteutta voi tulla rakenteeseen sateiden, sulamisvesien, veden patoutumisen, kapillaarisen vedennousun, ilmavirtausten ja diffuusion aiheuttamana.

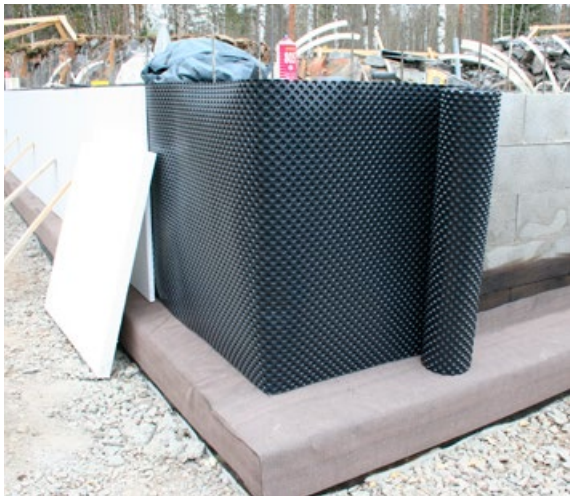
Kevytsoraharkko on huokoinen, ilmaa ja vettä läpäisevä materiaali, mistä johtuen harkkorakenne kuivuu pinnoittamattomana nopeasti, jos olosuhteet veden haihtumiselle ovat sopivat.

Maata vastaan olevien kevytsorabetoniharkkorakenteiden vedeneristys tehdään rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan. Tyypillisesti esimerkiksi kellarin seinissä kevytsoraharkkopinnat ohutrapataan, rakenteen ulkopintaan asennetaan vedeneristys ja sen suojaksi perusmuurilevy listoineen. Vaikka rakenteen kosteustekninen toimivuus ei edellyttäisi bitumikermieristystä (helpot olosuhteet), voidaan kevytsoraharkoista tehty kellarin seinä silti joutua tiivistämään kauttaaltaan kumibitumikermillä radonkaasun vuoksi.

Ennen kellarin perusmuurin slammausta anturan ja perusmuurin liittymään tehdään viiste esim. sementtilaastilla. Slammaus tehdään oikaisulaastilla tai ohutrappauslaastilla sekä maan päälle että maan alle jäävältä osaltaan.

Kun kellarin perusmuuri kosteuseristykseen käytetään perusmuurilevyä, perusmuurin ja anturan liittymäkohtaan liimataan tai hitsataan noin 500 mm leveä kumibitumikermi. Kermi painetaan tiiviisti paikoilleen sokkelia ja anturaa vasten. Kermin alareuna ulotetaan vähintään 100 mm anturan pystypinnalle.

Betonisia valuharkkoja käytettäessä ei yleensä tarvita slammausta harkkorakenteen ilmatiiveyden ja radonkaasun vuoksi. Jos perustuksiin ei kohdistu suoranaista vedenpainetta, voidaan käyttää epäjatkuvia vedeneristeitä, kuten perusmuurilevyjä. Vaativissa kosteusolosuhteissa käytetään jatkuvia vedeneristeitä, kuten kumibitumikermejä.



Kuva 52. *Patolevyä käytetään yleisesti harkkorakenteisten perusmuurien kosteuseristykseen. Vaikeissa olosuhteissa esim. kun vettä voi kertyä tilapäisesti perusmuurin viereen, perusmuuri eristetään lisäksi bitumikermeillä.*

Perusmuurilevy kiinnitetään slammattuun ja vedeneristettyyn harkkomuuriin ja limitetään 100 mm vaakasaumoissa ja noin 200 mm pystysaumoissa. Perusmuurilevy ja bitumikermi limitetään noin 200...300 mm. Levyn alareuna viedään anturatasoon asti tai vähintään 300 mm lattiapinnan alapuolelle. Perusmuurilevyn yläreuna ulotetaan 0...100 mm maanpinnan alapuolelle ja suojataan reunalistalla. Perusmuurin näkyvä osa tasoitetaan laastilla, rapataan tai pinnoitetaan rouhepinnoitteella, rapataan tai maalataan esimerkiksi sementtipohjaisella maalilla.

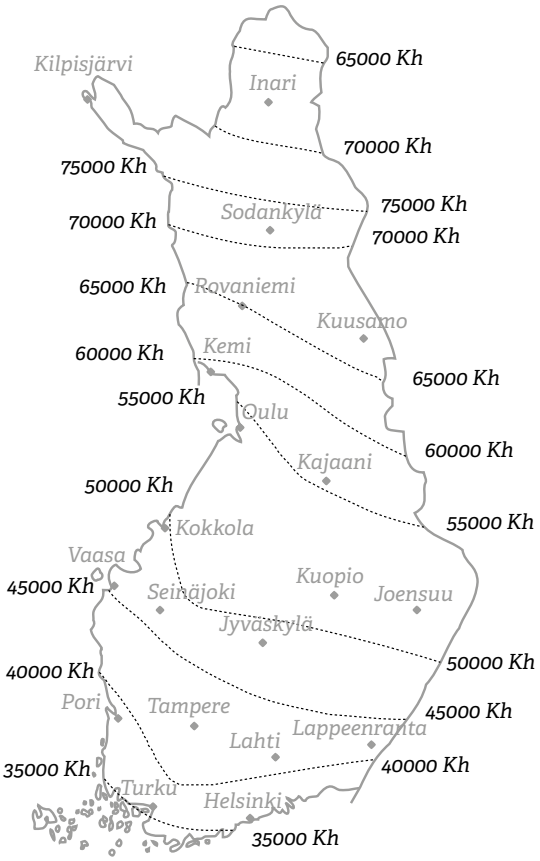
Mahdollinen lisälämmöneristys asennetaan vedeneristeen ulkopuolelle. Se voidaan suojata patolevyllä.

Kapillaarisen kosteuden eristäminen

Muuratussa kevytsoraharkkorakenteessa kapillaarinen vedennousu on erittäin vähäistä eikä kapillaarisen vedennousun takia yleensä tarvitse ryhtyä erityistoimenpiteisiin.

Muottiharkkorakenteessa kapillaarinen vedennousu on sama kuin tavanomaisissa paikalla valetuissa betonirakenteissa.

Harkkoperustuksen ja siihen liittyvien puurakenteiden väliin tehdään kapillaarikatko yleensä kumibitumikermikaistalla. Katkon tarkoituksena on estää kosteuden siirtyminen puurakenteeseen, mutta myös toimia liikuntasaumana perustuksen ja seinärakenteen välillä. Kapillaarikatkot esitetään rakennesuunnitelmassa ja toteutetaan rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti.



Kuva 53. *Mitoitusilmastovyöhykkeet (F50 Kh) eli kerran 50 vuodessa toistuva pakkasmäärä.*

5.2.10 Perustusten routasuojaus

Kun rakennus perustetaan routivalle maalle roudattoman perustamissyvyyden yläpuolelle, tulee käyttää routasuojausta. Routasuojauksen tehtävä on estää roudan tunkeutuminen perustusten alle. Vaikka rakennus olisi perustettu routimattomalle maalle, voidaan joutua tekemään routasuojaus salaojajärjestelmän jäätymisen estämiseksi. Routasuojauksen mitoitus on esitetty Suomen rakentamisMääräyskokoelman osassa C3 Rakennuksen lämmöneristys sekä yksityiskohtaisesti kirjassa *RIL 261-2013. Routasuojaus –rakennukset ja infrarakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry.* Seuraavassa esitetään vain routasuojauksen pääperiaatteet.

Routaeristeiden mitoitukseen vaikuttavat mm. alapohjan ja perusmuurin lämmönjohtavuus, rakennuksen sijainti eli pakkasmäärä, rakennuspaikan maalajien routivuus. Lämpimästä rakennuksesta johtuu lämpöä maahan, jolloin routaeristeen paksuus voi olla pienempi kuin kylmissä rakennuksissa. Toisaalta vähän lämmitysenergiaa kuluttavissa rakennuksissa (esim. passiivitalot, 0-energiatalot) maaperään johtuvan lämmön määrä on pieni ja perustusten routaeristeitä on lisättävä perinteisiin lämpimiin rakennuksiin nähden.

Routaeristeiden asennus tehdään aina rakennesuunnittelijan laatimien piirustusten ja ohjeiden mukaan. Maanvastaisissa alapohjarakenteissa lämpimissä rakennuksissa routaeristeen leveys perusmuurista vaihtelee yleensä välillä 0,8...1,5 m riippuen paikkakunnan pakkasmäärästä sekä alapohjan lämmönvastuksesta. Ryömintätilaisessa alapohjassa routaeristeen leveys on tyypillisesti 1,0...1,5 metrin välillä, mutta ryömintätilan kosteusrasituksen pienentämiseksi eristys

suositellaan tehtäväksi koko alapohjan alueelle. Rakennuksen nurkissa routasuojauksen tulee olla kaksinkertainen perusmuurin vieressä vaadittavaan eristykseen verrattuna. Lisäksi nurkissa eristeen leveyden tulee olla 0,5 m leveämpi kuin perusmuurin vieressä ja ulottua 1,5...2,5 päähän nurkasta mitoituspakkasmäärästä riippuen. Kylmissä rakennuksissa kuten autokatoksissa ja varastoissa eristepaksuus ja routaeristeen leveys ovat suuremmat kuin lämpimissä rakennuksissa. Ryömintätilaisissa passiivitaloissa perustusten routaeristyksissä noudatetaan samoja periaatteita kuin kylmissä rakennuksissa. Jos ryömintätilan tuuletus on erittäin tehokas, routaeristys mitoitetaan ja suunnitellaan kuten kylmissä rakennuksissa.

Routaeristyksiin voidaan käyttää paisutetusta polystyreenistä (EPS) tai suulakepuristetusta polystyreenistä (XPS) valmistettuja routasuojauslevyjä. Routasuojauslevyjä on useita lujuusluokkia eri kuormitusolosuhteisiin. Käytettävien lämmöneristysmateriaalien on säilytettävä eristysominaisuutensa koko rakennuksen käyttöiän. Tarvittavan routaeristyksen paksuus on yleensä välillä 50...150 mm. Routaeristyksiin käytetään myös kevytsoraa, joka voidaan puhaltaa kohteeseen. Routaeristyksissä kevytsorakerroksen paksuus on yleensä 200...500 mm. Määrätyissä olosuhteissa kevytsora stabiloidaan sekoittamalla siihen sementtiä. Perusmuurin viereisiin routaeristyksiin voidaan käyttää kevytsoraa, joka on pakattu geotekstiilisäkkeihin. Routaeristeen tulee kestää toimintakuntoisena koko rakennuksen käyttöiän.

Kuva 54. *Perustusten routasuojauksen asennusta pientalotyömaalla.*

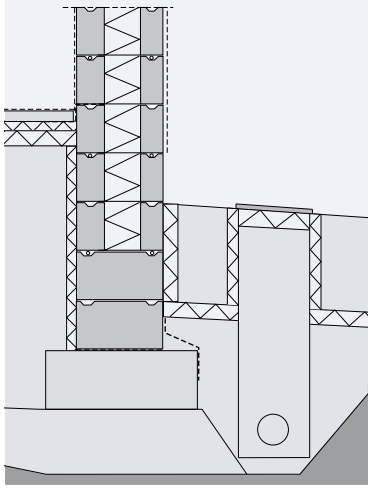
Maaperän routivuudesta, paikkakunnan pakkasmäärästä ja kaivusyvyydestä riippuen on putket ja vesijohdot mahdollisesti suojattava routimiselta ja jäätymiseltä. Putket ja vesijohdot suojataan suunnitelmien mukaan asentamalla riittävän leveä routaeriste putken päälle ja tarvittaessa myös sivuille ja alle. Nurkkiin asennettavat kaivot, kuten salaojakaivot routasuojataan, jotta kaivo ei muodosta kylmäsiltaa ja aiheuta routavaurioita kaivolle tai rakennuksen perustuksille. Kaivot suojataan kaivon sisään varsinaisen routaeristeen tasoon asennettavalla routaeristeellä tai ympäröimällä kaivo routaeristeellä ja asentamalla kaivon kanteen eriste.

Rakentamisen aikaisessa routasuojauksessa käytetään lisäksi mm. polyeteenisolumuovimattoja, mineraalivillaa, suojapeitteitä ja lämmitystä.

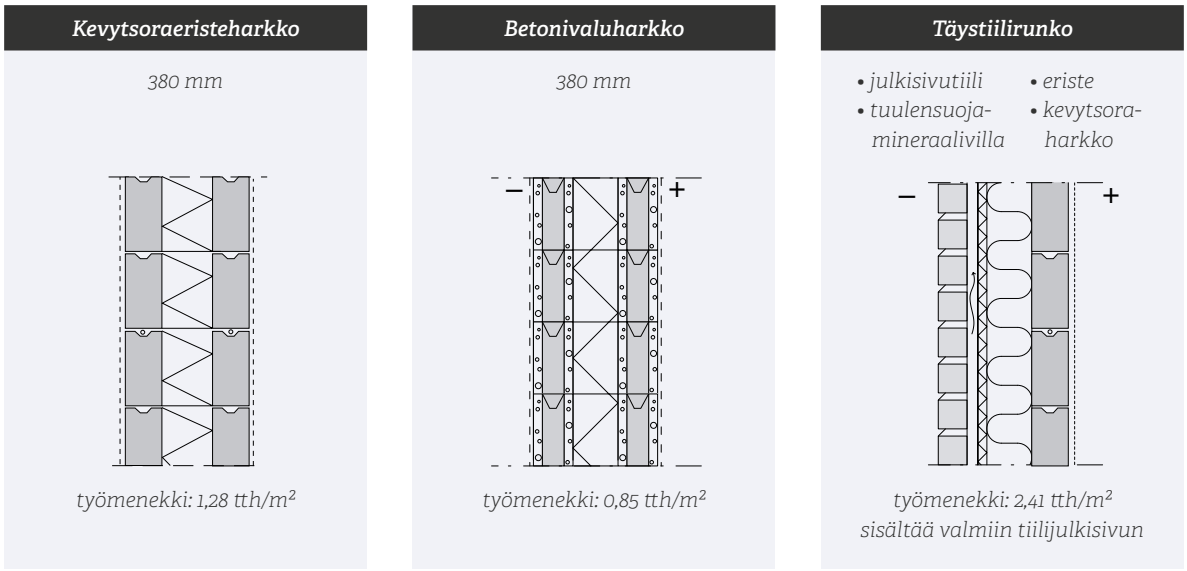
5.2.11 Perustuksen vierustäyttö

Perustuksen vierustäyttö tehdään routimattomalla ja vettä läpäisevällä karkealla soralla, sepelillä tai kevytsoralla 0,3...0,5 m leveydeltä. Täytön on oltava suorassa yhteydessä salaojaputkea ympäröivään salaojasoraan. Täytön yläosa tiivistetään savella tai vettä huonosti läpäisevällä maaaineksella. Routaeristelevyjen päälle levitetään suojakerrokseksi hiekkaa tai vastaavaa materiaalia, jonka päälle tulee kasvukerroksena toimivaa maa-aineista. Julkaisussa *RIL 261-2013 Routasuojaus* ei suositella muovikalvon asentamista perusmuurin viereen routaeristelevyjen päälle. Sokkelin vierustaan voidaan asentaa esim. kiveys tai laatoitus, joka estää kasvien yms. kasvua sokkelin vieressä. Eri maaainesten sekoittuminen estetään tarvittaessa suodatinkankaalla. Seinän ulkopuolinen maanpinta muotoillaan ulospäin viettäväksi (kaltevuus >1:20) noin 3 metrin etäisyydelle.

Kuva 55. *Esimerkki salaojan tarkastuskaivon routasuojauksesta.*



Kuva 56. *Erilaisten kivirakenteisten ulkoseinärakenteiden työmenekkejä. Työmenekki ilmoitetaan työntekijätunteina, joka kuvaa aikaa, joka yhdellä työmiehellä menee yhden neliömetrin aikaansaamiseksi.*



Työmenekki: tth = työntekijätunti. Työkustannuksiin vaikuttaa käytettävä työryhmä: 2 x rakennusammattimies (RAM) tai rakennusammattimies (RAM) + apumies (RM).

5.3 Ulkoseinät

5.3.1 Harkkoulkoseinän toteutusvaihtoehdot

Harkkorakenteisten lämpimien rakennusten ulkoseinissä käytetään tyypillisesti eristettyjä kevytsorabetoni- tai betonimuottiharkkoja. Harkkojen sopivuus rakenteen lujuus- ja lämmöneristysvaatimuksiin tulee tarkistaa aina tapauskohtaisesti.

Ulkoseinä, jossa harkkorakenne toimii kantavana rakenteena, voidaan suunnitella ja toteuttaa periaatteessa kolmella eri tavalla:

- Eristetyistä kevytsora- tai betoniharkoista muuraamalla, liimaamalla tai latomalla ja valamalla
- Muuraamalla tai latomalla ja valamalla ensin kantava harkkoseinä. Tämän jälkeen seinä lämmöneristetään halutulla eristeellä sekä asennetaan haluttu julkisivumateriaali. Tällöin seinään tehdään julkisivumateriaalin vaatima tukirakenne tai sidonta kantavaan harkkorakenteeseen ja tuuletusrako. Julkisivuverhouksena voi olla esimerkiksi tiiliverhous, puuverhous, julkisivulevy (metalli, betoni) tms.
- Muuraamalla tai latomalla ja valamalla harkkoseinä, eristämällä se halutulla lämmöneristeellä ja tekemällä eristeen pintaan nk. lämpörappaus. Rappaus tuetaan kiinnikkeillä kantavan harkkorakenteeseen.

Harkkoseinän muuraus tai muottiharkkojen ladonta aloitetaan asentamalla kumibitumikermi anturan tai perusmuurin päälle. Tarvittaessa anturan tai perusmuurin epätasaisuudet tasataan muurattavilla harkoilla laastikerroksella. Ladottavilla muottiharkoilla alin kerros tasataan suoraksi kiilojen avulla. Erityisesti valuharkoilla alimman kerroksen suoruus on tärkeää, koska ladonnan aikana seinän oikaisu on vaikeaa. Kiiloja voidaan käyttää myöhemmin asennuksen edistyessä vain pienten mittapoikkeamien korjaamiseen.

Tulevan seinän ympärille asetetaan linjalanka noin 2 mm seinän ulkoreunan ulkopuolelle. Nurkkien sijainti ja harkkokerrosten korkeusasemat tarkistetaan huolellisesti linjalankojen ja kulmatukien avulla. Kulmatukien tulee olla suoria ja asennettu tukevasti. Muuratun seinän mittatarkkuuden varmistamiseksi rakenteen aukkojen työnaikainen tuenta tulee tehdä valmistajan ohjeiden mukaisesti. Valun tai muurauksen aiheuttama paine voivat aiheuttaa rakenteeseen muodonmuutoksia, joiden korjaaminen jälkikäteen on vaikeaa.

Rakenteiden vaaka- ja pystysuoruutta, sijaintia ja korkeutta tulee tarkkailla muuraus- ja ladontatyön aikana. Apuna tässä käytetään ohjureita, linjalankoja, vesivaakaa ja linjaaria. Havaittuihin mittapoikkeamiin tulee puuttua heti. Aina ennen muottiharkkojen onteloiden valua tarkistetaan vielä rakenteen suoruus, aukkojen, hanakulmien sekä sähkörasioiden tuenta.

Ulkoseinien yläosia tehtäessä tulee huolehtia siitä, että harkkomuuraus tai maskiharkot ulotetaan riittävän ylös, jopa kattotuolirakenteiden väliin, jolloin räystään, seinän yläosan ja rappauksen liittyminen jää siistin näköiseksi.

5.3.2 Muurattu eristeharkkoulkoseinä

Harkot muurataan valmistajan ohjeiden mukaan joko laastia pystysaumassa käyttäen tai ilman. Muuraus aloitetaan rakennuksen nurkasta. Koko harkkokerros pyritään muuraamaan kerralla.

Eristetyissä kevytsoraharkoissa on kaksi harkkokuorta ja niiden välissä kuoret toisiinsa sitova lämmöneristekerros. Kuoret sidotaan muurauksen yhteydessä toisiinsa muuraussiteillä ainakin väli- ja yläpohjien kohdalla sekä ovi- ja ikkuna-aukkojen pielissä. Myös toisiinsa liittyvät väliseinät ja ulkoseinät sidotaan toisiinsa muuraussiteillä suunnitelmien mukaan.

Muurauslaasti levitetään harkon päälle muurauskelkalla. Eristeen kohdalle ei koskaan laiteta laastia. Tarvittaessa eristeen kohdalle voidaan asentaa mineraalivillakaista tai kaksi palkoa vähän paisuvalla polyuretaanivaahdolla. Sauman lisäeristäminen parantaa hieman seinän lämmöneristyskykyä. Muovisukassa olevaa villakaistaa ei suositella käytettäväksi.

Kuva 57. *Rakenteilla oleva kevytsoraharkkotalo.*

Muurattaessa harkot lasketaan edellisen harkon päätyä vasten laastin varaan ja naputellaan paikoilleen kumivasaralla linjalangan mukaisesti tarvittaessa vesivaakaa apuna käyttäen. Harkkoa ei saa tämän jälkeen liikuttaa laastin päällä, ettei laastin ja harkon välinen tartunta heikkene.

Harkkoseinässä käytetään rakennesuunnitelmien mukaista raudoitusta. Useimmiten kutistumaraudoituksena käytetään harjaterästankoja 2 ø 8 k 400[4]. Aukkojen ylä- ja alapuoliset saumat raudoitetaan aina. Raudoitus asennetaan laastipalkoon siten, että laasti ympäröi terästä joka puolelta vähintään 15 mm:n kerroksena riittävän tartunnan varmistamiseksi. Säilyvyysvaatimusten takia raudoitteiden suojakerosta voi joutua kasvattamaan ja määrätyissä tilanteissa joudutaan käyttämään raudoitteina syöpymätöntä terästä. Ohutsaumamuurattavilla harkoilla raudoitteina käytetään usein kyseiselle harkkotyypille kehitettyjä valmisraudoitteita, jotka täyttävät vaatimukset sekä tartunnan että säilyvyyden osalta.

[4] Merkintä tarkoittaa, että kumpaankin harkkokuoreen asennetaan 8 mm harjateräs joka toiseen harkkokerrokseen (k400).

Nurkissa käytetään oikea- ja vasenkätisiä nurkkaharkkoja. Raudoitusta jatketaan nurkissa rakennesuunnitelmien mukaan tai vähintään 900 mm nurkan yli poikittaisille seinille. Kevytsoraharkkoja työstetään aukkojen kohdalla tarvittaessa kovapalateräisellä käsisahalla, sirkkelillä tai kulmahiomakoneella. Ikkunoiden ja ovien pieliin asennetaan ruostumattomasta teräksestä taivutetut siteet riittävän etäälle siten, että ovien ja ikkunoiden kiinnittämisessä tarvittavat apukarmit mahtuvat paikoilleen. Koska kevytsora on huokoista, on ovien ja ikkunoiden pielet käsiteltävä oikaisulaastilla tai tasoitteella.

Aukkojen ylitykset tehdään harkkovalmistajan ja rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan, esimerkiksi palkkiharkkoja tai valmiita palkkielementtejä käyttäen. Palkkiharkot asennetaan ilman laastia pystysaumoissa, tuetaan huolella ja oikea sijainti tarkistetaan linjalangalla. Suunnitelmien mukainen raudoitus tuetaan esimerkiksi muovivälikkeillä. Raudoituksen tulee jatkua yhtenäisenä aukon kohdalla ja sen tulee jatkua vähintään 300 mm aukon reunan yli alemmassa ja vähintään 900 mm ylemmässä palkkikerroksessa.

Palkkiharkossa oleva ura valetaan täyteen rakennesuunnitelmassa määritellyllä lujuusluokitellulla betonilaadulla. Palkin valussa ei saa käyttää muuraus- tai rappauslaastia. Betonin on oltava riittävän notkeaa siten, että se täyttää kunnolla koko uran ja että se voidaan tiivistää tärysauvalla tai sullomalla siten, että valuun ei jää onteloita. Raudoitusten on pysyttävä paikoillaan tiivistyksen aikana. Valun pinta tasataan muurauskauhalla tai teräslastalla. Harkkojen saumoista ylipursunut betoni poistetaan välittömästi. Palkkiharkkoja voidaan käyttää useampia kerroksia riippuen yläpuolisista kuormista ja aukon leveydestä. Valunaikaiset tuet puretaan betonin kovetuttua, esimerkiksi 1…2 viikon kuluttua valusta. Mikäli betonin kovettumisolot ovat huonot (lämpötila matala), riittävän lujuuden saavuttamiseen tarvittava aika on pidempi ja tarvittaessa (esim. talvella) rakennetta on lämmitettävä. Betonin lujuuden kehittyminen voidaan todeta parhaiten mittaamalla lämpötiloja valetusta rakenteesta ja arvioimalla lujuus lämpöastevuorokausien perusteella. Betonin lujuuden kehittyminen käytännössä lakkaa, kun lämpötila laskee alle 0 °C.een.

Leveiden aukkojen ylitykseen voidaan käyttää myös erilaisia muototeräsprofiileja, joiden koko ja tyyppi valitaan käytettävän harkon, jännevälin ja kuormituksen mukaan.

Kuva 58. *Ikkuna-aukon ylityspalkin tukeminen valua varten.*

Kuva 59. *Aukon ylityspalkin teko: raudoitus, valu ja muuraussiteiden asennus.*

Kevytsoraharkkoseinissä aukkojen ylityksissä voidaan käyttää betoninormien *(by 50. Betoninormit, Suomen Betoniyhdistys ry)* mukaan mitoitettuja teräsbetonipalkkeja. Palkit ulotetaan aukon sivuille pielen puristuskestävyyttä vastaavasti yleensä vähintään 300 mm ellei rakennesuunnitelmassa ole toisin määritelty. Seiniin tuettavat ala-, väli- ja yläpohja suositellaan tuettavaksi palkkiharkoista rakennetulle rengaspalkille, jossa on suunnitelmien mukainen jatkuva raudoitus (esimerkiksi harjateräs 2 ø 10 mm). Lämpöeristetyssä rengaspalkissa eriste on ulkopuolella, jolloin vain sisäkuori oletetaan kantavaksi. Aukkopalkkien kohdalla rengaspalkin raudoitus ja aukkojen yläpuolisten palkkien raudoitusta limitetään jatkospituuden verran. Jatkospituus ø 10 mm harjateräksellä on 900 mm (raudoitteiden limitys jatkoskohdassa).
Jos myös ulkokuorelta edellytetään kuormitusten kestävyyttä, voidaan käyttää palkkiharkkoja, joissa on sekä ulko- että sisäkuori tai palkkiharkkoelementtejä.

5.3.3 Ulkoseinät muottieristeharkoista

Eristetty valuharkko koostuu ontelollisista betonikuorista sekä niiden välisestä lämmöneristeestä. Betonikuoret ja lämmöneriste liittyvät toisiinsa vaarnaliitoksella (ns. lohenpyrstö).

Valuharkot kastellaan ennen valua, jotta betonimassa ei tarttuisi kuivaan harkkopintaan ja tukkisi valuonteloita. Talvella harkkoja ei kastella jäätymisriskin vuoksi.

Rakenteeseen asennetaan rakennesuunnitelmien mukaiset vaaka- ja pystyraudoitukset, sideteräkset, tartunnat ja tartuntalevyt yms. rakennesuunnitelman mukaan.

Harkkojen valussa noudatetaan harkkovalmistajan ohjeita valukorkeuksista, esimerkiksi kolme 500 mm valukerrosta, enintään 1,5 m päivässä, kerroksittain rakennusta kiertäen. Jokainen valukerros tiivistetään tärysauvalla huolellisesti edelliseen valukerrokseen saakka. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää itsetiivistyvää betonia. Myös itsetiivistyvällä betonilla kannattaa työmaalle varata tiivistyskalusto mahdollista tiivistystä varten.

Työvuoron päätteeksi valu pysäytetään ylimmän ladotun harkon puoliväliin. Näin valun työsauma ei osu harkkosauman kohdalle ja työn jatkaminen helpottuu. Työsaumaan asennetaan rakennesuunnitelmien mukainen työsaumaraudoitus.

Valuharkkoseinien aukkojen pystysivut tehdään joko päätykivellä tai tekemällä päätyyn muotti. Aukkojen ylityksissä raudoitus tehdään lisäämällä vaaka- ja pystyterästen määrää ja tekemällä muotti harkon alapintaan. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää harkkovalmistajan harkkojärjestelmään kehittämiä ratkaisuja. Aukot tuetaan harkkovalmistajan ohjeiden tai rakennesuunnitelmien mukaisesti. Jos seinän yläreunan palkkeja valetaan samaan aikaan seinän kanssa, pitää seinän valun antaa painua noin tunti ennen kuin palkkien valu aloitetaan.

Valun jälkeen seinät harjataan puhtaaksi valupurseista, jolloin tasoitetyön aikainen puhdistustyö vähenee. Rakenteen jälkihoidossa noudatetaan betonirakenteiden jälkihoito-ohjeita *(by 50. Betoninormit).* Seinärakennetta jälkihoidetaan kesäaikana kastellen. Kastelu aloitetaan välittömästi pintojen puhdistuksen jälkeen. Betonin kovettumisen varmistamiseksi rakenne tulee pitää ensimmäinen vuorokausi tasaisen kosteana ja tämän jälkeen rakennetta kastellaan runsaalla vedellä valmistajan ohjeiden mukaan. Tuulisella ja aurinkoisella säällä kastelua tulee lisätä runsaan haihtumisen takia. Veden haihtumista voidaan estää suojaamalla rakenne kevytpeitteellä tai muovikalvolla.

Talvella rakenteen jälkihoito tehdään suojaamalla rakenne tiiviisti esimerkiksi kevytpeitteellä siten, että vesi ei pääse haihtumaan rakenteesta. Jälkihoitoaika on talvella pidempi kuin kesällä. Talvella rakenne tulee myös pitää lämpimänä siten, että valettu betoni ei pääse jäätymään ennen kuin betonin jäätymislujuus 5 MPa on saavutettu. Jos rakennetta kuormitetaan tulee lujuudenkehitys turvata siihen saakka, kunnes vaadittu lujuus on saavutettu. Betonin lujuudenkehitystä seurataan lämpötilamittauksin ja lujuus arvioidaan esim. lämpöastevuorokausilaskelman tai lujuudenkehityskäyrästöjen avulla.

5.3.4 Erillinen julkisivumuuraus

Harkoista voidaan tehdä ns. rakoseinä, jossa kantavana rakenteena on eristämätön kevytsoraharkko, muurattava betoniharkko tai muottiharkkorakenne. Muurauksen jälkeen rakenteeseen asennetaan lämmöneriste, joka voi olla mineraalivillaa ja tuulensuojalevyä, EPS- tai polyuretaanilevyä. Lämmöneriste kiinnitetään harkkoseinään korroosionkestävin tiilisitein. Siteet ulottuvat eristeen läpi julkisivumuuraukseen, joka on erotettu lämmöneristeistä noin 30...40 mm:n ilmaraolla. Rakenteen lämmöneristyskyky voidaan valita suunnitteluvaiheessa halutuksi lämmöneristeen paksuutta muuttamalla.

Julkisivu muurataan julkisivutiilistä tai -harkoista. Julkisivumuuraus eristetään perustuksista bitumihuopakaistalla, joka toimii kapillaarikatkona, ohjaa muurauksen taakse mahdollisesti joutuneen kosteuden pois rakenteesta ja toimii vaakasuuntaisena liikuntasaumana (kosteus- ja lämpöliikkeet, kuivumiskutistuminen) julkisivumuurauksen ja perustuksen välillä.

Julkisivumuurauksen taustan tuulettuminen varmistetaan jättämällä alimmasta tai kahdesta alimmasta muurauskerroksesta joka toinen tai kolmas pystysauma auki. Julkisivumuurauksen aikana on varmistettava tuuletusraon ja alimman muurauskerroksen rakojen auki pysyminen. Alimman kerroksen raot voidaan korvata myös erillisillä tuuletusritilöillä.

5.3.5 Lämpörapattu harkkoseinä

Julkisivu voidaan toteuttaa siten, että rappaus tehdään suoraan kantavaan harkkorakenteeseen muurauksen jälkeen asennetun lämpöeristeen pintaan. Lämpöeristeenä on rappauksen alustaksi tarkoitettu mineraalivilla tai EPS. Lämmöneriste, kiinnitystarvikkeet ja rappausverkko valitaan materiaalivalmistajan ohjeiden mukaisesti. Lisätietoja: *by57. Eriste- ja levyrappaus 2011. Suomen Betoniyhdistys ry.*

5.3.6 Harkkoulkoseinän verhous muilla rakennustarvikkeilla

Muurattu tai ladottu sekä lämpöeristetty rakenne voidaan verhota myös erilaisilla julkisivumateriaaleilla ja –tarvikkeilla kuten puu, puupohjaiset levyt, metallilevyt, elementit jne. Harkkorakenne toimii ulkoseinän kantavana rakenteena pysty- ja vaakakuormille. Julkisivurakenne vaatii taakseen erillisen harkkorakenteeseen tukeutuvan rankarakenteen, johon julkisivuverhous asennetaan. Rakenteessa lämmöneriste voidaan valita vapaasti. Tyypillisesti käytetään kuitenkin mineraalivillaa.

5.3.7 Täydentävät rakennusosat

Ikkunat ja ovet

Harkkorakenteisten talojen ikkunamitoissa tulee ottaa huomioon tarvittava asennusvara (noin 15 mm) ja riittävä tila tiivistykselle. Erityisesti matalaenergiarakentamisessa ikkunoiden kiinnitys seinärakenteeseen tulee suunnitella huolella, ettei rakenteeseen syntyisi lämpöhukkaa aiheuttavia kylmäsiltoja.

Yleensä ikkunat asennetaan siten, että eristeharkkoseinän lämmöneristeeseen jyrsitään ura ja uraan kiinnitetään polyuretaanivaahdolla puinen painekyllästetty 50x100 mm apukarmi. Apukarmin takana on muurauksen tai ladonnan yhteydessä asennettu sidelangat, jotka siirtävät ikkunasta tulevat kuormat runkorakenteeseen. Ikkunakarmi kiinnitetään puiseen apukarmiin karmiruuveilla. Karmi sovitetaan paikoilleen kiilaamalla ja karmin suoruus tarkistetaan vesivaa´alla ja ristimittauksella.

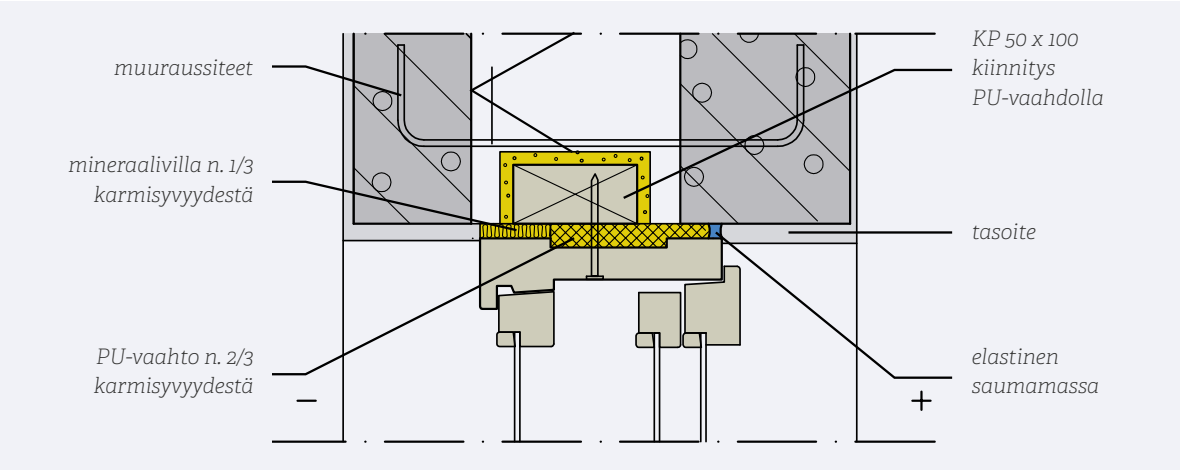
Karmin ja eristeen välinen rako tiivistetään polyuretaanivaahdolla ja/tai eristysvillalla ikkuna- ja ovivalmistajan ohjeita noudattaen. Koska polyuretaanivaahto laajenee voimakkaasti, on ikkunan karmit tuettava tukipuilla vaahdotuksen yhteydessä. Saumavaahtoa pursotetaan saumaan vain tarvittava määrä. Kun saumavaahto on kuivunut, ylipursunut vaahto leikataan pois.

Rakennusaikana sadevesien pääsy harkkorakenteen sisään tulee estää. Tämän vuoksi ikkunaaukot suojataan. Jos harkkoja joudutaan "rälläköimään" ikkunoiden läheisyydessä, tulee ikkunankarmit ja lasit suojata kipinäsuihkulta. Ikkunalasit vaurioituvat kipinöistä erittäin herkästi. Ikkunoiden karmit ja lasit pestään heti leikkauksen jälkeen, jotta harkosta irronnut emäksinen pöly ei vaurioita karmeja tai laseja.

Kun ikkuna asennetaan eristeen kohdalle, on harkkotalon sisäpuolinen ikkunasyvennys yleensä 50-100 mm. Nämä ikkunasmyygit voidaan tasoittaa sekä tasoitteen ja ikkunakarmin välinen rako peittää listalla. Tasoite voidaan myös kasvattaa karmiin asti, jolloin erillistä listaa ei tarvita. Tasoitteen ja karmin väliin laitetaan yleensä elastinen massa, jolla estetään rakojen syntymistä lämpötilan vaihteluista.

Puuikkunoiden asennuksessa on varmistettava, että asennuksen aikana ja sen jälkeen rakennuksen sisällä kosteus ei nouse liian korkeaksi ja aiheuta ikkunan puitteissa ja karmeissa haitallisia muodonmuutoksia tai kosteusvaurioita.

Kuva 60. *Ikkunan sivukarmin kiinnitys ja tiivistys kevytsoraharkkoseinään.*



Vesikatto

Harkkorakenteisissa taloissa kattomuoto voi vaihdella vapaasti. Katemateriaalina on yleensä betonitiili, konesaumattu pelti tai erilaiset profiilipeltikatteet. Muita vaihtoehtoja ovat bitumikermikatteet ja bitumiset kattolaatat.

Pellitykset, vedeneristys

Pellitykset ja vedeneristysrakenteet tehdään tavanomaisia materiaaleja ja rakenteita käyttäen sekä yleisiä suunnitteluperiaatteita noudattaen.

Vedeneristyksissä noudatetaan julkaisua *RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet.*

5.3.8 Rakentamisen aikainen kosteudenhallinta

Muurattuihin harkkorakenteisiin sitoutuu rakentamisen aikana kosteutta, jota tulee poistaa tuulettamalla tai tehostetusti tarkoitukseen soveltuvilla rakennuskuivureilla siten, että ikkunat ja ovet, pinnoitteet, lattiapäällysteet ja –tarvikkeet, laatoitukset jne. voidaan asentaa ilman kosteusvaurioita tai homeriskejä. Kosteuden poistamiselle tulee varata aikaa hankkeen rakennusaikataulussa. Valetussa eristeharkkoseinässä kuivuminen kestää vähintään 10 viikkoa kuivatuksen aloittamisesta.

Tuuletukseen kannattaa ensisijaisesti käyttää rakennuksessa avoimena olevia aukkoja, ei kuitenkaan avattavia ikkunoita, koska tuulettaminen voi aiheuttaa avattavaan ikkunaan kosteusvaurioita. Osa ikkunoista saattaa olla perusteltua jättää asentamatta tuuletuksen järjestämiseksi.

Rakenteiden riittävä kuivuminen varmistetaan ennen pinnoitustöiden aloitusta mittaamalla rakenteen suhteellinen kosteus rakenteeseen poratuista rei'istä tai betonista otetuista näytepaloista. Harkkoseinää ei saa pinnoittaa ennen kuin rakenne täyttää pinnoitteille, pintatarvikkeille sekä tasoite- ja vedeneristeiden alustan kosteuspitoisuudelle asetetut vaatimukset.

Jos ulkoseinään joudutaan tekemään läpivientejä, ne porataan ulospäin kallistuviksi, jolloin vesi ei valu läpivientiä pitkin seinärakenteeseen.

Betonilattioiden kuivattamiseen tarvittava aika on useita viikkoja, mikä tulee aikataulujen laadinnassa ottaa huomioon. Lattiapäällysteitä ja -tarvikkeita voidaan asentaa vasta, kun alustana toimiva betoni on kuivatettu määrättyyn kosteuteen. Yleensä raja-arvona on suhteellinen kosteus RH 85...90 % *(Lattian- ja seinänpäällysteliitto ry, Suomen Betonitieto Oy, Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet 2007)*, joka riippuu asennettavasta lattiapäällysteestä esim. muovimatto, lautaparketti, liimattava parketti jne. Betonilaatan kuivumista voidaan nopeuttaa lämmityksellä ja tehostetulla ilmanvaihdolla. Tehostettua kuivattamista tarvitaan erityisesti loppukesällä ja syksyllä. Tehostetussa kuivatuksessa pyritään kuivatettavan tilan lämpötila pitämään yli 20 °C:ssa ja suhteellinen kosteus alle RH 50 %.

5.3.9 Julkisivun halkeilun hallinta

Eri materiaalit ja rakenteet elävät eri tavalla kosteuden ja lämpötilan muutoksista. Huokoiset materiaalit betoni, tiili, harkot, puu kutistuvat, kun huokosissa oleva kosteus poistuu ja paisuvat, kun huokosiin kerääntyy kosteutta. Betoni- ja harkkorakenteissa on aina valmistuksen yhteydessä rakennekosteutta, joka tulee kuivattaa pois. Tästä on seurauksena kutistuminen ja jos muodonmuutos on estynyt seurauksena on halkeilua. Kutistumisesta johtuva halkeilu voidaan kuitenkin hallita osaavalla suunnittelulla ja toteutuksella. Muun muassa kutistumisesta johtuvia muodonmuutoksia voidaan ohjata liikunta- ja kutistumissaumoihin sekä halkeilua rajoittaa raudoitteilla. Rakenteet tulisi suunnitella siten, että niissä on mahdollisimman vähän epäjatkuvuuskohtia (rakennepaksuuden ja poikkileikkauksen muutoksia, materiaalien ominaisuuksien muutoksia jne.)

Rappauskerrokseen kiinnitettävällä rappausverkolla voidaan estää näkyvien halkeamien syntymistä. Rappausverkkoa tulee käyttää paikoissa, joissa halkeamien syntyminen on todennäköistä. Näitä kohtia ovat mm. kylmän yläpohjan maskiharkkojen ja seinän eristeharkkojen liittymiskohta, perustusten saumakohdat sekä ikkuna- ja ovipielet.

Harkkoseiniin on tehtävä yleensä kutistumis- ja lämpöliikkeiden vuoksi pystysuuntaisia liikuntasaumoja 10...15 metrin välein rakennuksen ja seinän muodoista riippuen. Perusperiaate on, että mitä korkeampi ja yhtenäisempi seinä on sitä pidempi voi liikuntasaumaväli olla. Liikuntasaumat pyritään sijoittamaan sellaisiin kohtiin, joissa seinä erisuuntaiset liikkeet estyvät. Liikuntasaumat suositellaan tehtäväksi:

- vähintään joka toiseen nurkkaan,
- kun seinä on tuettu eri korkeudelta
- erkkereiden ja julkisivujen syvennysten kohdalle

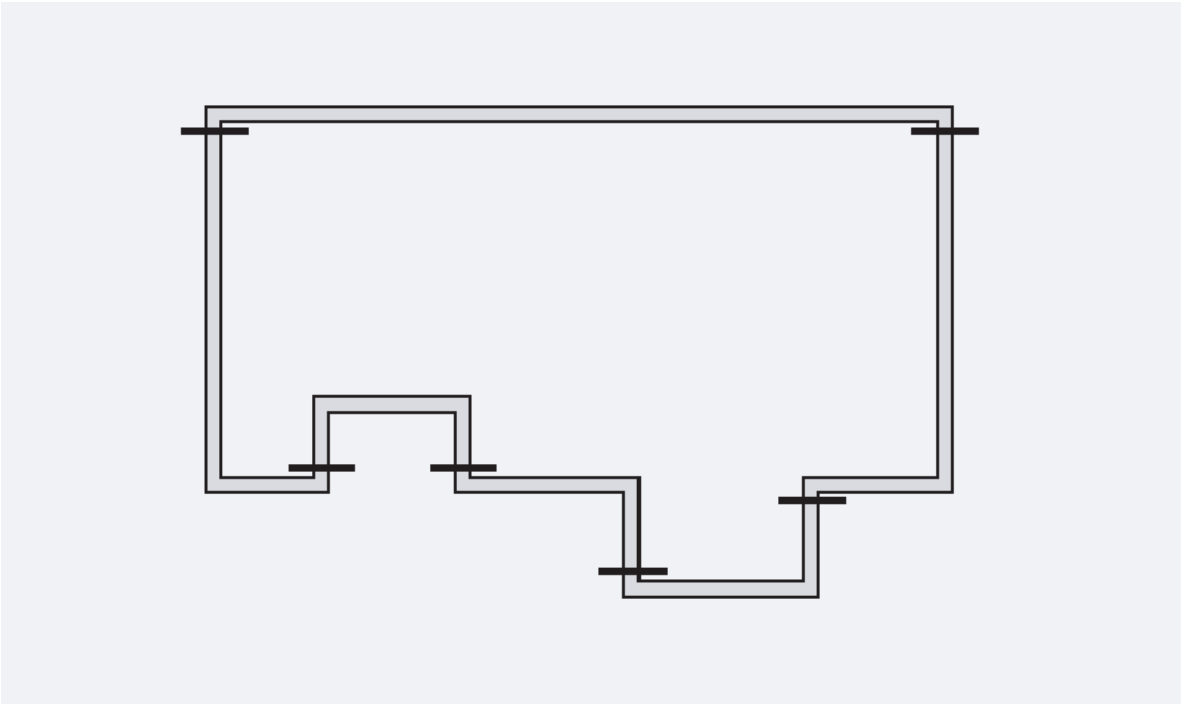
Kylmät rakenteet, siipimuurit tms. on erotettava lämpimistä osista liikuntasaumalla.

Koko rakenteen katkaisevat liikuntasaumat sijoitetaan tukiseinän, asuntojen välisen seinän tms. kohdalle. Rivitaloissa huoneistojen välisen seinän kohdalla ulkoseinä on suositeltavaa katkaista myös äänen sivutiesiirtymän estämiseksi.

Liikuntasaumassa ei saa olla läpi menevää raudoitusta. Rakenteen läpi menevä sauma on tiivistettävä sisäpuolelta ilmavuotoja ja ulkopuolelta kosteutta vastaan.

Kuvassa 61 esitetään suositeltavia liikuntasaumojen sijoituskohtia harkkorakenteisessa julkisivussa. Julkisivussa liikuntasauma tulee vain ulkokuoreen. Liikuntasauman leveys on 15...20 mm ja paksuus 12...15 mm. Sauman paksuus säädetään saumaan asennettavan pyöreän pohjanauhan avulla.

Kuva 61. *Liikuntasaumojen sijoitus pientalon julkisivuun.*



5.4 Välipohjat

5.4.1 Välipohjarakenteet

Harkkorakenteisen pientalon välipohjarakenteiden yleisimmät toteutusvaihtoehdot ovat

- paikalla valettu teräsbetonilaatta
- ontelolaatta
- kuorilaatta ja paikallavalu liittorakenteena
- profiililevy ja paikallavalulaatta liittorakenteena

Kun seinärakenteessa on käytetty lämpöeristettyjä kevytsoraharkkoja, välipohjarakenteet tuetaan rengaspalkille, jossa käytetään jatkuvaa raudoitusta. Rengaspalkki tehdään tavallisesti siten, että palkkiharkon eristekerros on ulkopuolella ja vain sisäkuori oletetaan kantavaksi. Aukkojen ylityksissä voidaan käyttää myös aukonylityspalkkeja, jolloin myös ulkokuori voi toimia kantavana rakenteena.

Käytettäessä lämpöeristettyjä betonivaluharkkoja erillistä reunapalkkia ei tarvita rakenteen riittävän lujuuden vuoksi ja rengasraudoitteet voidaan sijoittaa harkkojen valuonteloissa sijaitseviin uriin.

Jos välipohjan korkeus ei vastaa harkon korkeusmoduulia, voidaan välipohjan kohdalla ulkokuoressa käytettävät harkot sahata matalammiksi.

5.4.2 Paikalla valettu välipohja

Kun paikalla valetun betonilaatan paksuus on alle 200 mm, sisemmän harkkokuoren alle on tehtävä tasauskerros, jolloin laatan rakennepaksuus saadaan vastaamaan harkkokerroksen paksuutta.[5] Laatan muotti tehdään muottisuunnitelman mukaan.

[5] *Yleensä ei valeta alle 200 mm laattoja. Jos laattaan tulee viemäriputkia, laatan paksuuden tulee olla noin 250...300 mm (putken vaatima tila ja kallistukset).*

Ennen valua tarkistetaan, että kaikki suunnitelmien mukaiset raudoitukset ja mahdolliset putkitukset on tehty ja tuettu kunnolla kestämään valunaikaiset rasitukset. Alapuolisen kantavan väliseinän kohdalla asennetaan raudoitus myös laatan yläpintaan. Laatan reunoille asennetaan EPS -eriste ja ulkoseinäharkkona voidaan käyttää esimerkiksi halkaistua eristeharkkoa tai UH100 -kevytsoraharkkoa.

Välipohjalaatan yläpinta hierretään valmiiksi pinnaksi. Jälkihoito (suojapeite ja kastelu tai jälkihoitoaine, kylmissä olosuhteissa rakenteen lämmitys) aloitetaan heti hierron jälkeen ja sitä jatketaan olosuhteiden mukaan, kunnes vähintään 60 % rakenteen suunnittelulujuudesta on saavutettu. Lujuudenkehitystä voidaan arvioida rakenteesta mitattujen lämpötilojen avulla tai käyttämällä valmisbetonitoimittajan laskentapalvelua. *Betoninormeissa By 50* on annettu yksityiskohtaisia ohjeita jälkihoidosta ja jälkihoitoon tarvittavasta ajasta. Muottien purkuun luvan antaa rakennesuunnittelija.

Lattialämmityksen lämmitysputket tai –kaapelit sijoitetaan erilliseen kelluvaan teräsbetonilaattaan tai edellistä hieman ohuempaan pumpputasoitelattiaan, joka erotetaan kantavasta laatasta 30 mm paksulla askeläänieristevillalla tai EPS -askeläänieristelevyllä. Lattialämmitystä ei tule sijoittaa massiiviseen betonilaattaan, koska lämpötilan säätöä suuren viiveen takia ei voida hallita.

Ennen lattian pintatöiden aloitusta tarkistetaan lattiamateriaalin valmistajan ohjeista asennusalustalle asetetut vaatimukset (erityisesti sallittu kosteus asennushetkellä). Lattian kosteus mitataan ja tarvittaessa lattiaa kuivatetaan ennen pintamateriaalien asennusta.

Kuva 62. *Ontelolaatan asennus kevytsoraharkkoseinän päälle.*

5.4.3 Ontelolaattavälipohja

Ontelolaatat asennetaan erillisten asennuspalojen päälle asennussuunnitelmassa esitetyn asennuskaavion mukaisesti. Eripaksuisilla asennuspaloilla laatat saadaan asettumaan oikeaan korkoon ilman hammastuksia. Ontelolaattojen vaatima tukipinta on yleensä vähintään 80 mm. Tarvittava tukipinta esitetään rakennesuunnitelmassa sekä asennussuunnitelmassa. Laattojen päissä tulee olla riittävästi tilaa rengasraudoitteille ja saumavalulle. Ontelolaattojen väliset saumat raudoitetaan rakennesuunnitelman mukaan ja valetaan notkealla saumausbetonilla. Saumausbetonin tulee olla koostumukseltaan (notkeus, maksimiraekoko, pumpattavuus) sellaista, että saumat voidaan valaa tiiviiksi. Betonimassa tiivistetään sullomalla. Ontelolaattoja ei saa kuormittaa ennen kuin saumavalu on kovettunut riittävästi. Esim. painavien rakennustarvikkeiden varastointi laatalle liian aikaisin voi aiheuttaa vaurioita saumoihin. Betonin kovettumisen jälkeen ontelolaatat muodostavat yhtenäisen kuormia kantavan ja rakennusta jäykistävän laattakentän.

Laatan kohdalla voidaan käyttää halkaistua eristeharkkoa tai esimerkiksi UH-100 -kevytsoraharkkoa. Eristeenä käytetään tarvittaessa lämmöneristelevyä (EPS, PU tai PIR). Laatan alapuolisessa ja yläpuolisessa kevytsoraharkkosaumassa käytetään suunnitelmien mukaisia muuraussiteitä, esimerkiksi ø 4 k 600.

Ontelolaatan reuna voidaan tukea ulkoseinään myös pitkittäissuuntaisesti. Tällöin asennuspalat asennetaan myös näille harkoille ja rako valetaan umpeen. Kantavan, vähintään 200 mm leveän väliseinän kohdalla päittäin tulevien laattojen väliin jätetään noin 30...50 mm:n rako, johon asennetaan kantavan seinän suuntaiset saumateräkset ja sauma valetaan yleensä laatan saumavalujen yhteydessä saumausbetonilla. Ontelolaatan pituussuuntaisiin saumoihin asennetaan kantavan väliseinän yli menevä raudoitus rakennesuunnitelman mukaan.

Kevyet väliseinät asennetaan ontelolaattojen asennusten ja saumavalujen jälkeen. Ei-kantavan väliseinän kohdalla ontelolaatan ja väliseinän väliin on jätettävä rako ontelolaatan taipuman varalta. Rako täytetään mineraalivillalla ja tiivistetään elastisella saumamassalla.

5.4.4 Liittorakenne

Kuorilaatta

Kuorilaattarakenne muodostuu betonisesta kuorilaatasta, raudoituksesta ja betonivalusta. Betonivalun kovettumisen jälkeen rakenne (kuorilaatta ja valu) muodostaa yhtenäisen kuormia kantava tiiviin laattakentän.

Kuorilaatat nostetaan asennussuunnitelman mukaisille paikoilleen laatoissa olevien nostolenkkien avulla. Kuorilaatassa on valmiina ala- tai välipohjan vaatima pääraudoitus ja tartuntaraudoitus päälle valettavaa betonilaattaa varten. Kuorilaatan päälle tulevaan valuun asennetaan yleensä lisäraudoitteita esim. betonin kutistumishalkeilun rajoittamiseksi ja jatkuvissa rakenteissa laatan yläpintaan momenttirasitusten vastaanottamiseen. Kuorilaattarakenteeseen on mahdollista asentaa ja tukea putkia (viemäri, käyttövesi, lämmitys, sähkö) ennen betonivalua, jolloin putket jäävät valmiin rakenteen sisään. Kuorilaatta tuetaan alapuolelta betonoinnin ja kovettumisen ajaksi rakennesuunnitelman tai asennussuunnitelman mukaan. Laatan betonointi tehdään kuten paikallavalulaatalla.

Liittolaatta (profiililevy)

Sinkitystä teräslevystä valmistettu liittolevy muodostaa valun aikaisen muotin ja yhdessä sen päälle valettavan betonin kanssa kantavan laattarakenteen. Profiiliteräslevy toimii raudoituksena ja ottaa vastaan laatan vetojännityksiä laattakentän keskialueilla. Suurilla pistekuormilla ja laatan välituilla käytetään lisäraudoitusta. Laatan reunoihin asennetaan reunahaat rakennesuunnitelmien mukaan. Kevytsoraharkkomuurauksessa laatan alapuolisessa ja yläpuolisessa harkkosaumassa käytetään muuraussiteitä ø 4 k 600.

Kantavassa rakenteessa harkkojen tukipinnan leveyden tulee olla vähintään 80 mm. Valua varten poimulevyjen päät tiivistetään levyn profiilin muotoisella tiivisteellä. Kun laatan syrjä liittyy harkkoseinään, pyritään levy sijoittamaan siten, että poimun alapinta tiivistyy harkkomuurauksen yläpintaan. Tällöin ei valussa tarvita erillistä tiivistettä laatan ja seinän liitoksessa. Betonin valun ja kovettumisen ajaksi levyt tuetaan valmistajan ohjeiden mukaan.

5.5 Yläpohjarakenteet

5.5.1 Vaihtoehdot

Kevytsorabetoniharkko- ja muottiharkkorakennusten yläpohjissa voidaan kantavana rakenteena käyttää seuraavia ratkaisuja:

- paikalla valettu teräsbetonilaatta
- ontelolaatta
- kuorilaattaliittorakenne
- puurakenteinen yläpohja, jossa kantavana rakenteena on yleensä naulalevyristikot, liimapuupalkit, kertopuupalkit tai sahatavarasta tehdyt palkit

Puurakenteinen yläpohja on harkkotaloissa em. rakenteista yleisin.

5.5.2 Kivirakenteiset yläpohjat

Paikallavaletuissa rakenteissa yläpohjarakenne on vaakasuunnassa ja vain poikkeustapauksissa rakenne toteutetaan kaltevana. Ontelolaatoilla toteutettu yläpohja voidaan tehdä myös kaltevana. Lämmöneristeet asennetaan laatan päälle. Vesikattorakenne tuetaan laatan päältä ja se tehdään puurakenteisena esim. sahatavarasta tai naulalevyristikoilla.

Kivirakenteisen yläpohjan etuna on hyvä ilmatiiviys ja ääneneristys sekä paloturvallisuus. Kivirakenteisessa yläpohjassa ei käytetä höyrynsulkua eikä ilmansulkua, vaan rakenne itsessään on riittävän tiivis. Läpivientien toteutus ja tiiviys on helppo toteuttaa kivirakenteisessa yläpohjassa. Suunnittelussa ja toteutuksessa on kiinnitettävä huomiota seinän ja yläpohjan välisen liitoksen tiiviyteen sekä läpivientien tiivistykseen. Kivirakenteisten yläpohjien toteutuksessa noudatetaan samoja periaatteita ja työmenetelmiä kuin välipohjissa *(ks. kohta 5.2. Välipohjat)*

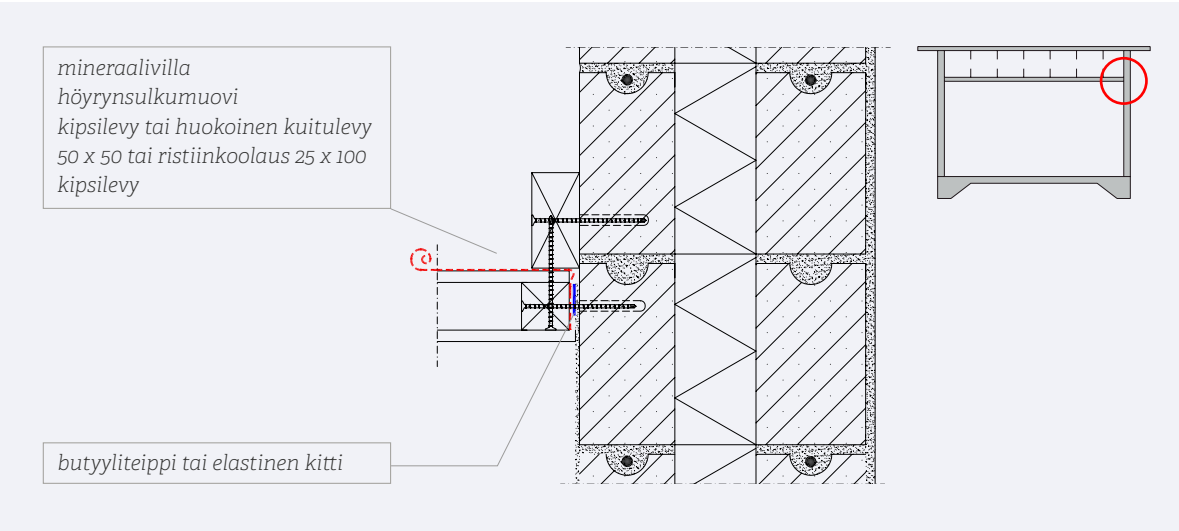
Kuva 63. *Puurakenteinen yläpohja on yleinen harkkotaloissa.*

5.5.3 Puurakenteinen yläpohja harkkotalossa

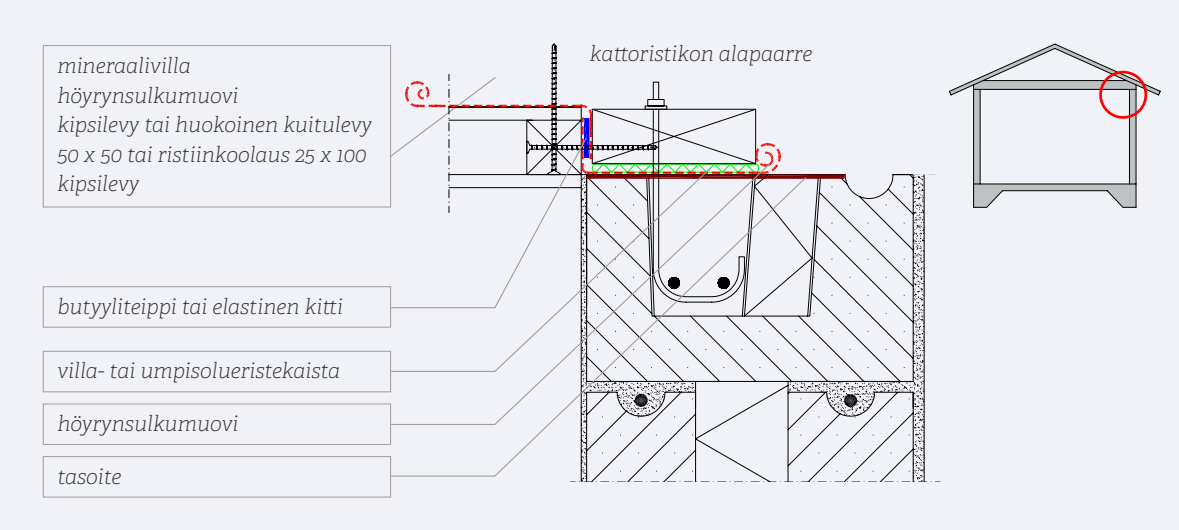
Puurakenteisessa yläpohjassa kattomuoto, kattokaltevuus ja massoittelu voi vaihdella suhteellisen vapaasti. Lämmöneristeet sijoitetaan yleensä puukannatteiden väliin ja lämmöneristeen alapuolella on höyryn- ja ilmansulkuna muovikalvo. Kattomuodosta riippuen yläpohjassa voi olla tuuletettu ullakkotila tai välittömästi vesikatteen ja aluskatteen alapuolella tuuletusrako, jonka alapuolella on tulensuojalevy ja lämmöneriste.

Puurakenteisessa yläpohjassa ilmatiiviyden suunnitteluun ja toteutukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Ilmatiiviyden kannalta ongelmakohtia ovat harkkorakenteisen seinän ja yläpohjarakenteen välinen liitos ja LVIS –putkien ja hormien läpiviennit.

Kuva 64. *Puuyläpohjan ja harkkoseinän liitos höyrynsulun liittyessä harkkoseinään.*



Kuva 65. *Puuyläpohjan höyrynsulun liittyminen harkkoseinän päälle. Ratkaisulla pyritään mahdollisimman hyvään ilmanpitävyyteen.*



Yläpohjan ilmanpitävyys on tärkeää, koska ilmavuotojen mukana voi siirtyä huomattavia kosteusmääriä yläpohjarakenteisiin ja aiheuttaa kosteus- ja homevaurioita. Yläpohjan rakenteiden ja tiivistyksen suunnittelussa on otettava huomioon yläpohjan lämmöneristys, höyrynsulku sekä yläpohjan, aluskatteen ja vesikaton välinen tuuletus sekä tuulikuormien vaatima vesikaton sidonta rakennuksen kantaviin seiniin ja yläpohjaan.

Rakenteiden ilmanpitävyys on rakennuksen energiatehokkuuden kannalta merkittävä tekijä. Ilmavuodot lisäävät energiankulutusta. Ne myös estävät rakennuksen koneellisen ilmanvaihdon ja lämmön talteenoton optimaalisen toiminnan, jos osa ilmanvaihdosta toimii hallitsemattomasti ilmavuotojen kautta.

Harkkorakenteisten pientalojen yläpohja on usein puurakenteinen, koska se on helppo toteuttaa, mahdollistaa pitkät jännevälit eikä kevyenä rakenteena lisää merkittävästi kantaville seinille ja perustuksille tulevia kuormituksia. Puiset kantavat yläpohjarakenteet voidaan tehdä massiivipuusta, tehdasvalmisteisista kattoristikoista, liimapuupalkeista, kertopuusta tms.

Puurakenteisen yläpohjan ilmanpitävyys perustuu yleensä höyrynsulkumuoviin. Toisena vaihtoehtona on käyttää lämmöneristeenä PU-levyjä, joiden saumat ja liittymät tiivistetään huolella PU-vaahdolla. Höyrynsulkumuoviin tulevat läpiviennit ja liitokset tulee tiivistää huolellisesti teippauksin, kittauskin ja läpivientikappalein sekä liitettävät osat ja materiaalit tulee lisäksi tukea mekaanisesti toisiinsa ja kiinnitysalustaan. Työn huolellisuudella ja materiaalien pitkäaikaiskestävyydellä on lopputuloksen kannalta ratkaiseva merkitys. Höyrynsulkumuovin limitykset tulee puristaa aina kantavan rakenteen ja koolauksen väliin, jolloin höyrynsulkuteipin liiman mahdollinen kuivuminen ja teipin irtoaminen ei aiheuta ilmavuotoa.

Putkien ja hormien lävistyksissä tulisi käyttää tehdasvalmisteisia lävistystarvikkeita, mikäli se on mahdollista. **Kuvissa 64 ja 65** on esitetty periaateratkaisut puuyläpohjan ja harkkoseinän liitokselle, jossa on pyritty mahdollisimman hyvään ilmanpitävyyteen. Ratkaisuissa ei ole käytetty teippauksia sekä sähkörasiat ja –putket on sijoitettu alakattoon, jolloin höyrynsulkumuovia ei tarvitse rikkoa. Höyrynsulkumuovin suojana on kipsilevy, jolloin muovi ei painu eikä rikkoudu yläpuolisten eristeiden painosta. Kipsilevy toimii tukena ja alustana yläpohjan putkilävistysten, hormien yms. tiivistyksessä.

Polyuretaanilevyillä lämpöeristetyissä yläpohjissa, joissa eristelevyjen liitokset ja saumat on tiivistetty PU-vaahdolla, ei yleensä tarvita erillistä höyrynsulkumuovia.

Kuva 66. *Ilmanvaihto-, vesi- ja sähköputkitusten läpivienti välipohjasta.*

5.6. Väliseinät

Väliseinissä rakenteellinen toimintatapa voi olla:

- Kantava väliseinä, joka ottaa vastaan väli- tai yläpohjasta tulevia kuormituksia oman painon lisäksi sekä toimii rakennusta jäykistävänä rakenteena. Kantavan harkkoseinän rakennepaksuus on yleensä vähintään 150...200 mm, jotta kantaville vaakarakenteille saadaan riittävät tukipinnat.
- Kevyt väliseinä, joka kantaa vain oman painonsa ja siihen ripustettavien kalusteiden yms. painon sekä käyttötarkoituksesta johtuvat muut kuormitukset esim. vaakakuormat. Kevyen väliseinä rakennepaksuus on yleensä alle 100 mm.

Väliseiniin on tarjolla erilaisia betoni- tai kevytsoraharkkoja sekä -levyjä ja -elementtejä, jotka soveltuvat sekä kuivien että märkätilojen kantaviin ja kevyisiin väliseiniin. Palamattomina materiaaleina kevytsora- tai betoniharkot sopivat hyvin myös erilaisiin osastoiviin rakenteisiin.

Tiloissa, joissa ääneneristykselle asetetaan suuria vaatimuksia, voidaan väliseinissä käyttää ääneneristysharkkoja ja pinnoittaa seinät 5 mm:n oikaisulaastilla tai vaihtoehtoisesti kaksinkertaisena seinärakenteena, jonka välissä on ääneneristysvilla. Seinän ja liittyvien rakenteiden väliset saumat tiivistetään elastisella saumamassalla. Ilmaääneneristävyys riippuu rakenteen massasta, joten saman paksuisilla kevytsorabetoniharkoilla ilmaääneneristys on heikompi kuin vastaavilla betoniharkoilla.

Ennen väliseinien muurausta tai ladontaa tulee tarkistaa oviaukkojen ja lattian pintamateriaalien korkeus. Ilmanvaihtosuunnitelmista selvitetään myös, jätetäänkö oviaukkoihin oviraot, jotka toimivat korvausilman reitteinä. Jos suunniteltu harkkokoko ja lattiamateriaali eivät ole

Kuva 67. *Harkkoväliseinän liittymä kantaviin seiniin tehdään harkkovalmistajan ohjeiden tai rakennesuunnitelmien mukaisesti.*

yhteensopivia oviaukkojen korkeuden kanssa, voidaan oviaukkoa korottaa valamalla väliseinän alle sopivan korkuinen korotusvalu. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää 2M korkeusmoduulista poikkeavia harkkoja esim. 3M, jolloin oviaukkojen korkeuden takia harkkoja ei tarvitse työstää.

Ennen työn aloitusta tulee vielä varmistaa LVIS- ja harkkomuurausurakoitsijan kanssa, että kaikki läpivientitarpeet on otettu huomioon suunnitelmissa. Samalla valitaan työteknisesti ja valmiin rakenteen kannalta parhaat tavat tehdä läpiviennit. Betoniharkkorakenteissa läpivienneille jätetään varaukset. Kevytsoraharkkorakenteissa läpiviennit voidaan työstää jälkikäteen.

Sekä betoni- että kevytsoraharkkoväliseinät erotetaan alustasta bitumihuopakaistalla. Näin alustan ja väliseinän liikkeet eivät vaurioita seinää.

Ohutsaumamuurattavat väliseinäharkot kiinnitetään toisiinsa ohutsaumamuuraukseen tarkoitetulla laastilla. Harkot voidaan myös liimata liimalaastilla tai kiviliimalla. Kiviliima sopii ainoastaan käyttökohteisiin, joissa rakenteelta ei edellytetä kuormien kantokykyä, ääneneristyskykyä tai palonkestävyyttä. Ohutsaumamuuratun tai -liimatun seinän maksimikorkeus tulee varmistaa rakennesuunnitelmista tai harkkovalmistajan ohjeista.

Kantavissa seinissä tai kohdissa, joihin kiinnitetään kalusteita tai ovenkarmeja, harkkojen ontelot valetaan tarvittaessa umpeen betonilla.

Kantavissa rakenteissa valuharkkoseinä raudoitetaan rakennesuunnitelmien mukaisesti ennen betonivalua. Betonin valukorkeuden tulee olla valmistajan ohjeiden mukainen. Massa tiivistetään sauvatäryttimellä tai sullomalla. Työsaumoihin asennetaan suunnitelmien mukainen saumaraudoitus.

Oviaukkojen ylitykset vahvistetaan harkkovalmistajan ohjeista riippuen lisäraudoituksella, teräsprofiileilla ja aukonylityspalkeilla. Aukonylityspalkkeja ei saa lyhentää tai madaltaa, joten on tärkeää, että aukko on tehty oikeaan korkoon muuraus- tai ladontavaiheessa.

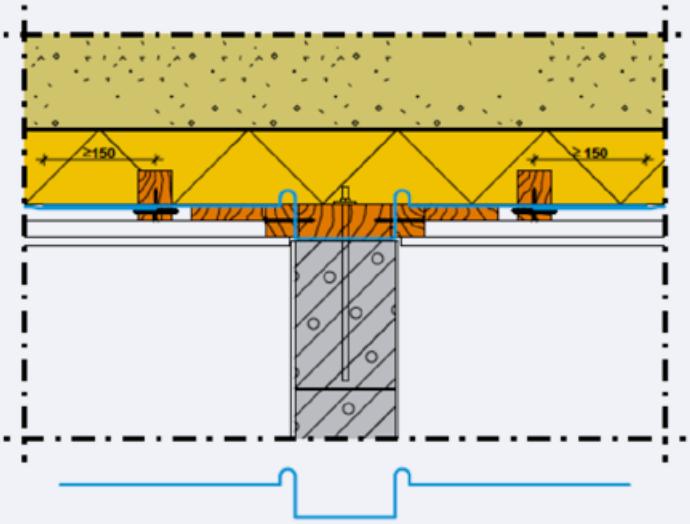
Jälkihoidossa noudatetaan harkkovalmistajan ohjeita tai yleisiä betonin jälkihoito-ohjeita kastelusta ja suojaamisesta. Jälkihoito on tärkeää aloittaa heti valun jälkeen.

Harkkoseinään asennettavien vesihanojen ym. vesikalusteiden tuennassa tulee käyttää tarkoitusta varten valmistettuja metallitukia, joilla esim. hanakulmat saadaan pysymään paikoillaan. Hanakulmien oikea etäisyys toisistaan, paikka ja suoruus tulee vielä tarkistaa ennen tasoite- ja vesieristystöiden aloitusta. Jos suihkun vesiputket tuodaan katosta, tulee putkien roilotus suunnitella harkkoseinään siten, että putket eivät osu suihkutangon kiinnikkeiden kohdalle. Vaihtoehtoisesti putket voidaan asentaa pinta-asennuksina.

Sivulta pontatut väliseinäelementit kiilataan ylä- ja alapohjaan sekä liitetään toisiinsa erikoisliimalla. Lattian rajaan jäävä asennusrako täytetään laastilla. Aukot, läpiviennit ja sähkörasioiden paikat voidaan porata tai sahata jälkikäteen oikeisiin paikkoihinsa. Sähköputkitukset pyritään kuljettamaan elementin ontelossa tai niille tehdään roilot.

Kuva 68. *Kantavan väliseinän ja puuyläpohjan liittymä.*

Kantavan väliseinän yläosa oikaistaan ja tasoitetaan ennen tiivistyskaistan sekä höyrynsulkukaistaleen asentamista. Höyrynsulkukaistaleen tulee olla riittävän leveä, jotta se voidaan limittää ja teipata varsinaisen höyrynsulkumuovin kanssa.



Kuva 69. *Sisäpuolisissa harkkorakenteissa halkeamille alttiita kohtia ovat mm. eri materiaalien saumakohdat kuten välipohjan ja pintalaatan saumakohdat sekä kaiteiden saumat.*

Halkeamat

Kevyiden väliseinien kohdalla voidaan väliseinän ja yläpohjan väliin joutua jättämään rako ylempien rakenteiden taipumien vuoksi. Rako täytetään myöhemmin eristeellä ja listoitetaan piiloon. Eristettä ei kannata tasoittaa, koska yläpohjan taipuminen aiheuttaa halkeamia tasoitteeseen.

Levyrakenteisen ja harkkoseinän liitos toteutetaan liikuntasauman tapaan rakenteiden erilaisen elämisen vuoksi. Pintakäsittelyssä, kuten laatoituksessa, liikuntasauman kohtaan tehdään sauma elastisella saumamassalla. Tapetti- ja maalauspintaan tehdään puskusauma, joka voidaan peittää listalla.

Myös korkeaan olohuoneeseen näkyvän 2. kerroksen välipohjan ja pintalaatan reunan sekä kaiteen saumoihin syntyy usein näkyviä halkeamia rakenteiden erilaisista muodonmuutoksista johtuen. Halkeamat voidaan peittää listalla tai halkeamien syntymistä voidaan vähentää muuraamalla kaide suoraan kantavan välipohjalaatan päälle. Vastaavanlainen halkeamille altis kohta muodostuu porrashuoneessa välipohjan kohdalle.

Rakenteen kuivuminen

Valetun betoniharkkoväliseinän kuivuminen kestää noin 4-5 viikkoa lämmityksen ja kuivatuksen aloituksesta. Kuivumisaika riippuu rakenteen paksuudesta. Edullisissa olosuhteissa kun lämpötila on noin +20°C ja suhteellinen kosteus alle 50 % seinän kuivuminen pinnoituskuivaksi kestää noin viikko/cm. Väliseinät kuivuvat kahteen suuntaan, joten 100 mm paksun väliseinän (muottiharkko) kuivuminen kestää noin 5 viikkoa. Betonirakenteissa, joissa toisella puolella on kosteutta läpäisemätön kerros, kuivuminen tapahtuu kuitenkin vain yhteen suuntaan, jolloin kuivumisaika on huomattavasti edellistä pidempi.

Ennen pintatöiden aloitusta tarkistetaan materiaalien pinnoitusalustalle asettamat vaatimukset ja tarvittaessa mitataan betonin suhteellinen kosteus. Kosteus ei tavallisesti aiheuta ongelmia tasoitus-, maalaus- tai tapetointitöiden osalta, mutta laatoitettaessa liian kostealle alustalle riskinä on laattojen irtoaminen alustan kuivumiskutistuman vuoksi.

5.7 Putkitukset ja kiinnitykset harkkoseiniin

Harkkorakenteiden läpimenot putkia tms. varten suunnitellaan harkkokerrosten korkeusasemien mukaisesti. Kaikki läpimenot ja aukot on merkittävä piirustuksiin ja otettava huomioon rakenteiden suunnittelussa. Vain vähäisiä läpimenoja voidaan tehdä vielä työn aikana.

Roilojen sijoituksen suunnittelussa on otettava huomioon rakenteen kuormitukset. Maanpaine- tai muissa taivutusrasitetuissa seinissä on vältettävä taivutussuuntaan nähden kohtisuorassa sijaitsevia roiloja. Tavanomaisissa seinärakenteissa roilot sijoitetaan pystysuuntaan. Vaakasuuntaiset urat saattavat heikentää harkkoseinän kantavuutta merkittävästi.

Vesi-, viemäri- yms. putkia ei yleensä sijoiteta harkkorakenteen sisään. Poikkeuksen muodostavat märkätilojen laatoituksen alle sijoitettavat pieniläpimittaiset käyttövesiputket, jotka voidaan sijoittaa seinään tehtyyn uraan eli roiloon tai harkon onteloon. Asennetut vesijohdot suojataan ohjeiden mukaisesti ja roilo täytetään oikaisu- tai tasoitelaastilla. Käyttövesiputkien asennuksissa on suositeltavaa käyttää pinta-asennusta, jolloin mahdolliset vesivuodot on helppo havaita ja putkien vaihto on helppoa.

Valuharkkorakenteiden sähkösuunnitelmissa tulee ottaa huomioon kaikki tarvittavat sähköjohdotukset ennen kuin harkkojen latominen aloitetaan. Putkitukset asennetaan harkkojen sisään siten, että valu pääsee täyttämään koko rakenteen eikä valuun jää onteloita. Runkourakoitsija tekee putkituksen ladonnan yhteydessä. Roilotusta tehdään vain mahdollisten virheiden korjaamiseksi. Urat ja muut kolot paikataan laastilla siten, että rakenne saavuttaa riittävän lujuuden. Erityisesti usean rasian yhdistelmät ovat tarkkoja rasioiden keskinäisestä etäisyydestä ja suoruudesta, joten sähkörasiat tulee kiinnittää toisiinsa ja tukea roilon paikkauksen tai harkon valun aikana huolellisesti. Vinoon jääneen rasian suoristaminen on jälkikäteen hankalaa.

Kevytsoraharkkorakenteissa putkitusten muutoksia ja lisäyksiä on suhteellisen helppo tehdä muurauksen jälkeenkin. Sähkö- ja LVI-urakoitsijat merkkaavat tarvittavat roilot ja läpiviennit rakenteisiin ja roilot tehdään koko kohteeseen kerralla valmiiksi tai kerroksittain. Roilotus tehdään urajyrsimellä, katkaisulaikalla, taltalla tai muulla tarkoitukseen sopivalla laitteella. Sähkörasioiden ja hanakulmien reiät tehdään laikalla tai lieriöporalla. Johdot ja putket kiinnitetään roiloon, joka täytetään oikaisulaastilla.

Kuva 70. *Seinän ruiskutasoitusta.*

Kuva 71. *Sähkörasian pohjan asennus väliseinäharkkoon.*

Kiinnitykset

Tehtäessä kiinnityksiä harkkorakenteisiin otetaan huomioon harkon huokoisuus, vetolujuus ja lohkeamisherkkyys. Kevyet kuormat voidaan kiinnittää muovisilla kiinnitystulpilla (propuilla) ja betoniruuveilla. Raskaat kuormat kiinnitetään esimerkiksi kiila- tai lyöntiankkureilla tai rakenteen läpimenevillä pulteilla.
Sopivia kiinnitysmenetelmiä ovat mm.

- kevytbetoninaulat
- muovi-/nailonhylsyt ja ruuvit
- kumimutterikiinnikkeet
- harkkosaumaan muurausvaiheessa asennetut kiinnikkeet
- mekaaniset ankkurit ja
- kemialliset juotosankkurit.

Kiinnikkeiden on oltava korroosiosuojattuja, esimerkiksi sinkittyjä. Kiinnikkeiden kuormitusarvot on saatavissa niiden valmistajilta ja maahantuojilta.

Ovenpielet

Väliseinäharkkojen ontelot kannattaa jo liimausvaiheessa vahvistaa ovenpielikohdista laastilla. Harkon urospontti voidaan leikata pois ja naaraspontti täyttää laastilla. Ovenkarmit kiinnitetään harkkorakenteeseen kiinnitystulpilla ja ruuveilla tai muovihylsyillä ja ruuveilla.

Harkkosisäseinien käsittely-yhdistelmiä

Tapetointi

- 2 x kokonaan tasoitus ja hionta
- pohjamaalaus tarvittaessa
- tapetti tai lasikuitutapetti ja maalaus

Maalaus

- 3 x kokonaan tasoitus ja hionta, tarvittaessa vahvikekangas
- 2 x maalaus

Laatoitus

- 1-2 x märkätilatasoite ja hionta
- vedeneriste
- laatoitus

5.8 Sisäseinien ja -kattojen pintakäsittelyt

Harkkorakenteisten sisäseinien pintakäsittely voidaan tehdä samoilla materiaaleilla ja menetelmillä kuin muiden kiviaineisten pintojen käsittelyt. Harkkopinta voidaan jättää käsittelemättäkin esimerkiksi teollisuushalleissa ja vastaavissa tiloissa, joissa käsittelemätön seinäpinta toimii ääntä vaimentavana rakenteena. Kevytsoraharkoista tehty ulkoseinä vaatii kuitenkin aina rappauskäsittelyn seinän ilmatiiviyden parantamiseksi.

5.8.1 Harkkopinnan tasoittaminen ja pinnoitus

Tyypillisesti harkkoseinien sisäpinnat tasoitetaan. Ennen tasoitetöitä ikkunat, ovet ja muut rakenteet suojataan muovilla. Kiinnityksessä käytetään tarkoitukseen sopivaa teippiä, joka ei vahingoita maalipintaa.

Aluksi tarkistetaan harkkoseinän mitta- ja sijaintitarkkuudet. Erityistä huomiota kiinnitetään sisä- ja ulkonurkkien suoruuteen. Pintojen suoruus tarkistetaan oikolaudalla ja vesivaa´alla. Pinnat puhdistetaan huolellisesti liasta, pölystä sekä laasti- ja betoniroiskeista.

Harkkopinnassa mahdollisesti olevat metalliosat suojataan korroosiolta ennen tasoitetyön aloittamista. Lisäksi tarkistetaan materiaalivalmistajan ohjeista, että harkkoseinän kosteus sekä ilman kosteus ja lämpötila sopivat käytettävälle tasoituskäsittelylle.

Käsittely-yhdistelmät tulee valita harkkoja tasoitevalmistajan ohjeiden mukaisesti eri tiloihin. Märkätiloissa käytetään vain nimenomaan märkätiloihin tarkoitettuja tasoitetuotteita. Märkätilojen osalta tarkistetaan myös, että pohjusteet, tasoitteet ja vesieristeet ovat samaa tuoteperhettä sekä yhteensopivia lattiakaivojen ja muiden vesikalusteiden kanssa.

Pinnat oikaistaan oikaisulaastilla tai tiilitasoitteella. Tasoitteet ovat tehdasvalmisteisia tuotteita, joihin lisätään käytön yhteydessä vain vettä. Oikaisulaastin levitys aloitetaan alhaalta. Teräslastan keskelle laitetaan laasti. Kerrospaksuutta seinällä säädetään lastan kallistusta ja painoa muuttamalla. Laastin enimmäiskerrospaksuuksia ei saa ylittää.

Kovalle kulutukselle alttiissa huonetiloissa kuten käytävissä, varastoissa tai vastaavissa, käytetään kulmavahvisteina esimerkiksi galvanoitua peltiä tai lasikuitukangasta. Eri rakennusaineiden ja -tarvikkeiden rajakohdissa käytetään elastista kittiä ja lasikuitu- tai paperinauhaa halkeilun vähentämiseksi.

Tasoitepinta viimeistellään maalaamalla tai tapetoimalla harkkoseinä tilan käyttötarkoituksen ja halutun laatutason mukaisesti. Jokaisen tasoitekerroksen jälkeen tasoitettu pinta hiotaan kevyesti ja hiontapöly poistetaan. Maalattavan pinnan valmiiksi hionta tehdään viimeisen kokonaan tasoituksen suunnassa. Tapetoitavassa tai maalattavassa tasoitepinnassa ei saa olla viimeistelyä haittaavia rakkuloita, naarmuja tai lastan jälkiä. Sementtisideaineisilla tasoitteilla tasoitetuille pinnoille järjestetään materiaalivalmistajan ohjeiden mukainen jälkihoito. Polymeerisideaineisilla tasoitteilla tulee huolehtia pinnan kuivumisesta ohjeiden mukaan.

Kattojen tasoitus tehdään vastaavasti alustan vaatimuksia ja materiaalivalmistajien ohjeita noudattaen. Kipsilevykatoissa levyjen saumoihin asennetaan vahvikenauha ja katto tasoitetaan kerran tai kaksi kertaa halutun laatutason mukaisesti. Katto voidaan tasoittaa lastalla tasaiseksi tai jättää ruiskun jäljiltä karkeaksi.

Harkkomuurauksen saumojen ja limityksen mittatarkkuusvaatimukset, luokka 2 (Lähde: RunkoRYL)

	Luokka 1	*Luokka 2*
Sauma ja muurauskiven korkeuspoikkeama keskilinjasta	±2 mm	±3 mm
Limitetyn muurin sauman poikkeama pystysuorasta*	±3 mm	±8 mm
Limittämättömän muurin sauman poikkeama pystysuorasta*	±2 mm	±5 mm
Sauman syvyys pintaan verrattuna	3 mm	3 mm
Vaakasauman paksuus	±3 mm	±3 mm
Pystysauman paksuus	±5 mm	±5 mm

** = koskee vain puhtaaksi muurattua rakennetta*

Tasoitetun seinän ja katon tasaisuusvaatimukset (Lähde: SisäRYL)

	Mittauspituus	*Luokka 1*	*Luokka 2*
Seinän tai katon tasaisuus	2000 mm	±3 mm	±5 mm
Tasoitettu seinä tai katto, kun se rajoittuu toisiin rakennusosiin tai pintoihin	2000 mm	±2 mm	±5 mm

Luokka 1: *Maalattavat seinät tai ohuen tapetin alustaksi tarkoitetut seinät. Sileät, mm. maalattavat katot.*

Luokka 2: *Kankaan tai paksun tapetin alustaksi tarkoitetut seinät. Katoissa ruiskupinnat.*

Tasaisuus mitataan RT -ohjekortissa RT 14-10373 esitetyllä mittalaudalla ja kiilalla.

Kuva 72. *Lattian vedeneristys valmiina laatoitusta varten.*

Harkkopintojen maalaus

Tasoitettu harkkoseinä maalataan kahteen kertaan, ensin pohja- ja sitten pintamaalilla. Maali voidaan levittää ruiskulla tai telalla. Ruiskumaalattu pinta voidaan myös telata heti ruiskutuksen jälkeen. Betonirakenteiset tai kipsilevykatot käsitellään vastaavasti.

Seinien ohutpinnoitteet

Ohutpinnoitteet ovat erilaisia koristepinnoitteita, värilaasteja tai raemaaleja. Niitä voidaan käyttää huolellisesti täyttörapatuilla tai tasoitetuilla pinnoilla. Koristepinnoitteet ja värilaastit levitetään paineruiskulla ohuina kerroksina ja raemaalit telaamalla. Tarkoitusta varten on olemassa erilaisia kuvioteloja. Lyhytnukkaisella telalla tulee matalampi kuvio kuin pitkänukkaisella telalla.

5.8.2 Vedeneristys ja laatoitus

Märkätilojen harkkopinnat tulee aina vesieristää. Keraamisen laatan pinta on lasitettu ja vesitiivis, mutta vesihöyry pääsee laatoituksen saumoista rakenteeseen, ellei alustaa ole vesieristetty. Märkätilojen käyttövesiputkien asennuksissa suositellaan pinta-asennusta. Jos muoviputkia asennetaan rakenteen sisälle, on niissä käytettävä suojaputkia. Muovipäällystetyillä kupariputkilla suojaputkia ei tarvita. Putkien läpivientien tulee olla liikkumattomia.

Kellarikerroksen märkätilojen seinärakenteiden kosteustekninen toimivuus tulee varmistaa rakennesuunnittelijan kanssa. Tarvittaessa maanvastaisiin seiniin tehdään tuuletusrako ulkoseinän ja vesieristetyn kevyen väliseinän väliin. Näin kellarin ulkoseinä ei jää ulkopuolen ja sisäpuolisen vesieristekerroksen väliin tuulettumattomaan tilaan.

Märkätilan lattioiden kallistukset, seinäpintojen, kulmien ja nurkkien suoruudet sekä pintojen tasaisuudet tarkistetaan ennen vesieristyksen tai pintakerrosten tekemistä. Näin vähennetään sovitusten ja laattojen leikkaustarvetta. Tarvittaessa pinnat puhdistetaan ja tasoitetaan märkätiloihin sopivalla tasoitteilla.

Märkätiloissa käytettävien materiaalien (harkko, tasoite, pohjuste, vedeneriste, lattiakaivo) tulee olla samaa tuoteperhettä tai tuotteiden yhteensopivuus tulee muuten olla varmistettu. Käytettävien materiaalien tai järjestelmien tulee olla sertifioituja. Suositeltavaa on teettää työ sertifioidulla vedeneristäjällä, jolla on riittävä kokemus ja osaaminen tuotteiden käytöstä.

Märkätilan vedeneristys ja laatoitus aloitetaan seinäpinnoilta. Seuraavaksi tehdään lattia ja viimeiseksi seinän alin laattarivi.

Kuva 73. *Harkkorakenteet sopivat märkätilojen rakenteisiin.*

Siveltäviä tai telattavia vedeneristemateriaaleja on saatavilla yksi- ja kaksikomponenttisina. Nämä levitetään tasoitettuun harkkoseinään ja märkätilan lattiaan valmistajan ohjeita noudattaen. Lattia-, nurkka- ja kulmasaumoissa käytetään työohjeiden mukaisia vahvikenauhoja ja -kankaita, jotka kiinnitetään kosteaan eristemassaan ja sivellään eristemassalla ylitse. Materiaalivalmistajan ilmoittama eristeen kuivapaksuus saavutetaan levittämällä ohjeiden mukainen määrä eristettä mitatulle pinta-alalle. Eristekerroksen paksuus voidaan varmistaa ottamalla eristeestä näytepaloja. Nämä kohdat paikataan näytteenoton jälkeen. Läpiviennit vahvistetaan läpivientikappaleilla tai vahvikenauhalla tai -kankaalla.

Kun seinän vedeneristys on kuivunut, voidaan aloittaa seinän laatoitus. Suora mittalauta kiinnitetään alimman laattakerroksen yläreunan tasoon. Sen vaakasuoruus tarkistetaan tuomalla korkeusmerkki yhtenäisen huonetilan ympäri. Mittalautaan merkitään laattajako, jotta saumajako alkaa oikein.

Laastia levitetään laatoitettavalle seinälle sen verran kuin 10...15 minuutin aikana ehditään laatoittaa. Laasti kammataan auki lastan hammastetulla reunalla. Laastikamman hammastus valitaan laattakoon mukaan: mitä suurempi laatta, sitä suurempi hammastus. Laatta painetaan laastiin ja sitä liikutetaan hieman, jolloin laastin tartunta laattaan varmistuu. Irrottamalla laatan voidaan tarkistaa, että laasti peittää koko laatan taustan. Laattojen vaakasaumoissa käytetään saumanauhaa ohjurina, jolloin sauman korkeus pysyy samana. Saumanauhaa ei saa poistaa ennen kuin kiinnityslaasti on kovettunut riittävästi, muuten laatoitus saattaa liikkua. Myös pystysaumojen suoruus tulee tarkistaa.

Kun laatoitus on kuivunut 1...2 vuorokautta, voidaan aloittaa saumaus. Saumalaasti hierretään kumipäällysteisellä lastalla vinottain voimakkaasti painaen. Saumat on saatava kerralla täyteen. Ylimääräinen saumalaasti pyyhitään pois kostealla sienellä, kun saumalaasti on alkanut sitoutua. Tällöin kuitenkin vältetään kastelemasta saumoja.

Lopuksi saumat tiivistetään ja muotoillaan esimerkiksi ø 8 mm sähköjohdon pätkällä. Kun saumat ovat kuivuneet, voidaan laattapinnat pestä. Pesun jälkeen pinnat pyyhitään vielä kertaalleen kuivalla sienellä puhtaiksi.

Nurkka-, lattia- ja läpimenojen raot tiivistetään saniteettisilikonilla. Reikien tekemistä märkätilojen seiniin tulee välttää. Kiinnitysreiʼät tiivistetään saniteettisilikonilla ennen tulppien tai ruuvien kiinnittämistä.

5.9 Harkkojulkisivun pintakäsittelyt

Julkisivumateriaalin ja -käsittelyn valintaan vaikuttavat monet tekijät. Julkisivu viimeistelee rakennuksen arkkitehtonisen ilmeen ja luo kuvan esimerkiksi kivitalosta tai puutalosta. Tontin asemakaavamääräykset ja ympäröivä rakennuskanta asettavat usein rajoituksia valinnalle. Toivottavaa on, että rakennus sopii luontevasti ympäristöönsä ja ympäröivään rakennuskantaan. Julkisivumateriaalia valittaessa kannattaa ottaa huomioon paitsi rakennusaikaiset, myös elinkaaren aikaiset kustannukset kuten huoltoväli, ylläpitokustannukset sekä materiaalin pitkäikäisyys. Lisäksi valintaan vaikuttavat mm. rakenteen paloturvallisuus sekä lämmön- ja ääneneristyskyky.

Julkisivun tulee
- suojata rakennetta
- toimia kosteus- ja rakennusteknisesti halutulla tavalla
- olla sään- ja kulutuksenkestävä
- olla huoltokustannuksiltaan edullinen.

Pintakäsittelyn valinnassa rakenteen ilmanpitävyyden ja vesihöyrynläpäisevyyden yhteensovittaminen on tärkeä tekijä. Harkkorakenteen pinta on huokoinen ja vaatii pintakäsittelyn, jotta kosteus ei pääse tunkeutumaan rakenteeseen. Rakenteen ulkopinnan tulee kuitenkin olla vesihöyryä läpäisevä, jotta sisältäpäin tuleva kosteus pääsee tuulettumaan ulos. Kosteus ei saa jäädä pintakäsittelymateriaalin alle, koska muutoin pinnoite turmeltuu.

Rappaus on tyypillinen pintakäsittely eristeharkkorakenteisissa ulkoseinissä. Erivärisillä laasteilla ja eripaksuisilla sekä -peittävillä rappaustekniikoilla voidaan luoda rakennuksen ulkoseinälle haluttu ilme. Lopullinen rappaus suositellaan tehtäväksi yhden lämmityskauden jälkeen, jolloin rakennuksen rungon rakennekosteudesta suurin osa on poistunut eikä kutistumista merkittävässä määrin enää tapahdu. Rappauksen ajankohta kannattaa varmistaa laastivalmistajalta ja harkkotoimittajalta. Myös harkkopinnan ja saumojen tiiviys ensimmäisen lämmityskauden aikana tulee varmistaa, jos rappausta ei tehdä heti rakennuksen valmistuttua.

Rappauksissa käytetään laastiyhdistelmiä, joiden rappauskerrosten vesihöyrynläpäisevyys kasvaa ulkopintaa kohden.

Rappauslaasti toimitetaan työmaalle yleensä säkeissä. Vesi sekoitetaan laastiin ohjeiden mukaan. Pienten erien sekoittamiseen voidaan käyttää laastivispilää, mutta suurempien laastimäärien sekoittamiseen tarvitaan laastin sekoittamiseen soveltuva betonimylly. Laastit ja pinnoitteet levitetään ruiskulla tai tasoitteiden tapaan leveällä lastalla.

Harkkoseinä puhdistetaan epäpuhtauksista ja seinäpinnan kolot paikataan 2...3 päivää ennen rappaustöiden aloittamista. Kuiva harkkoseinä kostutetaan kevyesti ennen varsinaista pinnoitustyötä. Ennen rappausta kaikki ovien ja ikkunoiden pielet tiivistetään kosteudelta ja ilmavuodoilta.

Tarvittaessa harkkopinta pohjustetaan esim. kuitulaastilla, rakennuksen kulmiin kiinnitetään ohjurit ja ikkunapinnat yms. suojataan muoveilla. Rakenteiden liittymäkohdat vahvistetaan rappausverkoilla. Rappausverkot kiinnitetään irti seinästä siten, että ne jäävät kokonaan rappauskerroksen sisään. Liikuntasaumojen kohdalla rappaus katkaistaan halkeamien estämiseksi.

Kuva 74. *Julkisivuharkoista voidaan rakentaa näyttävä ja helppohoitoinen julkisivurakenne.*

Rappaustyön aikana ilman lämpötilan, materiaalien ja rakenteiden lämpötilan tulee olla vähintään +5 °C. Tarvittaessa käytetään säteilylämmittäjiä tai muita lämmityslaitteita. Työskentely- ja olosuhdevaatimukset varmistetaan materiaalivalmistajan ohjeista.

Kolmikerrosrappaus muodostuu tartuntarappauksesta, täyttörappauksesta ja pintarappauksesta. Kolmikerrosrappauksella saadaan peitettyä kaikki seinän epätasaisuudet. Pinta voidaan lopuksi hiertää sileäksi puu- tai teräslastalla.

Tartuntarappauksen tarkoituksena on lisätä täyttörappauksen tartuntapintaa rappausalustaan sekä tasata alustan imua. Sen paksuus on tyypillisesti 0-8 mm. Tartuntalaastia ei tarvitse tasoittaa.

Täyttörappauksella tasataan alustan epätasaisuudet. Täyttörappaus on tyypillisesti 10...30 mm paksu, ja se voidaan tehdä useampana kerroksena. Täyttörappaus tasoitetaan esimerkiksi oikolaudalla tai puuhiertimellä. Täyttörappauksen tulee antaa kuivua ennen pintarappausta. Täyttörappauskerroksessa käytetty kuumasinkitty rappausverkko parantaa pintarappauksen tartuntaa.

Pintarappauksella luodaan rapatulle julkisivulle haluttu pinta ja väri. Pintarappaus voidaan tehdä jollakin sitä varten kehitetyllä erikoislaastilla tai -pinnoitteella. Pintarappauksen paksuus on pinnan karkeudesta riippuen 3-8 mm.

Kuva 75. *Julkisivurappaus viimeistelee rakennuksen ulkoasun. Varmista rappausajankohta harkkovalmistajan ohjeista. Halkeilun välttämiseksi harkkojulkisivu rapataan yleensä yhden lämmityskauden jälkeen.*

Kolmikerrosrapattu pinta voi olla hierretty, ruiskutettu tai harjattu. Lopullinen pintakäsittely voidaan tehdä jollakin värillisellä julkisivulaastilla tai muulla kiviainespinnoitteella. Yleensä julkisivutöissä käytetään paineruiskulla levitettäviä värillisiä laasteja, jotka levitetään kahtena kerroksena. Ensimmäisen kerroksen ei tarvitse olla täysin peittävä.

Kaksikerrosrappaus on muuten samanlainen kuin kolmikerrosrappaus, mutta siitä puuttuu tartuntarappauskerros. Kaksikerrosrappauksessa ensimmäisellä kerroksella tasoitetaan epätasaisuudet ja toisena kerroksena tehdään varsinainen pintarappaus. Halkeilun estämiseksi laastina voidaan käyttää kuitulaasteja. Kaksikerrosrappauksessa oikaisulaasti levitetään seinään joko koneella tai käsin. Pintakerros rapataan 1...3 vuorokauden kuluttua epätasaisuudet peittävästä oikaisurappauksesta.

Kaksikerrosrappaus sopii yleisesti tasaisille ja tasaisen imun omaaville alustoille, jolloin rappauskerroksen paksuus voidaan pitää melko ohuena, 5...15 mm. Kaksikerrosrappaus on harkkojulkisuissa yleisin pinnoite.

Ohutrappaus tehdään esimerkiksi oikaisulaastilla vetämällä laasti tasoitelastalla alhaalta ylöspäin seinään. Vaikka ohutrappaus tehdään yhdellä laastilla, laasti levitetään usein kahdessa vaiheessa. Tämän jälkeen pinta käsitellään halutun näköiseksi esim. harjaamalla pysty- tai vaakasuuntaan. Työsaumat kannattaa sijoittaa nurkkiin eli yksi seinä tehdään kerrallaan valmiiksi, jolloin työsaumat eivät näy valmiissa pinnassa. Ohutrappaus jättää harkon pintarakenteen näkyviin.

Harjaamalla tehtyä ohutrappausta kutsutaan slammaukseksi (ruotsinkielestä slamma). Slammauksesta käytetään myös nimitystä lieterappaus.

Rappauksessa käytettävät työkalut pestään huolellisesti työpäivän jälkeen.

5.10. Harkkorakentaminen talvella

Talviaikaan rakennustarvikkeet ja rakenteet tulee suojata varastoitaessa ja työskennellessä siten, että lumen ja jään kerääntyminen rakenteisiin ja rakennustarvikkeisiin estetään. Tarvittaessa muotit, harkot ja raudoitteet puhdistetaan lumesta ja jäästä esimerkiksi harjaa, lehtipuhallinta, höyrytystä tai lämmitystä apuna käyttäen. Jäätä ja lunta ei saa sulattaa suolalla raudoitusten korroosion takia vaan lämmittämällä tai höyryttämällä. Laastit ja tasoitteet suojataan kosteudelta.

Kevytsora- ja betoniharkkomuurauksessa huolehditaan laastin lämmityksestä tai käytetään pakkaslaastia. Muurattu rakenne suojataan jäätymiseltä vähintään kahden vuorokauden ajan muurauksen jälkeen. Rakennussääennusteita on saatavilla mm. Ilmatieteenlaitoksen Rakentajan sääpalvelussa.

Betonivaluharkkojen valua edeltävää kastelua ei tehdä, jos on odotettavissa lämpötilan lasku alle 0 °C:n. Käytettävät materiaalit kuten betoni ja laasti valitaan sääolosuhteiden, käytettävän suojaus- ja muottikaluston sekä kustannusten perusteella siten. Rakennesuunnittelijalta tai betonitoimittajalta varmistetaan ennen betonin tilausta mitä massaa voidaan käyttää. Betonin kovettumista voidaan nopeuttaa käyttämällä nopeasti kovettuvaa betonia tai lämmitettyä betonimassaa. Lämmitetyssä sääsuojassa voidaan käyttää tavanomaisia betonimassoja.

Tehokas betonointitapa talvella on valuharkon lämmitys ja kuumabetonin käyttö sekä valetun rakenteen suojaus peitteillä ja lämpimänä pitäminen esim. kuumailmapuhaltimen avulla. Betonoinnissa tulee ottaa huomioon, että kuumabetonin menettää notkeuttaan huomattavasti nopeammin kuin normaalilämpöinen betoni.

Betonin lujuuden kehittymistä seurataan lämpötilamittauksin tai muulla luotettavalla tavalla. Lämpötilan laskiessa alle +5 °C valu suojataan ja rakenteen lämmityksestä huolehditaan. Betoni ei saa jäätyä ennen kuin se on saavuttanut jäätymislujuutensa 5 MPa. Rakennetta ei saa myöskään kuormittaa tai muotteja purkaa ennen kuin riittävä lujuus on saavutettu. Betoni C25/30 saavuttaa jäätymislujuuden 5°C lämpötilassa noin 2,5 vuorokaudessa. Betonin lujuusluokkaa korottamalla jäätymislujuus 5 MPa saavutetaan hieman nopeammin. Jäätymislujuus tarkoittaa lujuutta, jonka saavutettuaan betonirakenne ei vahingoitu jäätyessään, mutta toistuvaa jäätymissulatusrasitusta se ei kestä.

Betonin lujuutta voidaan arvioida kypsyyslaskelmilla, joiden tekemiseen tarvitaan tiedot valetun rakenteen lämpötilatiedot valun jälkeen. Arviointi ei ole kovin tarkka, mutta pientalorakentamisessa riittävän luotettava, helppo ja edullinen menetelmä. Valmisbetonitoimittajat tarjoavat myös palvelua, jossa lujuudenkehitys arvioidaan tietokonelaskelmin tai lujuus määritetään laboratoriossa olosuhdekoekappaleista.

Lujuudenkehityksen arviointiin löytyy ohjeita Suomen Betoniyhdistyksen *Betoninormeista (2015) BY 50* tai teoksesta *Talvibetonointi (2013), betoniteollisuus ry (www.betoni.com)*. Betoni lujuudenkehityskäyrästöt auttavat ennakkosuunnitteluun. Jos käyrästöjä käytetään lujuuden arviointiin, pitää tukena olla lämpötilamittauksia rakenteesta tai vähintään säätiedot. Arvio pitää tehdä aina ns. varmalle puolelle.

Betonointipöytäkirja (kaavake by 401/2005) täytetään soveltuvin osin myös talvibetonoinnin yhteydessä. Se toimii myös talvibetonointisuunnitelmana.

Kuva 76. *Talvella tulee huolehtia riittävästä sääsuojauksesta, lämmityksestä ja liukkauden torjumisesta. Liian varhain jäätynyt betoni ei saavuta suunniteltua lujuutta ja yleensä joten rakenne joudutaan purkamaan. Purkamiskustannukset ovat moninkertaiset lämmittämiseen ja suojaukseen verrattuna.*

Jälkihoito tehdään suojaamalla valu tiiviillä suojalla, joka estää veden haihtumisen rakenteesta. Lämpötilan ollessa alle +0 °C, jälkihoitoa ei saa tehdä kastelemalla.

Talvirakentamisen muistilista

- valitse talvirakentamiseen sopivat laastit ja betonimassat
- seuraa sääennusteita
- varaudu muottien ja harkkojen lämmittämiseen ja suojaamiseen
- suojaa työmaalla varastoitavat materiaalit pressuilla ja lämpöeristeillä tai käytä sääsuojia
- suojaa rakenteet pressuilla ja lämpöeristeillä
- betoni ei saa jäätyä ennen kuin 5 MPa puristus- lujuus on saavutettu
- huolehdi valetun rakenteen lämmityksestä tai suojaamisesta, kunnes
- jäätymislujuus 5 MPa on saavutettu. Kuumailmapuhaltimet ovat hyvä tapa lämmitykseen. Puhaltimia pitää olla riittävästi!
- huolehdi rakenteen lämpötilan mittauksista tai muusta lujuuden kehityksen tarkkailusta
- pukeudu lämpimästi
- järjestä työkohteeseen riittävä valaistus
- pidä kulkutiet ja telineet hiekoitettuina sekä puhtaina lumesta ja jäästä pidä työkohteet ja telineet puhtaina, kerää kaikki muovit huolella roska-astioihin

5.11 Harkkotalon tiiviys

5.11.1 Tiiviyden merkitys

Rakennuksen vaipan tiiveys on energiatehokkaan rakennuksen tärkeä ominaisuus. Vuotoilman pienentyessä ilmanvaihto voidaan hallita paremmin eikä lämpö pääse karkaamaan rakennuksen sisä- ja ulkopuolisista paine- ja lämpötilaeroista johtuen ulos, ja vastaavasti kylmää ilmaa ei pääse virtaamaan sisälle rakennukseen. Rakennuksissa ilmatiiviyden kannalta olennaista kaikilla tiivistysmenetelmillä on työn huolellisuus sekä detaljien ja työn suunnittelu kohdekohtaisesti. Ilmatiiviyden varmistamiseksi käytettyjen ratkaisujen tulee säilyttää tiiviysominaisuutensa koko rakennuksen käyttöiän. Puutteita ilmatiiviydessä on jälkikäteen hankalaa ja kallista korjata.

Ilmanpitävyys on ensisijaisesti rakennuksen ominaisuus. Huolellisella työnsuorituksella kaikista yleisesti käytössä olevista rakennevaihtoehdoista pystytään toteuttamaan ilmanpitävyydeltään vaatimukset täyttäviä rakennuksia. Ilmavuodot ovat rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välillä vallitsevan paine-eron aiheuttamaa ilman virtausta eli konvektiota. Rakennuksen hyvä ilmanpitävyys estää haitalliset ilmavuodot ja tästä aiheutuvat lämpöhäviöt pienentäen samalla rakennuksen energiankulutusta. Ilmanpitävän rakenneosan tai kerroksen tulee jatkua yhtenäisenä koko rakennuksen vaipan ympäri, joten eri rakenneosien ilmansulkujen tulee liittyä tiiviisti ja luotettavasti toisiinsa. Kaikki saumat ja liitoskohdat tulee suunnitella ja toteuttaa huolellisesti sekä varmistaa, että lopputulosta ei pilata myöhemmin sähkö- ja LVI-asennusten tai viimeistelytöiden aikana. Kalvomaisia ilmansulkuja ei saa kuormittaa esim. yläpohjan lämmöneristeellä niin, että kuormitus voi ajan mittaan venyttää ja rikkoa kalvon tai sen jatkoskohdan.

Liikuntasaumat ja muut vastaavat rakenneosien väliset yksityiskohdat suunnitellaan ja toteutetaan niin, että rakenteiden liikkeet eivät heikennä oleellisesti saumojen ilmanpitävyyttä. Esim. liitoksissa käytetään riittävän elastista saumausmassaa, tiivistenauhaa tai irrotetaan liimattavat tai hitsattavat bitumikermit alustastaan riittävän pitkällä matkalla liikkeiden sallimiseksi.

Ilmanpitävyyden toteuttamiseen käytettyjen ratkaisujen tulee säilyä ilmanpitävinä koko rakennuksen suunnitellun käyttöiän ajan. Rakenteiden ja niiden liittymien tulee kestää esim. lämpö- ja kosteusliikkeistä aiheutuvia muodonmuutoksia ja rasituksia ilman haitallisia halkeamia ja ominaisuuksien heikentymistä.

Ilmanpitävässä rakennuksessa sisäilman laatu ja ilmanvaihto on hallittavissa ja esim. lämmön talteenotto toimii paremmalla hyötysuhteella, kun hallitsemattoman vuotoilman määrä on mahdollisimman vähäinen.

Tiivis alapohja liittymineen estää maaperässä mahdollisesti esiintyvän radonin ja mikrobien pääsyn sisäilmaan. Ilmatiiviillä rakenteilla on myös merkitystä rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. Lämpimään sisäilmaan sitoutunut vesihöyry saattaa tiivistyä rakenteeseen ilmavuotokohdissa. Alapohjan ja ulkoseinien alaosien ilmavuodot tuntuvat asukkaalle usein ikävänä vedontunteena. Ilmatiiviillä ratkaisuilla vuotokohdat poistuvat ja asumisviihtyvyys paranee. Samalla myös energiankulutus pienenee, kun sisätilan lämpötilaa ei tarvitse nostaa asumismukavuuden saavuttamiseksi. Hyvä tiiveys vaikuttaa myös rakennuksen ääneneristävyyteen ja mahdollisiin hajuhaittoihin.

Eristekerroksen kasvaessa ilmanpitävyyden merkitys kasvaa merkittävästi. Paksut eristekerrokset pitävät rakenteen ulkopinnan viileämpänä ja jo pienetkin yksittäiset ilmavuotokohdat saattavat aiheuttaa rakenteessa ongelmia.

5.11.2 Yleisimmät ilmavuotokohdat

Vuotoilma aiheuttaa noin 15–30 % lämmitysenergiantarpeesta tavanomaisessa pientalossa. Pientaloissa yleisiä ilmavuotokohtia ovat

- yläpohjan ja ulkoseinän liitoskohta
- ikkunoiden ja ovien liitos ulkoseinään
- ulkoseinän ja välipohjan liitos
- läpiviennit (hormit, LVIS –putket)
- ikkunoiden ja ovien tiivisteet

5.11.3 Ilmanpitävän harkkotalon toteuttaminen

Rakennuksen ilmatiiviys toteutetaan yleensä höyrynsulkukerroksella. Ilmanpitävän kerroksen tulee jatkua yhtenäisenä koko rakennuksen vaipan ympäri ja höyrynsulkumuovin jatkosten tulee liittyä tiiviisti toisiinsa. Tähän ei päästä pelkästään hyvin suunniteltujen detaljien avulla, vaan työnjohdolla ja työntekijöillä täytyy olla riittävä tietämys tiiviin talon merkityksestä ja motivaatiota sen toteuttamiseen.

Muuratuilla kevytsorabetoniharkkoseinillä rakenteen ilmanpitävyys varmistetaan rakenteen pintakäsittelyillä (vähintään slammaus tai tasoite). Harkkojen väliset saumat eivät ole riittävän ilmanpitäviä ja usein esim. muurauksessa pystysaumassa ei käytetä laastia. Rakenteessa mahdollisesti syntyneet halkeamat voivat myös aiheuttaa ilmavuotoja. Harkkorakenteisen rungon sisäpinta tulee tasoittaa kauttaaltaan. Tasoitekerroksen tulee liittyä tiiviisti muiden rakennusosien sekä ikkunoiden ja ovien ilmanpitäviin kerroksiin.

Rakennusaikana höyrynsulkuun syntyneet reiät tulee paikata Ilmanpitäviksi.

Teippausta käytetään yleisesti höyrynsulkujen ja saumojen tiivistykseen. Teippien ja niiden liimojen pitkäaikaiskestävyys ei ole riittävä ja höyrynsulun liitosten ja jatkosten pitkäaikaiskestävyys tulee varmistaa mekaanisesti esim. listoilla tiivistä kiinnitysalustaa vasten. Putkien läpivienneissä tiivistys voidaan tehdä tehdasvalmisteisilla läpivientilaipoilla tai kauluksilla. Putkiläpiviennit voidaan tiivistää myös polyuretaanivaahdolla tai elastisella kitillä, mikäli ympäröivä pinta on riittävän jäykkä esim. harkkorakenne tai betoni.

Mikäli läpivienti tehdään osastoivaan rakenneosaan, tulee käyttää hyväksyttyjä palokatkotuotteita.

Savuhormien läpivienneissä tulee ottaa huomioon palomääräysten asettamat rajoitukset *(ks. Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Osa E3. Pienten savupiippujen rakenteet ja paloturvallisuus).*

5.11.4 Tiivistysohjeita ja detaljeja

Maanvarainen alapohja

Maanvarainen alapohja tulee yleensä tiivistää radon kaasun takia.
Saman ratkaisut tiivistävät alapohjan yleensä myös ilmavuotoja vastaan.

Radontiivistystä on käsitelty *kohdassa 5.1.5*

Ryömintätilainen alapohja

Kivirakenteinen tuulettuva alapohja tehdään yleensä ontelolaatoista, joiden alapuolelle on kiinnitetty valmiiksi lämmöneristyslevy. Lämmöneriste voidaan kiinnittää myös jälkikäteen laatan yläpuolelle. Samoin kuin betonielementtirakenteisten yläpohjien kohdalla, myös alapohjien elementtisaumat vaativat erillisen ilmansulkukerroksen, koska saumavaluihin tulee käytön aikana halkeamia, joista ilma pääsee virtaamaan. Lämmöneristekerroksen yhtenäisyyden varmistamiseksi elementtien alapuolisen lämmöneristekerroksen saumat tiivistetään polyuretaanivaahdolla.

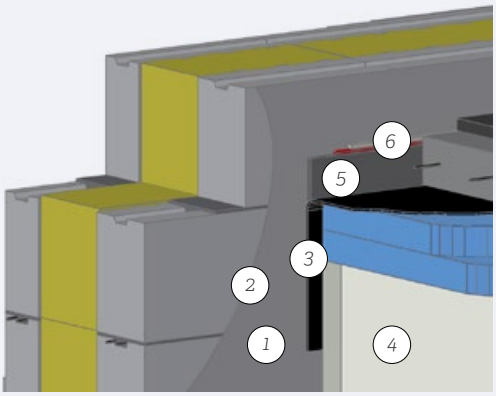
Mikäli ontelolaataston päälle tulee yhtenäinen pintabetonilaatta, ei ontelolaatan saumoja tarvitse erikseen tiivistää tiivistyskaistoilla.

Läpiviennit voidaan tiivistää samoin kuin maanvastaisilla alapohjilla.

Puurakenteinen yläpohja

Puurakenteiset yläpohjaratkaisut ovat Suomessa hyvin yleisiä myös harkkorakenteisissa rakennuksissa. Puurakenteisessa yläpohjassa höyryn- ja ilmansulkuna toimii useimmiten muovikalvo. Toinen vaihtoehto on tiivistää yläpohjan EPS- tai PU-lämmöneristelevyt polyuretaanivaahdolla.

Kalvomaisia ilmansulkuja käytettäessä tulee varmistaa etteivät lämmöneristeet pääse painamaan ilmansulkukalvoa tai sen jatkokohtaa niin, että kalvo tai jatkoskohta ajan myötä venyy tai menee rikki. Levymäiset lämmöneristeet ovat yleensä tarpeeksi jäykkiä, ettei niiden omapaino rasita normaalilla alapuolisella koolauksella (k400) tuettua ilmansulkukalvoa liikaa. Tämän vuoksi suositellaankin



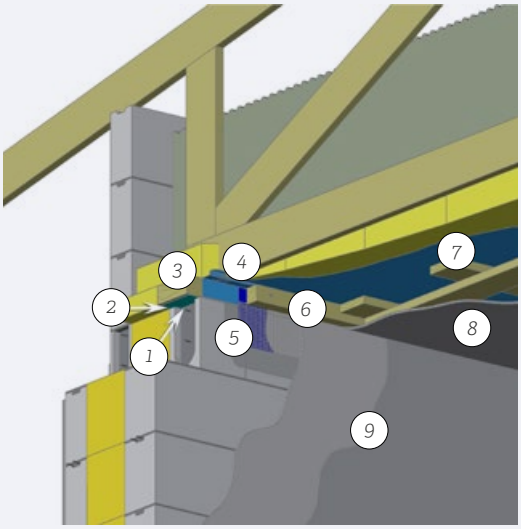
Maanvarainen alapohja

(1) Ulkoseinäsokkelin sisäpinta tasoitetaan oikaisulaastilla betonilaatan yläpinnan tasoon. (2) Tasoitekerroksen epätasaisuudet poistetaan radonkaistan alueelta (>250 mm betonilaatan alapinnasta) hiomalla. (3) Radonkaistan alue sivellään tarvittaessa kumibitumiuoksella (BIL 20/85). Radonkaista (polyesteritukikerroksinen TL2-luokan kumibitumikermi) kiinnitetään esim. kuumailmapuhaltimella ja painetaan tiiviisti sokkelia vasten. Kiinnitys tapahtuu puolenkaistan (noin 250 mm) leveydeltä betonilaatan alapuolelta. Loppuosa kaistasta kiinnitetään väliaikaisesti yläreunasta seinää vasten. Lattiaeristeiden asennuksen jälkeen radonkaista käännetään eristeen päälle. Pituussuunnassa kermit limitetään jatkoskohdista vähintään 100mm. (4) Asennetaan mahdollinen lisäeristys sokkelia vasten. (5) Betonilaatan irrotuskaista asennetaan sokkelia vasten. Kaista katkaistaan laatan tasosta laatan valun jälkeen ennen seinien pinnoitusta. (6) Umpisoluinen polyeteeninauha sullotaan seinän ja lattian rakoon noin 20 mm:n syvyyteen. Rako imuroidaan huolellisesti ja pohjustetaan tarvittaessa pohjusteaineella sekä tiivistetään elastisella saumamassalla.

Tiivistys tehdään mahdollisimman myöhään, juuri ennen lopullista pinnoitusta.

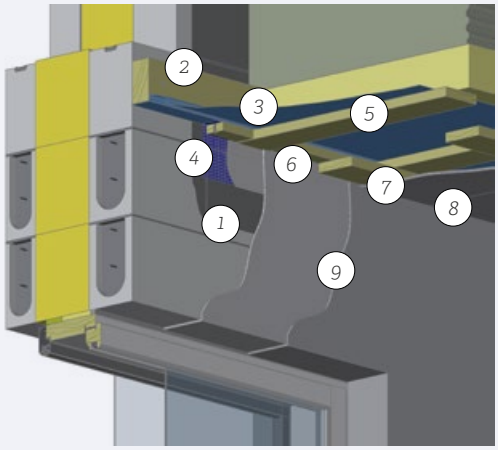
levymäisen lämmöneristeen käyttöä alimpana kerroksena myös puhallettavilla lämmöneristeillä tai kevyillä lämmöneristeillä eristetyssä yläpohjassa.

Kevyet puhallettavat lämmöneristeet voidaan asentaa yläpohjissa suoraan kalvomaisen ilmasulun varaan, jos kalvon haitallinen painuma on estetty alapuolelta riittävän tiheällä rimoituksella tai laudoituksella.



Puuyläpohjan liitos harkkoulkoseinään sivuseinillä

(1) Ylimmän harkon yläpinta oikaistaan tarvittaessa. (2) Yläjuoksun ja seinän väliin asennetaan tiivistyskaista (esim. polyeteenikaista). (3) Yläjuoksu kiinnitetään RST-kierretangoin k600 sekä asennetaan kattokannattajat. (4) Höyrynsulku 0,2 mm (PEL E 200, standardin SFS-EN 13984 mukainen kalvo) laskostetaan ja taitetaan yläjuoksua vasten noin 50 mm leveydeltä ja kiinnitetään alustavasti nitojalla k100...k150. (5) Liitoskankaan (esim. Contega PV) liimareuna painetaan höyrynsulun pystytaitosta vasten. Liitoskangas kiinnitetään tasoitemassalla seinään lastaa apuna käyttäen. Kiinnityksessä liitoskankaan verkko-osa sekä noin 3 cm huopakangasosuutta taittuvat seinäosalle. Loppuosa huopaosuudesta kiinnittyy höyrynsulkumuoviin. (6) Liitoskankaan ja muovin päälle asennetaan rima 44x44 mm, joka kiinnitetään ruuvein R3.5x60 k300. Liitoksessa on huolehdittava siitä, että rima puristuu tasaisesti yläjuoksua vasten. (7) Ristiin koolaus rakennetyypin mukaan. (8) Katon verhous rakennetyypin mukaan. (9) Seinän tasoitus.

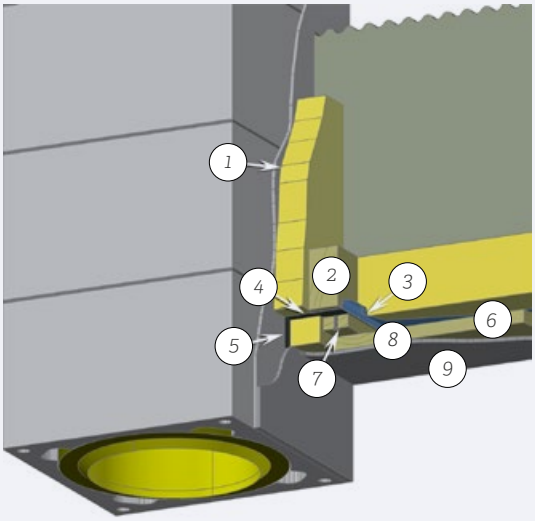


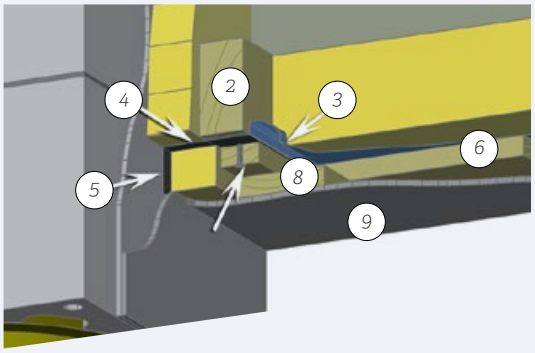
Puuyläpohjan liitos harkkoulkoseinään päätyseinillä

(1) Päätyseinään tehdään oikaisulaastilla tasoitekaista, jonka alapinta ulottuu noin 100 mm valmiin kattopinnan alapuolelle ja yläpinta noin 50 mm eristetason yläpuolelle. (2) Tukipuu 50x100 mm kiinnitetään seinään tulpparuuvein R 5.0x100 k400. (3) Kattokannattajien asennuksen jälkeen asennetaan höyrynsulku 0,2 mm (PEL E 200, standardin SFS-EN 13984 mukainen kalvo) reunalaskos tukipuuta vasten. Höyrynsulku kiinnitetään nitojalla k100..k150. (4) Liitosnauhan (esim. Contega PV) teippiosa kiinnitetään tukipuun 50x100 mm ulommaiseen reunaan ja painetaan höyrynsulkumuovia vasten. Liitosnauha kiinnitetään tasoitemassalla ja lastalla painaen seinää vasten. Kiinnityksessä liitosnauhan verkko-osa sekä noin 3 cm huopakangasosuutta taittuvat seinäosalle. Loppuosa huopaosuudesta kiinnittyy höyrynsulkumuoviin. (5) Kattokoolauksen 1. kerros asennetaan. (6) Koolausten väliin asennetaan 22x50 puristusrima, joka kiinnitetään ruuveilla R3.5x50 k300. Liitoksessa on huolehdittava siitä, että rima puristuu tasaisesti tukipuuta vasten. (7) Koolauksen 2. kerros asennetaan. (8) Katon verhous rakennetyypin mukaan. (9) Seinän tasoitus.

Hormin liitos yläpohjaan

(1) Harkkorakenteisen hormin pinta tasoitetaan sementtisideaineisella tasoitteella tai oikaisulaastilla. Tasoituksen tulee ulottua vähintään apukoolauksen/kattoristikon alapinnan tasoon. (2) Apukoolaus 50x100 mm tai kattoristikko asennetaan hormin ympärille huomioiden samalla hormityypin vaatima suojaetäisyys. (3) Palovilla ≥ 20 mm asennetaan apukoolauksen ja hormin väliin siten, että sen yläpinta ulottuu noin 100 mm yläpohjaeristeen yläpintaa korkeammalle. Palovillan alapinta tulee apukoolauksen alapinnan tasalle. (4) Höyrynsulkumuovi 0,2 mm asennetaan apukoolausta vasten siten, että höyrynsulkumuoviin syntyy pieni laskostus. Höyrynsulku kiinnitetään apukoolaukseen nitojalla k100..k150. (5) Hormin tiivistysteippi (kokonaisleveys150 mm) kiinnitetään saumakohtaan siten, että teipin reuna asettuu apukoolauksen huoneen puoleisen reunan tasoon. Teipin toinen puoli kiinnitetään hormia vasten. Teipin asennus aloitetaan apukoolauksen huoneen puoleisesta reunasta hormia kohden. (6) Asennetaan katon ristiin koolauksen 1. kerros. (7) Koolausten väliin asennetaan 22x50 mm puristusrima, joka kiinnitetään apukoolaukseen ruuveilla R3.5x50 k300. Liitoksessa riman tulee kiinnittyä tasaisesti apukoolausta vasten, jotta liitoksesta tulisi tiivis. (8) Asennetaan ristiin koolauksen 2. kerros. Ristikoolauksen ja hormin välinen tila täytetään palovillalla. (9) Katon verhous tehdään rakennetyypin mukaan.





Ilmansulkukalvon jatkokset tulee yläpohjissa limittää ja teipata yhteen ja puristaa teipattu jatkos puurimoilla tiiviisti yhteen kattokannatteiden alapaarteisiin ja/tai vastakappalerimoihin. Ilmansulkukalvoa ja lämmöneristettä voidaan tukea myös alapuolisella rakennuslevyllä.

Alakatoissa kuljetetaan sähköjohtoja, joten sisäverhouslevyn tai paneloinnin väliin tulee jättää riittävä asennusvara johdoille ja asennusrasioille (ristiin koolaus, soirot).

Kivirakenteinen yläpohja

Ontelolaatta ja muut teräsbetonielementit sekä kevytbetonielementit ovat rakenneosana ilmanpitäviä, mutta elementtien välisiin saumoihin on tulee usein halkeamia, joista ilmaa pääsee haitallisessa määrin rakenteen läpi. Elementtien välisten saumojen tiivistykseen käytetään yleensä leveydeltään vähintään 200 mm bitumikermikaistoja, jotka kiinnitetään hitsaamalla tai liimaamalla.

5.12 Työturvallisuus harkkorakentamisessa

Tyypillisiä harkkorakentamisen tapaturmia ovat putoamiset, liukastumiset, kompastumiset. Lisäksi harkkojen käsittely ja työstö voi aiheuttaa vammoja käsille tai pääalueelle kuten silmille. Onnettomuusriski kasvaa talviolosuhteissa työskenneltäessä pimeässä, hämärässä tai liukkailla, lumisilla tai jäisillä telineillä. Työmaalle tulee järjestää riittävä valaistus sekä turvalliset, hiekoitetut kulkutiet sekä tukevat ja kaiteilla varustetut telineet ja työtasot. Työtasoissa olevat aukot tulee peittää esimerkiksi levyllä, joka ei saa olla liukas eikä saa siirtyä pois paikaltaan.

Työmaan siisteys lisää turvallisuutta. Työmaan jätteet tulee lajitella niille varattuihin astioihin. Rakennusmateriaalit ja kalusto puolestaan varastoidaan suunnitelmien mukaisiin varastointipaikkoihin.

Käytettävien koneiden, laitteiden ja virtalähteiden turvallisuudesta ja toimivuudesta tulee huolehtia. Viallisia koneita ja laitteita ei saa käyttää.

Erilaiset rasitusvammat ovat tyypillisiä harkkorakentamisessa. Harkkorakentajan tuleekin kiinnittää huomiota ergonomisiin työasentoihin ja pyrkiä työskentelemään selkä suorana sopivan korkuisilla ja tukevilla työtasoilla. Harkkojen nostoissa tulee välttää vartalon taivuttamista tai selän kiertoliikkeitä. Siirroissa kannattaa käyttää erilaisia kuljetuskärryjä tai muita apuvälineitä rasituksen vähentämiseksi.

Talviaikana työskennellessä tulee muistaa riittävä vaatetus. Erikoisesti päänalue ja kädet ovat alttiita kylmän ja tuulen vaikutuksille. Lisätietoja kylmän vaikutuksista voi lukea mm. *Rakentajan kylmäoppaasta (Työterveyslaitos).*

Telineet

Työtaso

- leveys vähintään 1,8 m, jos tasoa käytetään työskentelyyn, työssä käytettävän materiaalin välivarastointiin ja tavaran siirtoon
- leveys vähintään 0,6 m, jos tasoa käytetään vain työskentelyyn
- ei aukkoja joihin voi pudota, työtasossa olevat raot saavat olla enintään 30 mm
- pinta ei saa olla liukas, eikä pinnassa saa olla haitallisia taipumia

Kaiteet

- 1,0 m korkeat kaiteet, jos putoamiskorkeus on yli 2,0 m kaiteet myös seinänpuolella, jos työtason ja seinän etäisyys on yli 250 mm.

(Lähde: Rakennustöiden laatu 2009)

Turvallisesti työskentelevä harkkorakentaja käyttää

- aina kypärää, silmiensuojia, turvajalkineita, suojakäsineitä, suojahaalaria sekä huomioliivejä
- laastin sekoituksessa ja harkkoja leikatessa, roilotessa, hioessa ja poratessa hengityssuojaimia
- harkkoja työstettäessä, laastinsekoituksessa ja harkkojen valussa kuulon suojaimia
- turvavaljaita aina, kun putoamiskorkeus on yli 2,0 eikä riittävää putoamissuojausta voida järjestää esimerkiksi kaiteiden avulla

KUULOSUOJAIMET

Suojaavat korvia haitalliselta melulta. 85 dB melualtistus ylittyy rakennustyömaalla useissa työvaiheissa. Tulppasuojaimia käytettäessä huolellinen asennus on kaiken a & o.

HENKILÖTUNNISTE

Kuvallinen henkilötunniste kertoo kuka olet ja kuka on työnantajasi ja että olet ammattilainen.

HUOMIOLIIVI

Kirkkaan keltainen liivi tai huomioväritetyt vaatteet lisäävät näkyvyyttä.

SUOJAVAATETUS

Vahva palosuojattu materiaali, jolla on suojausominaisuus ja mahdollisesti huomioväritys.

SUOJAKYPÄRÄ

Suojaa päätä kolhuilta ja iskuilta. Lähes kaikessa rakentamisessa on käytettävä kypärää. Kypärään voi olla yhdistettynä suojavisiiri ja kuulosuojaimet.

SUOJALASIT

Suojaavat silmiä mm. sahaus-, hionta- ja piikkaustöissä sekä pulttipistoolin ja naulaimen käytössä.

SUOJAKÄSINEET

Rakentamisessa tulee käyttää työtehtävään soveltuvia käsineitä. Käsineet suojaavat pistoilta, viilloilta, kemikaaleilta ja kipinöiltä.

POLVISUOJAT

Suojaavat polvia liialliselta rasitukselta ja kulumiselta.

TURVAJALKINEET

Suojaavat jalkoihin ja jalkateriin kohdistuvilta tapaturmilta.

Kuva 65. *Rakennustyöntekijän henkilökohtaiset suojaimet. Rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa työmaansa turvallisuudesta.*

PORAUS- JA PIIKKAUSTÖISSÄ

suojalasit, kuulonsuojaimet ja hengityksensuojain.

SIRKKELILLÄ TYÖSKENNELTÄESSÄ

suojalasit, kuulonsuojaimet ja hengityksensuojain.

PUTOAMISSUOJAUS

järjestetään ensisijaisesti kaiteilla. Kun tämä ei onnistu, käytetään turvavaljaita.

5.13. Harkkotalon paloturvallisuus

Asuinrakennuksissa on oltava sähköverkkoon kytkettävät palovaroittimet huoneistokohtaisesti. Palovaroittimet on varustettava sähkökatkojen varalta paristolla tai akulla.

Pientaloissa palosuojausta vaaditaan yleensä, jos rakennuksen yhteydessä on pannuhuone, autotalli tai -katos, tai jos muut rakennukset sijaitsevat alle 8 metrin päässä talosta. Hormien ja väli- sekä yläpohjan läpiviennit sekä kiukaan suojaetäisyydet otetaan suunnittelussa ja rakentamisessa huomioon. Myös takan suojaetäisyydet tarkistetaan rakentamismääräyskokoelmista sekä valmistajan ohjeista.

Rakennukset jaetaan kolmeen luokkaan (P1, P2, P3) niiden palonkestävyyden perusteella. Rakennuksen paloluokka määritetään rakennuslupahakemusvaiheessa. Rakenteiden ja rakennusosien paloluokat merkitään piirustuksiin: R (kantavuus), E (tiiviys) ja I (eristävyys). Merkintöjen R, REI, RE, EI, E jälkeen ilmoitetaan palonkestävyysaika minuutteina esim. REI60. Paloluokitelluissa ikkunoissa ja ovissa käytetään vastaavia merkintöjä. Paloluokitellussa seinässä olevan palo-oven paloluokitus voi olla erilainen kuin seinän. Esimerkiksi REI 60 paloseinässä olevan oven luokka voi olla EI 30. Paloluokitelluissa ovissa tulee olla paloluokkaa osoittava tyyppihyväksyntämerkintä. Palo-ovet ja ikkunat tiivistetään runkorakenteisiin palovillalla tai tarkoitukseen tehdyllä polyuretaanivaahdolla.

Harkkorakenteiset seinät täyttävät yleensä varsin ohuilla rakennepaksuuksilla palotekniset vaatimukset pientaloissa ja asuinrakennuksissa. Esimerkiksi 100 mm paksuinen harkkoseinä soveltuu käytettäväksi:

- osastoivana kantamattomana seinänä (luokka EI 120) rakennuksen koosta, käyttötarkoituksesta ja palokuormasta riippumatta
- kantavana rakenteena kaikissa P2 ja P3-luokan rakennuksissa (luokka osastoivana REI 60 ja osaston sisäisenä kantavana R 30) sekä
- palomuurina P3-luokan rakennuksissa, kun palokuorma on alle 600 MJ/m^2 (luokka EI-M 60).

Harkkoseinien pintakerroksien tulee vastata seinälle asetettuja vaatimuksia.

Kirjallisuutta

Standardeja

Kevytsoraharkot ja muurattavat betoniharkot:

SFS-EN 771-3+A1 Muurauskoekappaleiden spesifikaatiot.
Osa 3: Betoniharkot (normaalipainoinen kiviaines ja kevytrunkoaine), 2012
SFS 7001 Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot, 2013

Betonimuottiharkot:

SFS-EN 15435 Betonivalmisosat.
Muottiharkot normaalipainoisesta ja kevytkiviainesbetonista. Tuoteominaisuudet, 2008
SFS 7018 Betonimuottiharkoille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot, 2010

Muurauslaastit:

SFS-EN 998-2 Laastien spesifikaatiot. osa 2: Muurauslaastit, 2010

Muita standardeja:

SFS-EN 845-1. Muurattuja rakenteita täydentävien tuotteiden spesifikaatiot.
Osa 1: Muuraussiteet, kiinnitysvanteet, palkkikannakkeet ja konsolit, 2013
SFS-EN 998-1 Laastien spesifikaatiot. Osa 1. Rappaus ja tasoitelaastit

Rakenteiden suunnittelun eurokoodeja:

EN 1990 Rakenteiden suunnitteluperusteet, 2010
EN 1991 Rakenteiden kuormat, 2013
EN 1992 Betonirakenteiden suunnittelu, 2015
EN 1996 Muurattujen rakenteiden suunnittelu, 2013
EN 1997 Geotekninen suunnittelu, 2014

Suomen rakentamismääräyskokoelma

A Yleinen osa

A4 Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, määräykset ja ohjeet, 2000
A5 Kaavamerkinnät, määräykset, 2000

B Rakenteiden lujuus

B9 Betoniharkkorakenteet, ohjeet 1993

C Eristykset

C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet 1998
C2 Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998
C4 Lämmöneristys, ohjeet 2003

D LVI JA energiatalous

D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot , määräykset ja ohjeet 2007
D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot , määräykset ja ohjeet, muutos 2010
D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012
D3 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012
D4 LVI-piirrosmerkit, ohjeet 1978
D4 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta, ohjeet 2012

E Rakenteellinen paloturvallisuus

E1Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011
E2 Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, ohjeet 2005
E3 Pienten savupiippujen rakenteet ja paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2007
E4 Autosuojien paloturvallisuus, ohjeet 2005
E8 Muuratut tulisijat, ohjeet 1985

F Yleinen rakennussuunnittelu

F1 Esteetön rakennus, määräykset ja ohjeet 2005

G Asuntorakentaminen

G1 Asuntosuunnittelu, määräykset ja ohjeet 2005

RT-julkaisuja

RunkoRYL 2010 osa 5 Kivirakentaminen, 2010
RT 10-10619 Asuinrakennushankkeen pohjatutkimus ja pohjarakennussuunnittelu
RT 81-10427 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus
RT 12-10277 Rakennuksen pinta-alat
RT 13-10927 Suunnittelupalvelun tarjouspyyntö,
RT 16-10700 Rakennuttamiskilpailun malli
RT 16-10744 Urakkatarjouspyynnön ja urakkatarjouksen
RT 81-11099 Radonin torjunta, 2012
RT 82-10868 Pientalon kivirakenteet, 2006
RT 82-10588 Harkkorakenteiden suunnittelu, 1995
RT 82-10608 Muuratut julkisivut. Korjausrakentaminen. 1996
RT 82-10890 Ulkoseinärakenteita, 2007
RT 82-10903 Väliseinärakenteita, 2007

Muita julkaisuja

Betonituotteet ympäristörakentamisessa, Rakennusteollisuus RT ry, Betonitieto Oy, 2006

Betonilattiat 2014, BY 45, Suomen Betoniyhdistys ry, 2014

Betonilattioiden pinnoitusohjeet, BY 54, Suomen Betoniyhdistys ry, 2010

Rappauskirja 2005, BY 46, Suomen Betoniyhdistys ry, 2005

Eriste- ja levyrappaus, BY 57, Suomen Betoniyhdistys ry, 2011

Betoninormit 2015, BY 50, Suomen Betoniyhdistys ry, 2015

Harkkorakentaminen – Ohjeita hankkeen eri osapuolille, Jari Kuosa, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Betonitieto Oy, Tampere 2002

Harkkorakentaminen – Ohjeita urakoitsijalle, Jari Kuosa, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Betonitieto Oy, Tampere 2002

Harkkorakentaminen – Ohjeita pientalon rakentajalle, Jari Kuosa, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Betonitieto Oy, Tampere 2002

Muuraus-, laatoitus- ja rappaustyöt, Seppo Huhtiniemi ja Ilkka Knuuttila, Alfamer kustannus Oy, 2006

RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohje, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2012

RIL 261-2013 Routasuojaus –rakennukset ja infrarakenteet, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2013

RIL 206-2010 Muurattujen rakenteiden suunnitteluohje, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 2010

RIL 200-1994 Betoniharkkorakenteet, Ohjeet 1993. Mitoitustaulukot ja käyrästöt, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 1993

Talvibetonointi 2013, Betoniteollisuus ry (www.betoni.com)

Betonilattiat kortisto, Suomen Betonilattiayhdistys ry, Betoniteollisuus ry, Rakennusteollisuuus RT ry, 2012

Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi, Tarja Merikallio, Betoniteollisuus ry, 2011

Matalaenergiaharkkotalo. Pientalojen energiankulutuksen vertailulaskelmia, VTT tutkimusraportti RTE 627/05, VTT Rakennus ja yhdyskuntatekniikka, Espoo 2005

Betonituotteiden kuluttajakaupan yleiset sopimusehdot 2004, Rakennusteollisuus RT ry

Hyödyllisiä internet-sivuja:

www.hb.fi
www.kouvolanbetoni.fi
www.lakka.fi
www.lujabetoni.fi
www.e-weber.fi
www.rakennusbetoni.fi
www.lamminbetoni.fi
www.rudus.fi
www.harkkokivitalo.fi
www.rakennustieto.fi
www.betoni.com
www.betoniyhdistys.fi
www.pihakivi.com