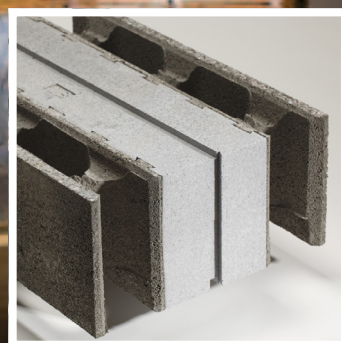
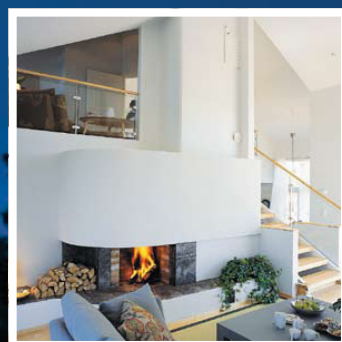


Tuomas Palolahti, Tarja Mäki et. al.

Harkkokäsikirja

KEVYTSORAHARKOT JA BETONIHARKOT



Betoniteollisuus ry

betoni

Harkkokäsikirja

Kevytsoraharkot ja betoniharkot

Tekijät DI Tuomas Palolahti, , Mittaviiva Oy
DI, KM Tarja Mäki, Mittaviiva Oy
DI Timo Tikanoja Rakennusteollisuus RT ry, liite 1
rak.ins. Joni Sundström Insinööritoimisto Konstru Oy, liite 1
DI Petri Mattila, PT Mattila Ky, luku 3.3

Julkaisija Betoniteollisuus ry

Kustantaja Suomen Rakennusmedia Oy

ISBN

© Betoniteollisuus ry

Helsinki 2010

HARKKOKÄSIKIRJA

KEVYTSORAHARKOT JA BETONIHARKOT

Tuomas Palolahti, Tarja Mäki et. al.

betoni

Sisällysluettelo

Esipuhe	5
1 Johdanto	6
2 Harkot rakennusmateriaalina	8
2.1 Kevytsoraharkot	9
2.2 Betoniharkot	16
3 Hankkeen suunnittelu ja organisointi	23
3.1 Pientalohankkeen vaiheet ja osapuolet	23
3.5 Harkkorakentamisen aikataulu- ja kustannussuunnittelu	39
3.6 Työmaan hankinnat	43
3.7 Toteutuksen valvonta ja ohjaus	48
4 Harkkorakentaminen	49
4.1 Maatyöt	49
4.2 Perustukset	57
Harkkorakentaminen talvella	64
4.4 Väliseinät	81
4.5 Väli- ja yläpohjat	83
4.6 Putkitukset ja kiinnitykset harkkoseiniin	87
4.7 Palosuojaus	88
4.8 Sisäseinien ja -kattojen pintakäsittelyt	89
4.9 Julkisivun pintakäsittelyt	93
Kirjallisuutta	96
Liite 1 Muurattujen harkkorakenteiden mitoitus	99
1.1 Eurokoodimitoituksen perusteet	99
1.2 Muurattujen rakenteiden eurokoodimitoituksen perusteet	100
1.3 Materiaaliominaisuudet	101
1.4 Maanpaineseinän mitoitus	107
1.6 Muuratun seinän mitoitus pääasiassa taivutukselle	113
1.7 Jäykistävät seinät	114
1.8 Paikallinen puristuskestävyys	116
1.9 Esimerkkitalon mitoitus	118

Esipuhe

Kevytsoraharkkojen valmistus aloitettiin Suomessa 1950-luvulla. Vuosikymmenen alussa perustettiin ensimmäinen kevytsoratehdas ja vähän myöhemmin aloitettiin kevytsoraharkkojen valmistaminen. Polyuretaani- tai EPS-eristeharkkojen käyttö alkoi Suomessa 1970-luvulla. Vuosien saatossa kevytsoraharkkojen valmistus ja käyttö on lisääntynyt sekä käyttökohteet monipuolistuneet. Kevytsoraharkot tunnetaan yleisesti puhekielessä Leca-harkkona.

Betoniharkkoja on valmistettu 1940-luvulta saakka. Aluksi niitä käytettiin erityisesti maatalous- ja pienteollisuusrakentamisessa. 1970-luvulla markkinoille tulivat betonivaluharkko ja lämpöeristetty muurattava betoniharkko. 1980-luvun lopulla kehitettiin EPS-eristetyt betonivaluharkot. Eristettyjen ladottavien muottiharkkojen suosio on kasvanut 1990–2000-luvuilla, samalla kun valmistajien määrä kasvanut.

Harkkorakentaminen on saavuttanut vankan jalansijan suomalaisessa rakentamisessa. Erityisesti kiitosta saavat harkkojen ilmanpitävyys, kosteudenkestävyys, lämmöneristysominaisuudet, rakenteellinen lujuus ja käsiteltävyys työmailla. Harkkorakentaminen ovat saavuttanut erityisesti suosiota omatoimisten rakentajien keskuudessa. Esimerkiksi pientalojen perustuksista yli puolet rakennetaan harkkorakenteisina. Tätä puoltavat harkkojen erinomainen rakennettavuus, rakenneratkaisujen joustavuus sekä pieni työmenekki.

Tässä käsikirjassa esitellään harkkoja rakennusmateriaalina, hankkeen suunnittelua ja läpivientiä sekä ohjeita harkkorakentamiseen. Liitteessä 1 on kuvattu muurattujen harkkorakenteiden eurokoodimitoitus. Kirjan on tarkoitus auttaa rakennushankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa, mutta kirjaa voidaan käyttää myös rakennusalan koulutuksessa eri koulutusasteilla.

Muottiharkkorakenteiden suunnitteluohjeet ovat päivittymässä ja niihin liittyvät suunnitteluohjeet lisätään tähän kirjaan myöhemmin. Uudet suunnitteluohjeet perustuvat betonieurokoodiin SFS-EN1992-1-1 ja ne tullaan julkaisemaan todennäköisesti SFS-EN1992-1-1 kansallisen liitteen yhteydessä. Toistaiseksi muottiharkkorakenteet suunnitellaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B9 mukaisesti.

Harkkokäsikirjan laatimista on ohjannut DI Seppo Petrov Betoniteollisuus ry:stä. Tekstin ovat kirjoittaneet DI Tuomas Palolahti ja DI, KM Tarja Mäki Mittaviiva Oystä. Liitteen Rakenteiden mitoitus ovat kirjoittaneet DI Timo Tikanoja Rakennusteollisuus RT rystä sekä rakennusinsinööri Joni Sundström Insinööritoimisto Konstru Oy:stä. Luvun 3.3 Harkkorakentamisen energiatehokkuus on kirjoittanut DI Petri Mattila PT Mattila Ky:stä. Tarja Mäki ja tekn.yo Matti Lahtinen ovat taittaneet kirjan. Arkkitehti Hannu Penttilä ja tutkija Christian Kivimäki Mittaviiva Oystä ovat uudistaneet kirjan kuvituksen.

1 Johdanto

Kevytsora- ja betoniharkot ovat erinomainen rakennusmateriaali erilaisiin käyttötarkoituksiin. Harkkojen hyvä kosteudenkestävyys, ilmanpitävyys, palon- ja ääneneristyskyky sekä vähäinen huoltotarve ovat omiaan luomaan toimivan ja turvallisen rakennuksen asua ja käyttä. Edellä luetellut ominaisuudet takaavat alhaiset käytönaikaiset kustannukset, mutta parantavat myös asumisviihtyvyyttä ja rakennuksen energiatehokkuutta.

Harkkorakenteilla voidaan joustavasti toteuttaa erilaisia muoto- ja tilaratkaisuja, jotka muilla rakennusmateriaaleilla olisivat huomattavan vaikeita ja kalliita toteuttaa. 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 kovapalasaaha, kulmahiomakone sekä vesivaaka. Valettavilla harkoilla käytetään tärysauvaa sekä harkkojen työstämisessä timanttilaikkaa.

Tarkoituksenmukaiset työvälineet helpottavat työtä ja takaavat hyvän lopputuloksen. Laitteita, koneita ja telineitä saa vuokrata rakennuskonevuokraamoista eri puolilla Suomea.

Harkkovalikoima on monipuolinen. Saatavilla on kevytsora- ja betoniharkkoja, jotka jaetaan työmene- telmänsä mukaan muurattaviin, ladottaviin ja valet- taviin sekä liimattaviin harkkoihin. Lisäksi harkkoja on saatavilla eristämättöminä ja eristeharkkoina. Vakio- harkkojen lisäksi harkkoja on tarjolla moniin erikois- rakenteisiin kuten perustuksiin, väliseiniin, pilareihin, palkkeihin ja hormeihin. Näin aukkojen ylitykset sekä rakennuksen nurkat ja kulmat voidaan toteuttaa hel- posti ja laadukkaasti valmiilla harkkotuotteilla.

Harkkorakentamisen eräs erikoispiirre on moduuli- mitoitus, jonka avulla vakiomittaisia harkkoja käyt- tämällä voidaan jo suunnitteluvaiheessa poistaa mo- net toteutukseltaan vaikeat ja kustannuksia lisäävät rakenneratkaisut. Harkkorakentamiseen perehtyneitä suunnittelijoita löytyy useimmilta paikkakunnilta. Rakennushankkeeseen ryhtyvä voi hyödyntää myös harkkovalmistajien valmiita suunnitelmia tai raken- neratkaisuja, joissa on luonnollisesti jo otettu huomi- oon harkkorakentamisen erityispiirteet. Harkot ovatkin rakennus- ja käyttökustannuksiltaan kilpailukykyinen vaihtoehto muille rakennusmateriaaleille niin uudis- kuin korjausrakentamisessa.



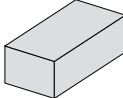
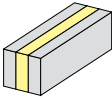
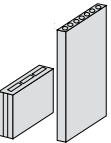
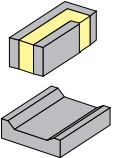
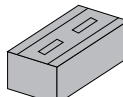
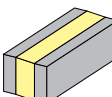
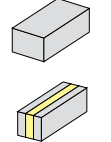
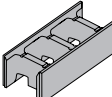
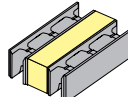
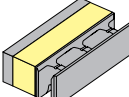
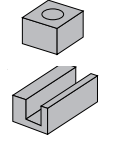
2 Harkot rakennusmateriaalina

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 betoniharkkoteutteen valmistus on valvottua toimintaa. Valmistajat kuuluvat kolmannen osapuolen laaduntarkastuksen piiriin, jota ylimpänä viranomaisena valvoo ympäristöministeriö.

Harkot jaetaan tyypillisesti valmistusmateriaalin mukaan kevytsora- ja betoniharkkoihin. Molempia harkkoryyppiä on saatavana eristeharkkoina ja eris-

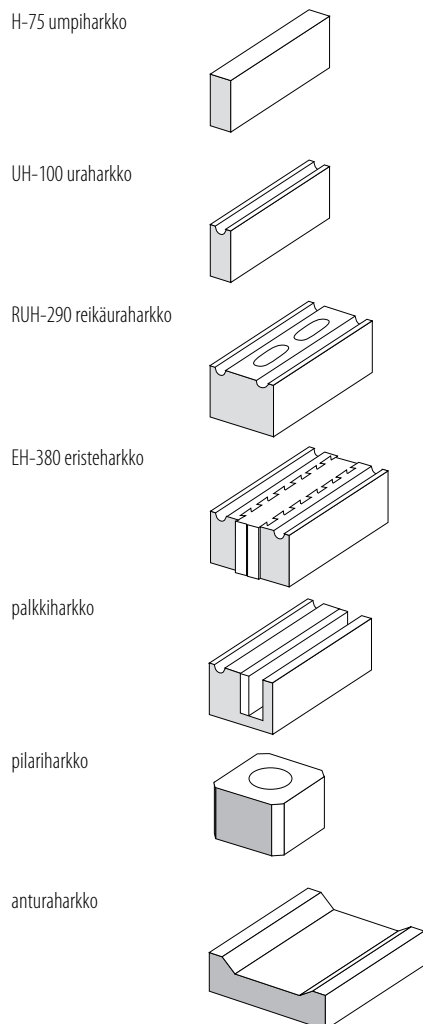
tämättöminä harkkoina. Kevytsoraharkot ovat aina muurattavia harkkoja, mutta betoniharkot voivat olla joko muurattavia tai ladottavia ja valettavia harkkoja. Markkinoilla on myös nk. hybridiharkkoja, eli betoniharkkoja, joiden ulkokuori ohutsaumamuurataan ja sisäkuori valetaan.

Edellä kuvatut jaottelut – materiaalin, eristyksen ja työmenetelmän suhteen – koskevat kaikkia standardiharkkoja (puhekielessä puhutaan usein vakioharkoista tai perusharkoista).

	Muurattavat standardiharkot	Muurattavat eristeharkot	Liimattavat tai ohutsaumamuurattavat harkot ja elementit	Ladottavat valuharkot	Ladottavat eristetyt valuharkot	Ohutsaumamuurattavat ja ladottavat "hybridiharkot"	Erikoisharkot
Kevytsoraharkot							
Betoniharkot							

Kuva 2.1. Betoni- ja kevytsoraharkkoja on sekä muurattavina, ohutsaumamuurattavina, liimattavina tai ladottavina ja valettavina. Saatavana on myös betoniharkko, joka ohutsaumamuurataan ja valetaan, nk. "hybridiharkko". Muurattavilla harkkoilla saumapaksuus on noin 10 mm, ohutsaumamuurattavilla noin 5 mm ja liimattavilla noin 3 mm.

Kuva 2.2. Erilaisia harkkotyyppejä.

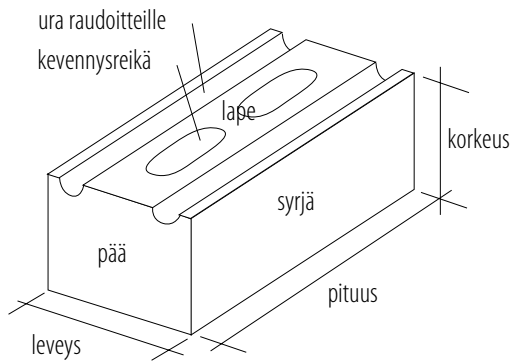


Kuva 2.3. Muurattavia kevytsoraharkkoja.

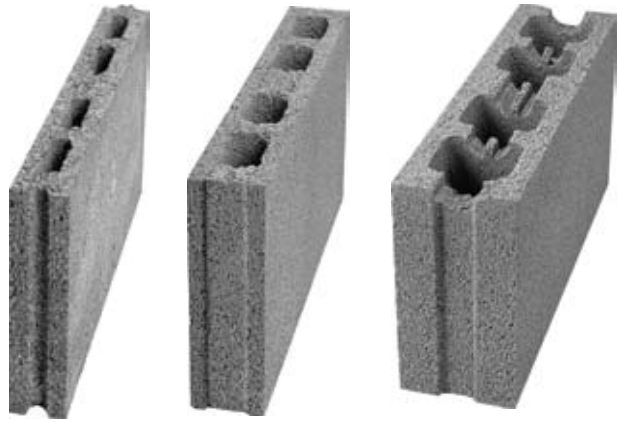
2.1 Kevytsoraharkot

Kevytsoraharkot ovat kevytsorasta, rakennussementistä, vedestä ja täyteaineista valmistettuja mittatarkkoja rakennuselementtejä. Kevytsora on polttamalla paisutettua savea. Poltto tapahtuu yli 1100-asteisessa pyörivässä uunissa. Uunin pyörimisliikkeen johdosta syntyvät rakeet saavat pyöreän muodon ja sileän pintarakenteen. Rae on pinnaltaan tiivistä, mutta sisältä huokoista materiaalia. Raekoko vaihtelee 1 . . . 20 mm välillä. Kevytsora erotellaan eri fraktioihin raekoon mukaan seulomalla. Rakeiden huokoisuus tekee niistä keveitä ja lämpöä eristäviä. Kevytsoran tiheys on 250 . . . 400 kg/m³. Kevytsoraa käytetään harkkojen lisäksi rakennusten ala- ja yläpohjien lämmöneristeenä, kevennysperustuksissa sekä routaeristeenä. Kevytsoraa käytetään myös tie-, katu- ja ratarakennuskohteissa kevennysrakenteena ja routaeristeenä.

Kevytsoraharkoissa käytettävän kevytsorabetonin nettokuivatiheys on perustus- ja ulkoseinäharkoissa 650 kg/m³, 750 kg/m³ tai 950 kg/m³. Nimellistiheys 650–750 kg/m³ vastaa 3–4 MN/m² puristuslujuutta ja vastaavasti 950 kg/m³ 5 MN/m² puristuslujuutta. Puristuslujuus tulee tarkistaa tuotekohtaisesti. Valmistaja ilmoittaa nettokuivatiheyden ja puristuslujuuden lukusarjalla, jossa ensimmäinen luku on puristuslujuus ja jälkimmäinen tiheys: esimerkiksi 3/650.



Kuva 2.4. Harkon osat ovat lape, syrjä, pää, reikä ja ura. Harkon mitat ilmoitetaan leveys (mm) x pituus (mm) x korkeus (mm).



Kuva 2.5. Väliseinäharkkoja on saatavilla eri leveyksillä.

Standardiharkot

Standardiharkot ovat vakiomittaisia muurattavia rakennuskappaleita. Niiden valmistuksessa ja laadunvalvonnassa noudatetaan SFS-EN 771-3+A -eurostandardia sekä kansallista soveltamisohjetta SFS 7001. SFS-Käsikirjassa 176 esitetään muurattavien harkkojen ja muurauslaastin tuotevaatimukset. Tuotteissa on mahdollista käyttää CE-merkintää, joka ei kuitenkaan vielä ole pakollista Suomessa. Suomessa harkkoja valmistavat yritykset kuuluvat kolmannen osapuolen laaduntarkastuksen piiriin ja näillä yrityksillä on tuotteissaan FI-tarkastusmerkin käyttöoikeus. SFS-EN-standardeissa sekä kansallisissa soveltamisohjeissa (SFS-standardeja) määritellään kevytsoraharkkojen tuoteominaisuudet sekä niiden laadunvalvonta. Kolmannen osapuolen laadunvarmistusohjeissa on annettu laadunvarmistuksen täydentäviä ohjeita.

Neljä standardiharkkoryyppiä ovat

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

Standardiharkkojen pituus on 590 ± 5 mm ja korkeus 190 ± 5 mm. Harkkokenekki on siten $8,3 \text{ kpl/m}^2$. Leveys vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan välillä $75 \dots 380$ mm. Standardiharkon tunnus voi olla esimerkiksi RUH240 3/650, joka kertoo että kyseessä on

suorakulmainen 240 mm leveä reikäuraharkko, jonka nimellispuristuslujuus on 3 MN/m^2 ja nimellistiheys on 650 kg/m^3 .

Standardiharkkojen lisäksi valmistetaan lukuisia erikoisharkkoja, jotka perusominaisuuksiltaan vastaavat standardiharkkoja. Erikoisharkkoja ovat mm. eristeharkot, ohutsaumamuurattavat tai liimattavat harkot, pilariharkot, anturaharkot, kaariharkot, hormiharkot, ponttiharkot sekä palkkiharkot. Eristeharkkoja valmistetaan mm. 290, 300, 340, 350, 380 ja 420 mm levyisinä. Kulmaharkkoja valmistetaan sekä oikea- että vasenkätisinä.

Harkoille esitetään standardeissa vaatimuksia mm.

- puristuslujuuden
- pakkasenkestävyyden
- sallittujen mittapoikkeamien sekä
- tiheyden (bruttotiheys ja nettokuivatiheys) osalta.

Väliseinäharkot ja -elementit

Kevytsorasta valmistetut väliseinäharkot asennetaan ohutsaumaliimaamalla. Väliseinäharkkojen korkeudet ovat $198 \dots 297$ mm ja pituus 598 mm. Harkkojen leveys on kevyissä väliseinissä $68 \dots 150$ mm, kantavissa väliseinissä $150 \dots 200$ mm. Harkkokenekki seinäneliötä kohden on harkon korkeudesta riippuen $5,6 \dots 8,3 \text{ kpl/m}^2$. Saatavana on myös puolikkaita harkkoja työstötarpeen vähentämiseksi.

Taulukko 2.1. Kevytsoraharkkomuurauksessa käytettävät laastit ja niiden käyttöominaisuuksia. (Lähde: Harkkorakentaminen. Ohjeita hankkeen eri osapuolille. Suomen Betonitieto Oy. 2002)

Tuote	Harkkolaasti M 100/500	Talvilaasti tai pakkaslaasti	Ohutsaumalaasti
Muuraus	Kevytsoraharkot	Kevytsoraharkot +5...-15 °C	Liimattavat harkot ja -levyt
Pakkausko	25 kg, 500 kg, 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	Porakonevispilä
Työskentelyaika	Noin 3 h	Noin 0,5 h	Noin 3 h
Menekki	30...60 kg/m ²	30...60 kg/m ²	2...2,5 kg/m ²
Varastointiaika	12 kk	6 kk	12 kk

Kevytsorabetonista valmistetaan väliseinäelementtejä, joiden kevytsorabetonin ominaistiheys on 1250 kg/m³. Elementtien painoa on pienennetty onteloilla, joita voidaan käyttää putkistojen ja johtojen vetämiseen. Väliseinäelementtejä valmistetaan 68, 92 ja 120 mm paksuisina. Elementin leveys on 600 mm ja korkeus vaihtelee välillä 2500...3030 mm. Elementit painavat koosta riippuen 93...214 kg/kpl. Onteloita voi olla 6 tai 8 kappaletta. Rakenne on tyyppi hyväksytty EI30 (68 mm) tai EI60 (92 mm) paloluokkiin.

Muurauslaastit

Muurauslaasti sitoo harkot toisiinsa yhtenäiseksi rakenteeksi. Laastilla voidaan myös korjata harkoissa olevia vähäisiä mittapoikkeamia. Yhdessä raudoituksen kanssa laasti antaa harkkorakenteelle suunnitellun lujuuden. Käytettäessä normien mukaisia suojakerospaksuuksia laasti suojaa harkkorakenteissa olevia teräksiä korroosiolta.

Muurauslaastilta vaadittavat ominaisuudet määritellään standardissa SFS-EN 998.2 Laastien spesifikaatiot Osa 2. Kansallisesti sovitut vaatimustasot esitetään standardissa SFS-7001 sekä SFS-Käsikirjassa 176. Muurauslaastina käytetään tavallisesti muurausmenttilaastia M 100/500 tai tarkoitukseen sopivaa ohutsaumalaastia. Erikoislaasteja tai laastin lisäaineita käytettäessä tulee saatavilla olla näitä koskeva käyttöseloste.

Standardeissa esitetään laastille vaatimuksia mm.

- lujuuden
- pakkasenkestävyyden
- notkeuden ja
- tartuntalujuuden suhteen.

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

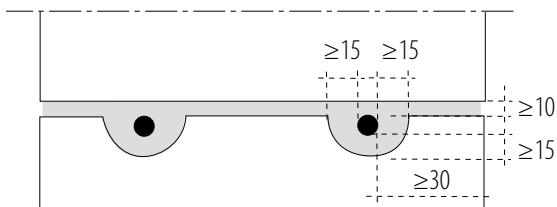
Kovettuneen laastin puristus- ja vetolujuus ylittävät kevytsoraharkon vastaavat lujuudet ja tartunta harkkoon ylittää harkon vetolujuuden.

Ohutsaumalaastit

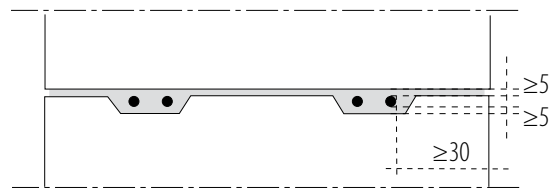
Ohutsaumalaastin tai liimalaastin tehtävä on muurauslaastin tavoin sitoa liimattavat harkot toisiinsa yhtenäiseksi rakenteeksi. Ohutsaumalaastit sisältävät luonnonhiekkaa, kalkkikiveä, sementtiä, vettä ja mahdollisia lisäaineita. Laastin maksimiraekoko saa olla korkeintaan 2 mm laasteja koskevan standardin ja SFS-Käsikirjan 176 mukaan.

Ohutsaumalaastia levitetään valmistajan ohjeiden mukaisesti muurauskelkalla noin 5 mm saumapaksuudella. Ohuesta saumasta johtuen ohutsaumamuurattavien harkkojen tulee olla erittäin mittatarkkoja.

Liimauksessa saumapaksuus on noin 2 mm. Sitä käytettäessä



Kuva 2.6. Raudoitteiden sijoittaminen 10 mm:n saumalla muurattuun kevytsoraharkkorakenteeseen. Laasti suojaa raudoitetta korroosiolta.



Kuva 2.7. Tikasraudoitteen sijoittaminen ohutsaumamuuratussa kevytsoraharkkomuurauksessa.

tään vain ei-kantavissa rakenteissa kuten väliseinissä. Ohutsauma- ja liimalaastit toimitetaan työmaalle kuivalaastina 25 kg säkeissä. Laastiin lisätään työmaalla puhdas, huoneenlämpöinen vesi valmistajan ohjeiden mukaisesti. Laastia sekoitetaan 10–15 minuuttia porakonevispilällä, jonka jälkeen laastin annetaan seistä noin 10 minuuttia. Laastia sekoitetaan lopuksi vielä hetken, että laasti on tasalaatuista ennen käytön aloitusta. Valmiin laastin käyttöaika on 2–3 tuntia. Ohutsaumalaastin menekki on noin 2,5 kg/m², kun väliseinäharkon paksuus on 88 mm.

Laasti varastoidaan työmaalla kuivassa tilassa irti maasta. Avaamattomina, oikein varastoituina laastipakkaukset säilyvät noin vuoden.

Rappauslaastit

Kevytsoraharkkorakenteet käsitellään yleensä slammaamalla, rappaamalla tai tasoittamalla. Käsittelemistä tiivistää huokoisen pinnan, parantaa lämmöneristävyyttä ja ilmanpitävyyttä sekä suojaa rakennetta ulkopuoliselta kosteudelta.

Rappauksessa käytetään tyypillisesti valmislaasteja, joihin työmaalla sekoitetaan vain vesi. Markkinoilla on saatavilla myös märkälaasteja, joihin työmaalla sekoitetaan valmistajan ohjeiden mukaan sementtiä.

Rappauslaastit toimitetaan työmaalle joko 25 kg säkeissä, 1000 kg suursäkeissä tai suuriin kohteisiin säi-

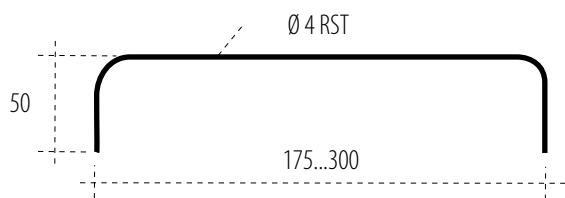
liötoimituksina. Oikaisulaastin säkkikoko on 25 kg. Harkkopinta voidaan haluttaessa jättää myös tasoittamatta ja pelkästään maalata, jolloin pinnan harkkorakenne jää näkyviin. Asuintilojen sisäseinät kuitenkin yleensä tasoitetaan siten, että pinta vastaa suunnitellun pintakäsittelyn, esimerkiksi maalauksen tai tapetoiminnan tasaisuusvaatimuksia.

Rappauslaasteilta vaadittavat ominaisuudet esitetään standardissa SFS-EN 998-1 Laastien spesifikaatiot Osa 1 Rappaus ja tasoitelaastit.

Raudoitteet

Harkkorakenteessa raudoitteet ottavat vastaan taivutus-, leikkaus- ja vetojännityksiä sekä vähentävät rakenteen kutistumista ja halkeilua. Raudoitteina käytetään SFS-standardien mukaisia betoniterästankoja, joiden paksuudet ovat yleensä 8...10 mm.

Kun raudoitteet sijoitetaan rauditusuriin ohjeiden mukaisesti siten, että laasti antaa raudoitteelle riittävän korroosiosuojan ja tartunnan. Erityistä säilyvyyttä vaativissa olosuhteissa käytetään raudoitteena syöpy-mätöntä terästä. Harkkorakenteissa käytettävien muurauksiteiden on oltava korroosionkestäviä ja muiden metallisten rakenneosien korroosiosuojattuja. Liimatavissa tai ohutsaumamuurattavissa harkoissa käytetään erikoisraudoitteita tai raudoite-elementtejä.



Kuva 2.8. Ruostumattomasta teräksestä taivutettu muurausside.

Taulukko 2.2. Kevytsoraharkkojen 3/650 ominaisuuksia.

Ominaisuus	
Kuivatiheys	650 kg/m ³
Harkon paino (RUH-290)	20 kg
Puristuslujuus, kevytsorabetoni	3 MN/m ²
Harkon U-arvo	0,6...0,8* W/m ² K
Kuivumiskutistuma	< 0,6 mm/m
Pituudenlämpötilakerroin	6 * 10 ⁻⁶ °Ckg/m ³

*Rakenteen U-arvo riippuu siitä, onko sauma avosauma vai laastisauma.

Kevytsoraharkkojen ja -rakenteiden ominaisuudet

Standardiharkkojen mitat

Muurattavien standardiharkkojen mitat ja ominaisuudet ovat valmistajasta riippumatta samat. Ne on suunniteltu käytettäväksi moduulimitoitetuissa rakennusosissa. Harkkojen vaakamoduuli on 300 mm ja korkeusmoduuli 200 mm. Harkkojen leveys on käyttötaroituksen mukaan 75, 100, 125, 150, 200 tai 380 mm. Muurattavissa harkoissa käytetään 10 mm laastisaumaa sekä pysty- että vaakasaumoissa. Liimattavissa harkoissa tai elementeissä saumapaksuus 2-3 mm ja ohutsaumamuurattavissa harkoissa noin 5 mm.

Eristeharkkojen mitat

Eristeharkkojen pituus ja pystysauman paksuus vaihtelee eri harkkotyypeillä ja eri valmistajilla. Pystysauma voi olla 10 mm laastisaumalla vai ilman laastia. Harkon ja sauman yhteispituus on kuitenkin aina 500 mm tai 600 mm. Vaakasaumana käytetään tavallisesti 10 mm laastisaumaa, jolloin harkkojen korkeus on 190 mm 10 mm laastisaumalla ja 195 mm 5 mm laastisaumalla. Harkkoleveydet vaihtelevat välillä 290...420 mm eristyskyvyn ja rakenteellisten ominaisuuksien mukaan.

Paino

Harkoissa käytetyn kevytsorabetonimassan tiheys saa poiketa enintään ± 20 % nimellistiheydestä. Toimi-

tuskosteus saa olla enintään 15 %. Tasapainokosteus valmiissa rakenteessa on 2...6 paino-%.

Lujuus

Käytettäessä nimellistiheydeltään 650 kg/m³ olevaa kevytsorabetonia, harkkojen nimellispuristuslujuus on noin 3 MN/m². Vastaavasti 950 kg/m³ kevytsorabetonilla, harkkojen nimellispuristuslujuus on 5 MN/m². Harkkojen valmistaja ilmoittaa harkkojen mitoituksessa käytettävät lujuusarvot (CE-merkintä). Harkolla lujuuden tulee olla vähintään 2 MPa (SFS 7001). Nämä lujuudet ovat riittäviä mm. perusmuureissa, kellarin seinissä ja muissa seinärakenteissa. Esimerkiksi 590 x 290 x 190 mm³ 3/650 -harkko kestää 130 kN eli noin 13 tonnia lappeeseen kohdistuvaa tasaista puristusvoimaa. Harkkorei'itys vaihtelee valmistaja- ja harkkokohtaisesti ja sen vaikutus lujuuteen on otettava laskelmissa huomioon.

Lämmöneristävyys

Rakenteiden lämmöneristyksen suunnittelu ja lämmöneristysvaatimukset on esitetty RakMk C3 ja C4:ssa. 1. päivä tammikuuta 2010 voimaan tulleiden lämmöneristysmääräysten mukaan rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo lasketaan lämmönläpäisykertoimen U avulla. Lämpimän tilan ja ulkoilman tai lämmittämättömän tilan välisen seinän lämmönläpäisykertoimen vertailuarvo on 0,17 W/m²K. Myös ryömintätalisen alapohjan lämmönläpäisykertoimen vertailuarvo on

Taulukko 2.3. Eristettyjen kevytsoraharkkojen ominaisuuksia.

Ominaisuus	
Kuivatiheys	700...800 kg/m ³
Harkon paino	16...22 kg
Puristuslujuus, kevytsorabetoni	3...5 MN/m ²
Ulkoseinien U-arvo (420...300 mm)	0,12...0,23 W/m ² K
Kuivumiskutistuma	< 0,6 mm/m
Ilmaänen eristävyyslukuja (R'w)	
- UH-150	40 dB
- RUH-200	44 dB
- UH-240	46 dB
- UH-290	48 dB

sama 0,17 W/m²K. Yläpohjan ja ulkoilmaan rajoittuvan alapohjan vertailuarvo on puolestaan 0,09 W/m²K. Jos näistä arvoista poiketaan, rakenteen lämmönläpäisykyky kasvaa ja sen aiheuttama lämpöhäviö tulee kompensoida muilla rakenteilla.

Puolilämpimässä tilassa (+ 5... 17 °C) vastaava seinän tai ryömintätalaisen alapohjan vertailuarvo on 0,26 W/m²K ja yläpohjan 0,14 W/m²K.

Lämpimien ja kylmien tilojen välisissä harkkoseinissä tarvitaan aina lisälämmöneristystä. Lämmöneristys voidaan hoitaa joko käyttämällä eristettyjä harkkoja tai käyttämällä rakenteessa erillistä lämmöneristekerrosta. Eristeharkkojen eristemateriaalit ja niiden eristyskyky vaihtelevat, joten harkkojen U-arvot tulee tarkistaa aina valmistajan tuotetiedoista.

Rakosauman käyttö muurauksessa parantaa harkkoseinän lämmöneristyskykyä. Rakosaumassa lämmöneristeen kohdalle ei levitetä laastia. Lämmöneristystä voidaan parantaa myös asentamalla mineraalivilla-kaista rakosaumaan. Rakenteen kosteusteknisen toimivuuden vuoksi ei muovisukassa olevaa villakaistaa kuitenkaan suositella käytettäväksi.

Kevytsoraharkkoseinä on lämpöä varaava rakenne. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää alentamaan rakennuksen lämmitys- ja jäähdytyskustannuksia.

Taulukko 2.4. Vuoden 2010 lämmöneristysmääräysten mukaiset lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot. Lämmöneristysmääräykset muuttuvat seuraavan kerran vuonna 2012.

Seinien lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot (2010)	U-arvo
Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rajoittuessa ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan	0,17 W/m ² K
Puolilämpimän tilan rajoittuessa ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan, ryömintätilaan tai maahan	0,26 W/m ² K

Ilmanpitävyys

Kevytsorabetoni ovat huokoista, ilmaa ja vettä läpäisevää materiaalia, joten maata tai ulkoilmaa vastaan olevat harkkorakenteet on pinnoitettava molemmiin puolin esimerkiksi slammaamalla, tasoittamalla tai rappaamalla. Rakenteen ulkopuolisena vedeneristyksenä käytetään bitumikermejä tai patolevyjä rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan.

Säänkestävyys

Kevytsoraharkkojen kapillaarisuus on vähäistä, yleensä selvästi pienempi kuin betonilla, laastilla tai kalkkihiekkatiilillä. Kevytsoraharkot imevät kevytsorarakeiden tiiviyden takia vain vähän kosteutta, joten ne ovat sään- ja pakkasenkestäviä. Kevytsoraharkot täyttävät standardin SFS 7001 mukaiset pakkasenkestävyysvaatimukset, joten harkkoja voidaan käyttää ulkopinnoissa ja ulkona sijaitsevilla rakenteilla kuten aidoissa ja muureissa.

Palonkestävyys

Kevytsorabetoni on palamatonta ainetta. Tästä syystä kevytsoraharkkoja käytetään myös palonkestävyyden ja syttymisherkkyden kannalta vaativissa rakennusosissa, kuten suojaverhouksissa (ks. Suomen rakentamismääräyskokoelma E1). Harkkotyyppi 3/650 on paloluokiteltu. Kevytsoraharkkoseiniä käytetään esimerkiksi asuinrakennusten ja teollisuusrakennusten osastoivina seininä.

Taulukko 2.5. Kevytsoraharkkoseinien palonkestävyys.

Harkkotyyppi	Harkon leveys	Kantamaton osastoiva	Kantava	
			osastoiva	osaston sisäinen
Perusharkko	75 mm	EI 60	-	-
	100 mm	EI 120	REI 60	R 30
	125 mm	EI 180	REI 90	R 30
	150 mm	EI 240	REI 120	R 90
	200 mm	EI 240	REI 240	R 120
	240...380 mm	EI 240	REI 240	R 240
Eristeharkko, jonka harkon seinämä on vähintään 100 mm.	300 mm	EI 120	REI 60	-

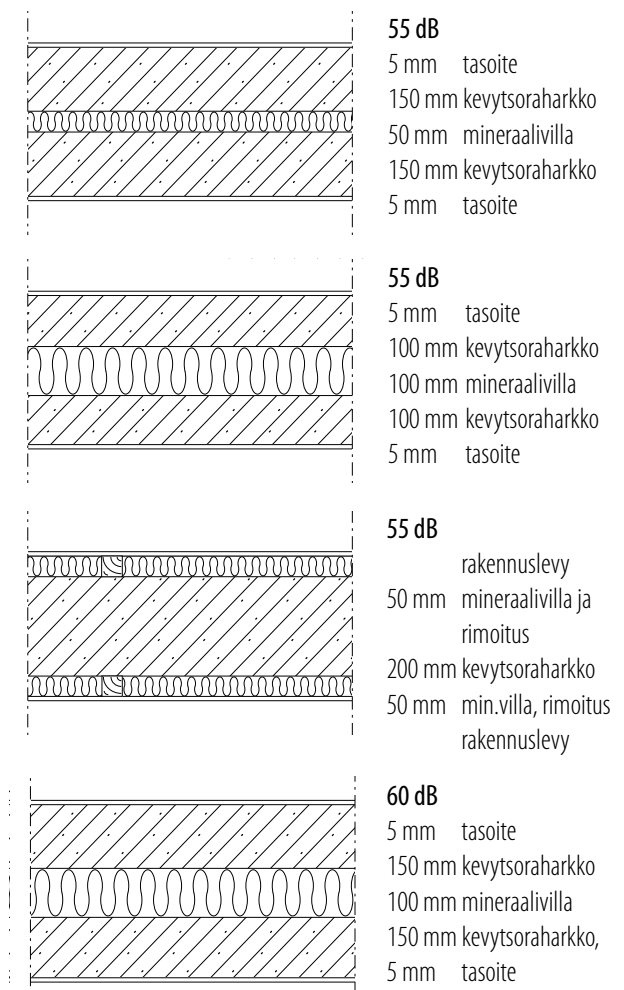
Kevytsoraharkkorakenteiden (harkon kuivatiheys enintään 700 kg/m³) palonkestoajaluokat on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelma B5:ssä ('Kantavien ja osastoivien rakenteiden palonkestävyys. Ohjeet'). Palonkestoluokat ovat taulukon 2.5 mukaiset.

Ääneneristys ja -vaimennus

Seinien ilmajäneristävyyksivaatimus (R'W) on 39...55 dB tilojen käyttötarkoituksesta riippuen (ks. Suomen rakentamismääräyskokoelma C1).

Kevytsoraharkkorakenteet täyttävät 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 ilmajäneristävyyksivaatimuksia täyttäviä kevytsoraharkkorakenteita esitetään kuvassa 2.9. Jotta ilmajäneristys toteutuisi kaikilta osin, on seinärakenteen liittymät ulkoseiniin, väli- ja yläpohjiin sekä perustuksiin suunniteltava ja toteutettava huolella. Esimerkiksi sähköasiat ja halkeamat rakenteessa pienentävät rakenteen ilmajäneristävyyttä.



Kuva 2.9. Ilmajäneristysarvoja R'w erilaisilla kevytsoraharkkorakenteilla.



Kuva 2.10. Rakenteilla oleva betoniharkkotalo.

2.2 Betoniharkot

Betoniharkot ovat luonnonkiviaineksesta, sementistä ja vedestä valmistettuja mittatarkkoja rakennuselementtejä. Harkoissa voidaan kevennyksenä käyttää kevytsoraa. Mittatarkkuutensa ansiosta betoniharkot sopivat erinomaisesti moduulimitoitettuun rakentamiseen.

Betoniharkkoja käytetään yleisesti perustuksissa, kellarin seinissä, ulko- ja väliseinissä, julkisivuissa, pilareissa, tukimuureissa ja aidoissa. Betoniharkot voidaan jakaa työmenetelmänsä puolesta muurattaviin betoniharkkoihin, ladottaviin valuharkkoihin sekä liimattaviin ja valettaviin nk. hybridiharkkoihin.

Muurattavat betoniharkot

Muurattavien betoniharkkojen leveydet vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Harkkojen korkeus on tyypillisesti 190 mm, jolloin 10 mm laastisaumoilla harkkokerroksen korkeus on 200 mm eli 2M. Seinäharkkojen pituudet ovat vastaavasti 390 tai 590 mm, jolloin saumalaastin kanssa pituudeksi tulee 4M tai 6M. Moduulimitoitus helpottaa harkkojen yhteensovittamista muiden rakennusosien, kuten esimerkiksi ovien ja ikkunoiden kanssa.

Betoniharkkojen muurauksessa käytetään muurauslaastia M100/500. Harkoissa on valmiit urat, joihin asennetaan muurauksen yhteydessä vaakasuuntainen

raudoitus. Urien avulla raudoitteen ympärille syntyy laastikerros, joka suojaa raudoitetta korroosiolta ja parantaa tartuntaa. Raudoitusterästen määrän, sijainnin ja laadun määrittelee aina kohteen rakennesuunnittelija.

Raudoitusurien lisäksi betoniharkoissa on yleensä ontelot, joihin on helppo asentaa putkituksia. Onteloiden kannet puhkaistaan yksinkertaisesti lyömällä muurauksen yhteydessä ja putkitus nostetaan muurauksen edetessä ylöspäin. Rasioita varten tarvittavat aukot leikataan timanttiterällä varustetulla kulmahiomakoneella tai reikäporalla ennen asennusta. Asennuksen jälkeen rasia kiinnitetään paikoilleen laastilla.

Raudoitteet on sijoitettava raudoitusuriin RakMk B9:n mukaisesti, jolloin muurauslaasti antaa raudoitteille riittävän suojan korroosiota vastaan.

Betonivaluharkot

Valubetoniharkkojen avulla pystytään rakentamaan betonirakenteita ilman erillisiä muottirakenteiden pystytystä ja purkua. Ladottavien valuharkkojen korkeus on tyypillisesti 200 mm (2M). Seinäharkkojen pituus on tavallisesti 600 mm (6M). Lisäksi on saatavilla erilaisia täydentäviä harkkoja kuten kulmaharkot, päätyharkot, 1/3- ja 2/3-osaharkot katkaisutarpeen vähentämiseksi sekä aukkojen ylitysharkot. Valuharkot ladotaan yleensä 2M-limityksellä, joten valuharkko-



Kuva 2.11. Valettavien betoniharkkojen ladontaa. Vaakaraudoite asennetaan valuharkossa olevaan uraan.

rakenteissa noudatetaan niin vaaka- kuin pystysuunnassa 2M-modulimitoitusta.

Valuharkot ladotaan päällekkäin ilman kiinnityslaastia. Ladonnassa kulmaharkot menevät kulmissa kerroksittain ristiin. Näin harkoissa olevat valuontelot muodostavat yhtenäisen ja tiiviin verkoston.

Valuharkoissa on valmiit paikat raudoitusteräksille ja raudoitteet asennetaan paikoilleen harkkojen ladonnan yhteydessä. Valuharkkoihin voidaan lisäksi asentaa pystysuuntaisia raudoitteita, jolloin kestävyys vaakavoimia vastaan merkittävästi kasvaa.

Muottiharkkorakenteissa sähköputkitukset vietään seinän sisään ja rasiat kiinnitetään pintaan ennen valua.

Rakenne tuetaan tarvittaessa ennen valua. Ontelot valetaan täyteen hyvin juoksevalla, notkistetulla tai itsetiivistävällä betonimassalla. Betonimassa tilataan valmisbetonitehtaalta ja valetaan työmaalla pumpulla. Valun yhteydessä betonimassa tiivistetään huolellisesti sauvatryttimellä, jotta ylimääräinen ilma poistuu massasta ja rakenteesta tulee ilmanpitävä. Itsetiivistävää betonimassaa ei tiivistetä.

Lämpöeristetyt betonivaluharkot

Lämpöeristetyt betoniharkot sisältävät betonin lisäksi lämmöneristekerroksen, jonka paksuus vaihtelee harkkotyyppin mukaan. Eristeharkkoja käytetään tyypillisesti ulkoseinissä, perusmuureissa ja kellarin seinissä.

Harkkojen lämmöneristeenä käytetään paisutettua polystyreeniä (EPS), neoporia (EPS) tai polyuretaania (PUR). Eriste on sijoitettu tyypillisesti harkon sisä- ja ulkokuoren muodostavien betonikuorien väliin. Lämmöneriste pysyy kiinni harkon betonikuorissa vaarnaaliitoksen avulla. Polyuretaanieriste voidaan kiinnittää harkkokuoriin myös liimaamalla.

Ladottavat eristetyt betoniharkot ladotaan paikalleen. Ladonnan yhteydessä eristeiden pysty- ja vaakasau-moihin pursotetaan polyuretaanivaahdo, jolla varmistetaan eristeen yhtenäisyys. Erikoiskohdissa kuten kulmissa, päädyissä ja aukkojen ylityksissä käytetään sopivia täydentäviä harkkoja. Ladonnan yhteydessä harkon onteloihin asennetaan suunnitelmien mukaiset raudoitteet, rakenne tuetaan ja harkon ontelot valetaan notkealla betonimassalla kuten eristämättömätkin harkot.



Kuva 2.12. Rakenteiden nurkat tehdään kulmaharkkoja käyttäen. Pystyraudoite asennetaan valuonteloihin ja vaakaraudoite kannaksen uraan.

Vaaka- ja pystyraudoitusmahdollisuuden ansiosta valuharkot soveltuvat ulkoseinien lisäksi erinomaisesti myös kellarin maanpaineisiin. Yhtenäisen teräsbetonirakenteen ansiosta erillisiä, maanpaineisiin tukevia väliseiniä ei valuharkkoseinissä tarvita.

Muurattavat ja valettavat ”hybridiharkot”

Hybridiharkoilla tarkoitetaan harkkoja, joissa ohutsaumalaasti levitetään harkon ulkokuorelle sekä valettavan sisäkuoren ulommaiseen kannakseen. Sisäkuori valetaan valuharkkojen tapaan betonilla. Hybridiharkolla saavutetaan betoniharkkoa parempi lämmöneristyskyky ja kevytsoraharkkoa parempi ääneneristävyys.

Hybridiharkkojen korkeus on tyypillisesti 198 mm ja pituus on tavallisesti 598 mm. Saatavilla on myös kulma- ja päätyharkkoja.

Harkot ladotaan 200 mm limityksellä ja liimataan ulkokuoren kohdalta ohutsaumalaastilla. Harkkoraudoitus asennetaan ladonnan yhteydessä niille varattuihin uriin suunnitelmien mukaan. Hybridiharkkoihin voidaan asentaa sekä vaaka- että pystysuuntaisia raudoitteita. Rakenne tuetaan ja ontelot valetaan täyteen notkealla betonimassalla, joka tiivistetään huolellisesti sauvatäryttimellä.

Raudoitteet

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.

Betoni

Valuharkkorakenteessa käytettävän valubetonin lujuuden sekä rasitusluokan määrittelee aina kohteen rakennesuunnittelija, kunkin rakenneosan vaatimuksen mukaan. Betonivalusta laaditaan työmaalla aina betonityösuunnitelma sekä betonointipöytäkirja.

Valubetonin runkoaineena tulee käyttää luonnonkiviainesta, jonka 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 (S3-S4). Harkkovalmistajat antavat tuotekohtaisia ohjeita betonin ominaisuuksista ja koostumuksesta.

Muurauslaastit

Muurattavien betoniharkkojen saumapaksuus on noin 10 mm. Laastina käytetään muuraussementtilaastia, jonka lujuusluokan tulee olla vähintään 8 MN/m². Taval-

Kuva 2.13. Betoniharkoista on saatavilla myös julkisivuharkkoja. .

lisesti käytetään kuivalaastia M 100/500. Muurauslaastia on saatavissa 25 kg säkeissä tai 1000 kg suurpakkauksissa. Jos käytetään erikoislaasteja tai laastin lisäaineita, tulee työmaalla olla näitä koskeva käyttöseloste.

Ohutsaumalaastit

Ohutsaumalaastia käytetään ohutsaumamuurattavissa rakenteissa valmistajan ohjeiden mukaisesti 2–5 mm saumapaksuudella. Ohutsaumalaasti sisältää luonnonhiekkaa, kalkkikiveä, sementtiä, vettä ja mahdollisia lisäaineita. Laasti toimitetaan työmaalle kuivalaastina 25 kg säkeissä. Laastiin lisätään työmaalla puhdas vesi valmistajan ohjeiden mukaisesti. Laastia sekoitetaan 10–15 minuuttia porakonevispilällä, jonka jälkeen laastin annetaan tasaantua noin 10 minuuttia. Lopuksi laastia sekoitetaan vielä hetken, että laasti tasalaatuista ennen käytön aloitusta. Valmiin laastin käyttöaika on noin 2–3 tuntia.

Rappauslaastit

Rappauslaasteja käytetään betoniharkkorakenteen slammaukseen, rouhepinnoitukseen ja kaksi tai kolmikerrosrappauksiin. Rappaus peittää harkkoseinän vähäiset tasaisuuspoikkeamat tehokkaasti. Ohut pinnoite jättää harkkosaumojen ääriviivat näkyviin.



Julkisivuharkot

Betoniharkoissa on saatavilla myös julkisivuvaihtoehto, jossa harkon näkyvän pinnan muodostaa halkaistu betoni. Vaihtoehtoisesti betoniharkkoseinä voidaan tasoittaa ja maalata tai verhoilla tiilellä, klinkkerillä tai puulla.

Betoniharkkorakenteiden ominaisuudet

Mitat

Muurattavien betoniharkkojen pituus on 390 tai 590 mm ja korkeus 190 mm ja harkkojen leveydet vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Valettavien harkkojen pituus on vastaavasti 600 mm, korkeus 200 mm ja harkkoleveydet ovat 150 mm ylöspäin käyttötarkoituksen mukaan. Lämpöeristettyjä valuharkkoja on saatavilla 300 . . 400 mm levyisinä. Anturavaluharkkoja valmistetaan puolestaan 400 . . 600 mm levyisinä. Harkkokoot ja erikoisharkkojen tarjonta vaihtelevat valmistajan mukaan.



Kuva 2.14. Liimattava betoniharkko.

Paino ja lujuus

Betoniharkkojen valmistukseen käytettävän betonimassan tiheys on 1000...2400 kg/m³. Betonin lujuus on yli 30 MN/m². Kevennyksenä betonimassassa voidaan käyttää kevytsoraa.

Lämmöneristävyys

Betoniharkkoseinä on lämpövaraava ja ilmanpitävä rakenne. Tämä parantaa rakenteen energiatehokkuutta. Betoniharkkoseinien lämmöneristys suunnitellaan ja toteutetaan RakMk osissa C3 ja C4 esitettyjen vaatimusten ja ohjeiden mukaisesti. Tammikuussa 2010 voimaan astuneiden lämmöneristysmääräysten mukaan rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo lasketaan lämmönläpäisykerroimen U avulla. Lämpimän tilan ja ulkoilman tai lämmittämättömän tilan välisen seinän lämmönläpäisykerroin vertailuarvo on 0,17 W/m²K. Ryömintätilaisen alapohjan lämmönläpäisykerroimen vertailuarvo on myös 0,17 W/m²K. Yläpohjan ja ulkoilmaan rajoittuvan alapohjan vertailuarvo on puolestaan 0,09 W/m²K. Mikäli näistä poiketaan, tulee aiheutuva lämpöhäviö kompensoida muilla rakenteilla. Puolilämpimässä tilassa (+ 5... 17 °C) vastaava seinän tai ryömintätilaisen alapohjan vertailuarvo on 0,26 W/m²K ja yläpohjan 0,14 W/m²K. Lämpimien ja kylmien tilojen välisissä harkkoseinissä tarvitaan siis lämmöneristystä, joten näissä rakenteis-

sa käytetään joko eristettyjä betoniharkkoja tai rakenne eristetään erillisellä lämmöneristeellä. Eristeharkkojen eristepaksuus vaihtelee valmistajakohtaisesti, joten niiden U-arvot tulee tarkastaa valmistajan tuotetiedoista.

Ilmanpitävyys

Betonivaluharkot ovat tiiviitä, joten rakenteiden slammaaminen ilmanpitävyyden varmistamiseksi ei ole tarpeen. Ilmanpitävyyden riittävyys on kuitenkin varmistettava kohdekohtaisesti radon- tai kosteusrasituksen vuoksi.

Säilyvyys

Valubetoniharkkorakenteet voidaan laskennallisesti mitoittaa joko 50 tai 100 vuoden käyttöiälle. Käyttöikämitoitus on esitetty SFS-EN 206-1 standardissa.

Säänkestävyys

Betoniharkot ovat pakkasenkestäviä. Harkkoja voidaan käyttää ulkopinnoissa ja ulkona sijaitsevista rakenteista kuten portaissa, muureissa yms. Niiden vedenimunosuus on 1,5...2,0 kg/m² minuutissa lappeen bruttopinta-alaa kohti. Säänkestävyydessä tulee ottaa huomioon myös käytettävä valubetoni. Rakenteiden säänkestävyyden mitoittaa aina rakennesuunnittelija.



Palonkestävyys

Paloluokat P1, P2 ja P3 asettavat rakennusosien palonkestävyydelle eritasoisia vaatimuksia. Betoniharkkorakenne täyttää paloluokkien asettamat vaatimukset, kun seinärakenteen paksuus ja pintakäsittely suunnitellaan sopivaksi. Betoni luokitellaan A1-luokan tarvikkeeksi, joka ei osallistu lainkaan paloon. Tämän vuoksi betoniharkkoja voidaan käyttää myös erityistä palonkestävyyttä vaativissa rakennusosissa (ks. Suomen rakentamismääräyskokoelma E1), esimerkiksi asuinrakennusten ja teollisuusrakennusten osastoivina seininä.

Ääneneristys ja vaimennus

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



3 Hankkeen suunnittelu ja organisointi

3.1 Pientalohankkeen vaiheet ja osapuolet

Hankkeen vaiheet

Pientalon rakentaminen on suurimpia hankkeita, mihin yksittäinen perhe tai henkilö elämänsä aikana ryhtyy. Hankkeeseen liittyy paljon tarpeita, toiveita ja unelmia. Hanke on eri vaiheista ja osatehtävistä koostuva monitahoinen kokonaisuus, johon osallistuu useita osapuolia. Talonrakennushankkeeseen liittyy aina suuri taloudellinen panos sekä riskejä, joiden taloudelliset vaikutukset voivat olla toteutuessaan merkittäviä. Niinpä rakennushankkeen suunnitteluun, valmisteluun ja läpiviemiseen tulee panostaa huolella, että lopputulos olisi toiveiden mukainen sekä taloudellisesti ja aikataullisesti onnistunut. Koska jokainen rakennushankkeeseen ryhtyvä ei ole rakennusalan ammattilainen, kannattaa hankkeen läpiviemiseen valjastaa riittävä määrä ammattilaisapua niin suunnittelussa kuin itse rakentamisessakin. Ammattiavusta huolimatta rakennushankkeeseen ryhtyvälle jää päävastuu hankkeen toteutuksesta sekä suuri määrä päätöksiä ja valintoja tehtäväksi.

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

Tarveselvitysvaiheessa mietitään mm. millaisia ovat tilatarpeet, millaisia vaatimuksia tiloille tulee asettaa ja mitkä ovat vaihtoehdot tilatarpeen 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.

Hankesuunnitteluvaiheessa 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 rakennussuunnitteluvaiheeseen.

Rakennussuunnitteluvaiheessa tuotetaan tarvittavat tekniset asiakirjat hankkeen toteuttamista varten. Näitä ovat mm. arkkitehti-, rakenne-, LVI- ja sähkö-



Kuva 3.1. Harkkorakentaminen antaa monia mahdollisuuksia sisätilojen suunnitteluun.

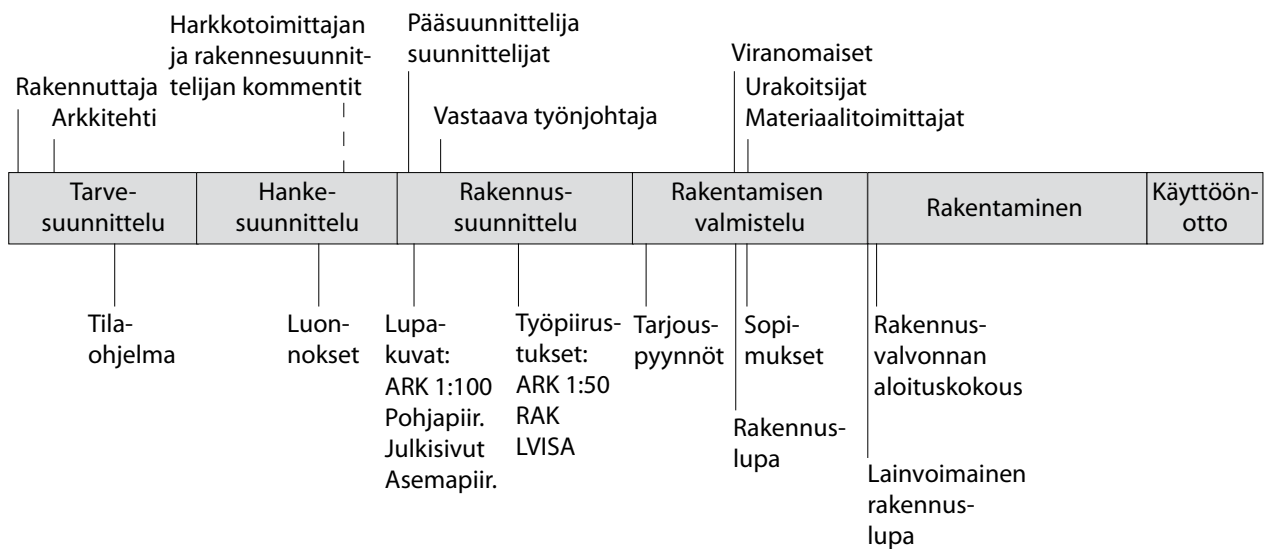
suunnitelmat. Suunnitteluvaiheeseen kannattaa panostaa. Yleensä suositellaan että hankkeen suunnitteluun varataan noin vuosi ennen kuin rakentaminen käynnistyy. Keskeinen etappi suunnitteluvaiheessa on rakennusluvan hakeminen ja siihen tarvittavien suunnitelmien valmiiksi saattaminen. Rakennusluvan myöntää 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. Aika vaihtelee kunnittain ja siihen vaikuttavat mm. tontin kaavatilanne, naapureiden kuulemisen tarve sekä mahdollisesti haettavat poikkeusluvut.

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

kuitenkin muistaa, että urakka- ja materiaalitarjouksien pyydettäessä tulee suunnitelma-asiakirjat olla tarkistettu ja yhdenmukaistettu siten, että niillä voidaan saada vertailukelpoiset tarjoukset. Tarjousasiakirjoina mukaan liitetään tulee olla työ- tai toteutuspiirustuksia, jotka laaditaan tarkemmassa mittakaavassa kuin nk. lupakuvat, joilla rakennuslupaa haetaan. Rakentamiseen liittyviä suunnitelmia voi edelleen tarkentaa rakennusvaiheen aikana rakennusluvan puitteissa.

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

Hanke alkaa rakennusvalvonnan aloituskokouksella johon kaikki keskeiset hankeosapuolet osallistuvat. Varsinainen rakentaminen alkaa tontinraivaus-, maankaivu- ja perustustöillä. Kun ”kuoppa” perustuksia varten on kaivettu, pidetään pohjakatselmus. Muita viranomaiskatselmuksia hankkeen aikana ovat mm. perustuskatselmus, sijaintikatselmus, rakennekatselmus ja loppukatselmus.



Kuva 3.2. Rakennushankkeen vaiheet, niihin osallistuvat keskeiset tahot sekä suunnitelmien tarkentuminen. Osapuolten osallistuminen hankkeeseen vaihtelee hankkeen toteutusmuodon mukaan. Kuvassa vaiheiden pituudet eivät vastaa hankevaiheiden ajallista kestoa.

Hankkeen eteneminen edellyttää itse rakennustyön lisäksi hankintoja, tuotevalvontaa, töiden yhteensovittamista sekä työmaan valvontaa ja ohjausta. Näistä kerrotaan tarkemmin luvuissa 3.4–3.6.

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 tarkkailaan ja tehdään tarpeen mukaan korjauksia havaittuihin puutteisiin. Esimerkiksi lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän säätö toteutetaan ensimmäisenä talvena rakennuksen käyttöönoton jälkeen. Käyttöönottovaihe päättyy, kun rakentamisen takuuajaiset velvoitteet on hoidettu.

Rakennushankkeen osapuolet

Rakennushankkeen läpivientiin liittyy paljon eri osapuolia, joiden nimityksistä, rooleista, välisistä suhteista ja tehtävistä rakennushankkeeseen ryhtyvän on hyvä olla tietoinen. Rakennushankkeen keskeisin osapuoli on rakennushankkeeseen ryhtyvä eli itse rakennuttaja.

Maankäyttö- ja rakennuslakia lainaten rakennuttajan tulee huolehtia siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaan. Rakennuttaja vastaa siis hankkeeseen liittyvästä päätöksen teosta ja hankkeen johtamisesta.

Muita hankkeen osapuolia ovat mahdollinen rakennuttajakonsultti, eri alojen suunnittelijat, urakoitsijat, vastaava työnjohtaja, valvoja sekä viranomaiset.

Taulukossa 3.1 on esitetty hankkeen keskeisten osapuolten tehtäviä ja vastuita. Kuvassa 3.2 on esitetty suuntaa antavasti hankkeen vaiheiden ajoittuminen ja missä vaiheessa kukin osapuoli hankkeeseen osallistuu.

Taulukko 3.1. Hankkeen osapuolia, tehtäviä ja vastuita

Hankkeen osapuolet	Tehtäviä ja vastuita
Rakennuttaja tai rakennuttaja-konsultti	<p>huolehtii siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaan eli hän mm.</p> <ul style="list-style-type: none"> • hankkii hankkeeseen tarvittavat asiantuntijat (pääsuunnittelija, turvallisuuskoordinaattori, suunnittelijat, urakoitsijat, valvoja, materiaalitoimittajat) • vastaa hankkeen tiedotuksesta • hankkii lainvoimaisen rakennusluvan • järjestää hankkeen aloituskokouksen • johtaa ja valvoo rakennushanketta • vastaa hankkeeseen liittyvästä päätöksenteosta • huolehtii käyttö- ja huolto-ohjeen laatimisesta • vastaa tarkastusasiakirjan pitämisestä ja • dokumenttien arkistoinnista.
Suunnittelijat	kukin erityisalan suunnittelija laatii hankkeeseen vaadittavat erityissuunnitelmat sekä tarkistaa niiden ristiriidattomuuden muihin suunnitelmiin nähden.
Pääsuunnittelija	vastaa suunnittelun koordinoinnista, 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.	<ul style="list-style-type: none"> • vastaa, että rakentamisen aloittamisesta ilmoitetaan rakennusvalvontaan • vastaa, että rakennustyö suoritetaan myönnetyn luvan mukaisesti ja siinä noudatetaan rakentamista koskevia säännöksiä ja määräyksiä • vastaa, että rakennustyön aikana ryhdytään tarvittaviin toimiin havaittujen puutteiden tai virheiden johdosta • vastaa, että luvassa määrätyt katselmukset pyydetään riittävän ajoissa ja aloituskokouksessa tai muutoin määrätyt tarkastukset ja toimenpiteet suoritetaan asianmukaisissa työvaiheissa. Osallistuu itse katselmuksiin ja tarkastuksiin. • vastaa, että rakennustyömaalla on käytettävissä tarvittavat asiakirjat, hyväksytyt piirustukset ja tarvittavat erityispiirustukset, ajan tasalla olevan rakennustyön tarkastusasiakirja, mahdolliset testaustulokset sekä muut tarvittavat asiakirjat • huolehtii, että rakennustuotteet ovat työselostuksen ja määräysten mukaisia • huolehtii, että rakennustyössä noudatetaan turvallisuusmääräyksiä • pitää työmaapöytäkirjaa ja työmaan tarkastusasiakirjaa sekä täyttää osaltaan työmaan käyttö- ja huolto-ohjetta.
Valvoja	<ul style="list-style-type: none"> • edustaa rakennuttajaa työmaalla. Valvoo, että rakennustyö etenee suunnitelmien, sopimuksen ja aikataulun mukaisesti. Valvoja tehtäviin kuuluu myös työmaakokouksiin, katselmuksiin ja tarkastuksiin osallistuminen.
Urakoitsijat	<ul style="list-style-type: none"> • tekevät sopimusten mukaisen rakennustyön. Urakoitsijoiden sopimukseen voidaan sisällyttää tarvittaessa myös materiaalihankintoja ja suunnittelua.
Materiaalitoimittaja	<ul style="list-style-type: none"> • toimittaa materiaalit ja avustaa suunnittelussa sopimusten mukaan.
Viranomaiset	<ul style="list-style-type: none"> • valvovat lakien, asetusten, eri asteisten kaavojen, yleisten ja paikallisten määräysten, ohjeiden ja normien pohjalta suunnittelua ja rakentamista.

Kuva 3.3. Harkkorakentamisella voidaan toteuttaa arkkitehtonisesti näyttäviä ratkaisuja. Harkkotalon etuja ovat sisätilojen vedottomuus, hyvä kosteusturvallisuus, ääneneristys ja paloturvallisuus.



3.2 Harkkotalon suunnittelu

Miksi valita harkkotalo?

Valtaosa suomalaisista pientaloista rakennetaan tehdasvalmisteisista puuelementeistä, vaikka paikallarakennettu harkkotalo on hyvä ja kilpailukykyinen vaihtoehto. Kiviaineisen talon rakentamista puoltavat materiaalilla saavutettavat edut kuten palonkestävyys, ääneneristävyyttä, ilmanpitävyys, kosteusturvallisuus, lämmönvarauskyky, pitkäikäisyys, kokonaistaloudellisuus sekä vähäinen huollon tarve. Lisäksi paikallarakennetussa harkkotalossa suunnittelun vapaus on suuri, sillä harkkoista pystytään nykyisellä harkkotarjonnalla ja työmenetelmillä muotoilemaan haluttuja pintoja ja tiloja erilaisiin tarpeisiin. Harkkotalon imagoon kuuluvatkin laatu ja näyttävyys. Nämä edesauttavat rakennusta säilyttämään arvonsa hyvin elinkaarensa aikana.

Taloustutkimuksen 2008 tekemän tutkimuksen mukaan muutaman vuoden kodissaan asuneet perheet olivat tyypillisesti hyvin tyytyväisiä uuteen kotiinsa. Kivitalossa asuvat olivat yleisesti ottaen hieman tyytyväisempiä kuin puutalossa asuvat. Merkittävimmin kiviaineisen talon rakentamista puolsivat mielipiteet talon vedottomuudesta, äänieristävyydestä, palotur-

vallisuudesta sekä talon yksilöllisyydestä ja jälleenviivittämisestä. Kokonaisuutena kivitalossa asumiin erittäin tyytyväisiä oli 70 % uudessa kodissaan asuvista. Vastaava luku puutalojen kohdalla oli 54 %. Kun tutkimuksessa kysyttiin, minkä talon vastaajat rakentaisivat nyt, jos aloittaisivat uutta talohanketta, kivitalossa asuvista 88 % rakentaisi kivitalon. Uudehkoissa puutalossakin asuvista vastaajista 24 % rakentaisi uuden talonsa kivistä.

Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty

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

Hankkeen suunnitteluvaiheessa tehdään pitkäkantoisia päätöksiä ja valintoja, jotka vaikuttavat lopputuloksen laatuun ja hankkeen kustannuksiin. Näitä päätöksiä on usein kallista ja vaikeaa muuttaa hankkeen edetessä pidemmälle. Hankkeen suunnitteluvaiheeseen tuleekin panostaa huolella. Suositeltavaa onkin, että suunnitteluvaiheelle varataan noin vuosi aikaa.



Kuva 3.4. Tontin muodot tulee ottaa huomioon rakennuksen suunnittelussa ja tontille sijoittelussa.

Tonttitehokkuusluku:

$$e = 0,25$$

$$\text{tontin koko} = 800 \text{ m}^2$$

Tontille saa rakentaa enintään kerrosalaltaan 200 m² olevan rakennuksen.

Rakennuspaikka asettaa ehtoja suunnittelulle

Valittu tontti, tontin kaavamääräykset ja kunnallinen rakennusjärjestys sitovat suunnittelua. Tontin rakennusoikeus kertoo, kuinka paljon tontille saa rakentaa. Luku ilmoitetaan tyypillisesti tonttitehokkuuslukuna, jonka symboli on e . Muita tärkeitä kaavamääräyksiä, jotka säätelevät rakennuksen suunnittelua, ovat mm. rakennuksen sallittu kerroslukumäärä, rakennuksen sijoittaminen tontille, sallittu kattokulma, räystäskorkeus sekä julkisivumateriaalit ja värit.

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

Tontille rakennusta sijoitettaessa on yleensä edullista löytää melko tasainen, mutta rakennuksesta hieman pois päin viettävä rakennuskohta, jolloin perustustöiden osuus ei kasva niin suureksi. Harkkorakenteisilla perustus- ja kellarivaihtoehdoilla voidaan kuitenkin rakentaa kaikenlaisille tonteille ja vaikeisiin maastonmuotoihin.

Tilasuunnittelussa kannattaa hyödyntää arkkitehdin tai muun ammattisuunnittelijan tietämystä, että 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 taas niin, ettei aurinko paista niihin suoraan. Rakennuksen valoisuus vaikuttaa paitsi rakennuksen viihtyisyyteen myös tarvittavaan energiamäärään keinovalaistus-, lämmitys- tai jäähdytystarpeen kautta.

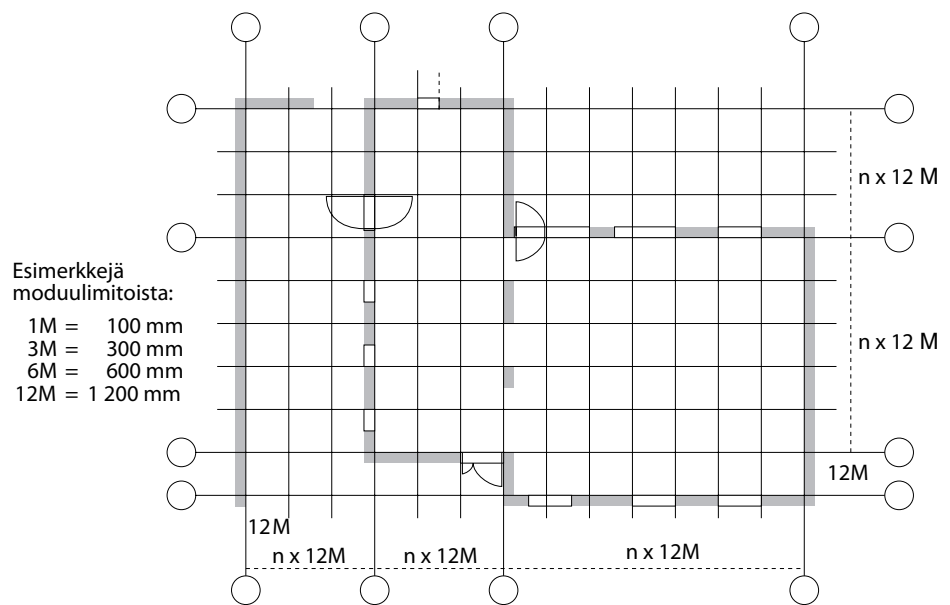
Tulevien asukkaiden kannattaa tässä suunnitteluvaiheessa tuoda avoimesti julki omat tarpeensa ja mielipiteensä siten, että suunnittelijalla olisi käytössään kaikki tarvittava tieto. Tilaratkaisuihin liittyvät muutokset ovat usein vaikeita ja kalliita, elleivät mahdollomia toteuttaa hankkeen pidemmälle edetessä.

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

Yhteistyössä ammattilaisten kanssa

Parhaimpaan lopputulokseen suunnittelussa päättään, kun tehdään alusta alkaen yhteistyötä suunnittelun ammattilaisten, hankkeeseen ryhtyvien ja toteutuksesta vastaavien kanssa. Suunnitteluvaiheessa kannattaa hyödyntää eri osapuolien ammattitaitoa, että lopputulos vastaisi mahdollisimman hyvin asetettuja tavoitteita eikä suunnitelmiin tulisi yllättäviä muutoksia hankkeen edetessä.

Kuva 3.5. Harkkojen moduulimittojen huomioon ottaminen suunnittelussa vähentää harkkojen työstämisen tarvetta rakennusaikana.



Rakennushankkeeseen ryhtyvä löytää suunniteluapua mm. arkkitehti- ja suunnittelutoimistoista. Myös monet kivitalovalmistajat tarjoavat erilaisia suunnittelupalveluita. Suunnittelu jakautuu yleensä arkkitehtisuunnitteluun, rakennesuunnitteluun ja erikoisalojen tekniseen suunnitteluun, 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 kokonaisuuden, joka täyttää sille asetetut vaatimukset. Pääsuunnittelijalla tulee olla rakennusalan tutkinto ja riittävä kokemus tehtäviinsä.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee tehdä valintoja ja päätöksiä mm. tilaratkaisuista, materiaaleista, mutta myös teknisemmistä asioista kuten lämmitysjärjestelmästä tai muista rakennuksen energiaratkaisuista. Valintoja kannattaa tarkastella paitsi hankkeen toteutuksen näkökulmasta myös koko rakennuksen elinkaari ja sen kustannukset huomioon ottaen.

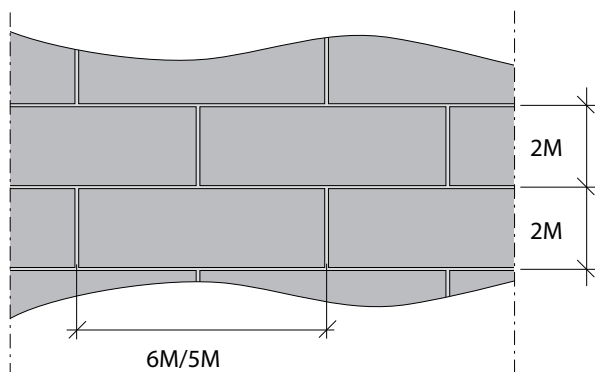
Harkkorakentamisen soveltuvuudesta mm. matalaenergiarakentamiseen on kerrottu luvussa 3.3.

Moduulimitoitus helpottaa suunnittelua ja toteutusta

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

Moduulimitoituksen periaate on, että rakennuksen kokonaismittojen ja kantavien rakenteiden etäisyyksien tulisi perustua kansainvälisesti standardisoituu moduuliin M (1M = 100 mm) ja sen kerrannaisiin. Vaakasunnassa mitat ovat tyypillisesti 12M-, 6M- ja 3M-kerrannaisia ja aukkojen leveyden 3M- ja 1 M-kerrannaisia. Eräillä harkkovyypeillä vaakasuntainen moduulimita on 5M. Toisilla moduulimita 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 varmistaa, että esivalmisteiset rakennusosat (välipohjalaatat, palkit, ovet yms.) sopivat niille varattuihin tiloihin ja aukkoihin. Näin harkkojen työstötarve

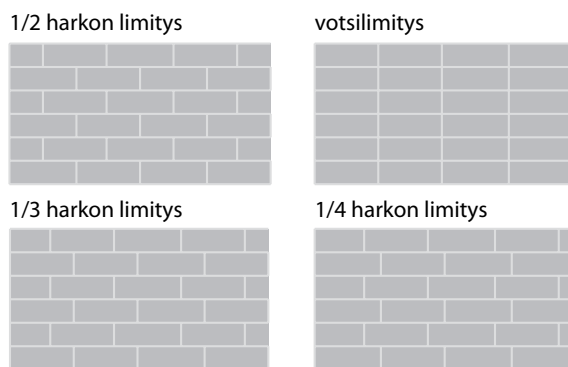


Kuva 3.6. Harkkorakenteiden moduulimitat ovat pystysuunnassa 2M ja pituussuunnassa 6M/5M.

ja hukka työmaalla vähenee. Samalla työ nopeutuu ja hankkeen kustannukset alenevat.

Arkkitehti, rakennesuunnittelijat ja materiaalivalmistaja tekevät suunnitteluvaiheessa yhteistyötä ja tarkistavat piirustusten toteutuskelpoisuus suunnitelluilla harkoilla ja mitoilla. Harkkojako, ontelolaattojen leveys tai ikkunoiden koko ja sijoittelu vaikuttavat sekä rakennuksen ulkomuotoon että rakenteiden kantavuuteen.

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 3M (300 mm) kerrannainen. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että ikkunakarmin leveys on muurattavilla kevytsoraharkoilla $n \times 300 \text{ mm} - \text{tiivistysvara}$ (esim. 30 mm) ja aukon korkeus $n \times 200 \text{ mm} - \text{tiivistysvara}$ (esim. 30 mm). Karmin tiivistämisen ja asennuksen vaatima tila otetaan siis huomioon ikkunan mitoissa.



Kuva 3.7. Harkkorakenteen limitys on tyypillisesti 1/2-harkon (3M) limitys. Muita mahdollisia limityksiä ovat 1/4- ja 1/3-harkon limitykset. Mikäli seinärakenteeseen kohdistuu vain pystykuormaa, voidaan seinässä käyttää arkkitehtonisista syistä myös ns. votsilimitystä.

Muuratuissa rakenteissa käytettävän sauman paksuus on yleensä 10 mm, jolloin harkkojen mitat ovat

- pituus 6M (600 mm – 10 mm = 590 mm)
- korkeus 2M (200 mm – 10 mm = 190 mm)
- leveydet 75...380 mm.

Betonivaluharkkojen pituus ja korkeus ovat myös moduulimitoitettuja vastaavalla tavalla. Niiden mitoista puuttuvat laastisaumavarat, koska harkot ladotaan ilman laastia. Moduulimitat ovat useimmilla harkkotyppeillä siten

- pituus 6M/5M (600 mm/500 mm)
- korkeus 2M (200 mm).

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

Korkeussuunnan moduuli on kaikilla harkoilla 2M (200 mm). Tämä tulee ottaa huomioon seinä- ja huonekorkeuksia sekä aukkojen sijoituksia ja korkeuksia suunniteltaessa.



Kuva 3.8. Ikkunoiden sijoittelu vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen.

3.3 Harkkorakentamisen energiatehokkuus

Matalaenergiarakentaminen

Kaikesta energiasta noin 40 % käytetään rakennuksissa, joten energian hinnan nousu ja huoli ilmastonmuutoksesta on lisännyt pyrkimyksiä parantaa rakennusten energiatehokkuutta. Energiatehokkuuteen vaikuttavat monet asiat, mm. rakenteiden lämmöneristävyyys ja ilmatiiviyys. Vuoden 2010 alussa voimaan tulleiden määräysten mukaan rakennuksen lämmittämiseen kuluva energia saa olla vain puolet aikaisempien määräysten mukaiseen rakennukseen verrattuna. Tämä nostaa rakentamiskustannuksia muutamalla prosentilla.

Talon energiatehokkuuteen on helppointa ja taloudellisinta vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa. Parhaat mahdollisuudet energiatehokkuudelle antaa tehokas, yksinkertaisen muotoinen ja tarvesuunnitteluvaiheessa käyttäjien tarpeisiin järkevän kokoiseksi mitoitettu rakennus. Tontille sijoittaminen ja asunnon eri toimintojen suuntaaminen ilmansuuntien mukaan vaikuttavat merkittävästi energiankulutukseen ja viihtyisyyteen.

Teknillisesti hyvään tulokseen päästään valitsemalla kuhunkin rakennusosaan hieman tavanomaista parempi ratkaisu ja rakentamalla huolellisesti.

Kannattaa myös huomata, että rakennuksen lämmönpitävyyden parantuessa alkavat asumistottumusten (lämpimän käyttöveden kulutus, valaistus, oikea sisälämpötila jne.) vaikutukset koko energiankulutuksessa olla määrääviä.

Passiivenergiatalo

Passiivenergiatalo kuluttaa noin puolet matalaenergiatalon tarvitsemasta energiasta. Passiivenergiatalon rakentamisen arvioidaan maksavan noin 10 % tavanomaista taloa enemmän.

Nimensä mukaisesti passiivenergiatalo säästää lämmitysenergiaa ilman asukkaiden aktiivisia säästötoimia. Passiivenergiatalon tehokkuus muodostuu erittäin hyvin eristävästä vaipasta ja tehokkaasti lämpöä talteen ottavasta ilmanvaihtojärjestelmästä. Varsinaisen lämmitysjärjestelmän tarve on pieni, sillä lämpö saadaan pääosin kodin sähkölaitteista, asukkaista ja auringosta.

Harkkotalon suunnittelussa huomioon otettavaa

1) Tekniikan tilantarve

- tekninen tila mitoitetaan käytettävän lämmitystavan mukaisesti, koneille ja laitteille asennusvarat sekä määräysten mukaiset suojaetäisyydet
- IV-kuilu välipohjien läpi, IV-putkitusten reitit alakatoissa
- lattialämmityksen jakotukit, keskuspolynimurin putkitus ja pistokkeet
- valaisinten lämpenemisen takia suojakotelot upotettavien valaisinten takana

2) Takka- ja hormisuunnittelu

- takan ja hormin paino tulee antaa tiedoksi rakennesuunnittelijalle
- arkkitehdin piirustuksiin tulee sisällyttää nuohousluukkujen, savupeltien sekä takan ja kiukaan hormin liittymien paikat

3) Keittiösuunnittelu

- keittiösuunnitelman mukaiset laitteiden sijainnit viedään arkkitehtisuunnitelmiin.
- keittiösuunnitelman mukaisten laitteiden putkitukset merkitään LVI- ja sähköpiirustuksiin.
- jos keittiösuunnitelmiin tulee muutoksia, myös arkkitehti- ja LVIS-piirustukset päivitetään.
- muista vuotokaukalot vesikalusteiden alle!

4) Rakenteiden turvallisuus (SRMk) arkkitehtisuunnittelussa

- alle 700 mm lattiasta olevien ikkunoiden tulee olla turvalasia.
- määräykset kaiteista.
- palomääräykset jos autokatos tai –talli, naapurirakennus lähempänä kuin 8 m.
- kiukaan suojaetäisyydet saunan mitoituksessa.

5) Piirustuksista usein puuttuvat yksityiskohdat

- tulevan maanpinnan korkeus
- ulkorappauksen ja sokkelin rajan korkeus
- ulkovalaisinten sijainnit
- rännisyöksyjen väri ja sijainnit
- kattoturvatuoitteiden (kulkusillat, talotikkaat, käyntiluukut) sijainnit
- yläpohjan LVI-läpivientien sijainnit.

6) Mittatarkkuutta vaativat asennukset

Piirustuksiin merkitään asennusten sijainti ja mitat mittatarkkuuden sijainnin varmistamiseksi

- lattiakaivojen, LVI-kalusteiden, liesituulettimen paikat ja mitat.
- sähkörsioiden ja valaisimien paikat ja mitat.
- keskuspolynimurin rasioiden paikat ja mitat.

7) Ovi- ja ikkunakaaviot

- karmin syvyys.
- ikkunoiden avautumissuunnat.
- tuuletusikkuna/avattava/kiinteä sekä aukipitolaite.
- sälekaihtimet.
- ulko- ja sisäpökan sekä ulkopökan sisäpuolen värit, sälekaihtimien ja narujen värit.
- muista: saunan ikkuna käsittelemättömänä tai puunvärisenä.

8) Lattiamateriaalien liittyminen

- ota huomioon eri materiaalien paksuuksien vaikutus. Esimerkiksi parketin tai laatan tai laatan ja lattia-
lämmityksen paksuudesta johtuva korkeusero.

Energiatehokkaan rakentamisen tunnusmerkkejä

- riittävä lämmöneristys sekä hyvin lämpöäeristävät ikkunat ja ulko-ovet
- riittävä terminen massa
- rakenteiden hyvä ilmanpitävyys
- koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto tehokkaalla lämmöntalteenotolla
- energiatehokkaat kodinkoneet ja valaistusjärjestelmä

Passiivenergiataloa suunniteltaessa ja rakennettaessa ulkoseinien sekä ylä- ja alapohjan eristyspaksuuksia kasvatetaan nykyisestä. Lisäksi kaivataan teknisiä parannuksia erityisesti ikkunoihin ja oviin. Samoin koko rakentamiselle asetetaan aivan uusia vaatimuksia, sillä vaipan ilmanpitävyyttä kuvaavan ilmatiiviyksluvun pitää parantua nykyiseltä normitasolta 2 alle 0,6:een, siis ilmanpitävyyden pitää parantua noin kolminkertaiseksi. Nykyisillä harkkutuotteilla, rakenneratkaisuilla ja huolellisella työllä tämä on harkkorakentamisessa mahdollista. Ilmanpitävyyden merkityksestä kertoo myös se, että sen paranemisella 3:sta 2:een arvioidaan lämmitysenergian kulutuksen pienenevän 5–10 %.

Matalaenergiatalon ja varsinkin passiivenergiatalon rakentaminen vaatii erityisen huolellisen työmaatoetuksen. Valvonnan ohella hyvään tulokseen pääsemistä helpottaa yksinkertaisten ja toimivien ratkaisujen valitseminen.

Julkisuudessa puhutaan jo passiivenergiataloa seuraavasta vaiheesta, 0-energiatalosta, joka tuottaa osan vuotta (hukkaenergiälähteiden tarkka hyödyntäminen, aurinko, tuuli, lämpöpumput) sähköä verkkoon, ja osan vuotta kuluttaa niin, että vuoden ympäri laskettu kulutus jää nolnaan. Seuraavana vaiheena puhutaan jo +-energiatalosta, joka pystyy tuottamaan kulutustaan enemmän energiaa.

Lämmitysmuodot

Perinteisesti pientaloissa lämmitystapa on valittu olosuhteiden ja mieltymysten mukaan

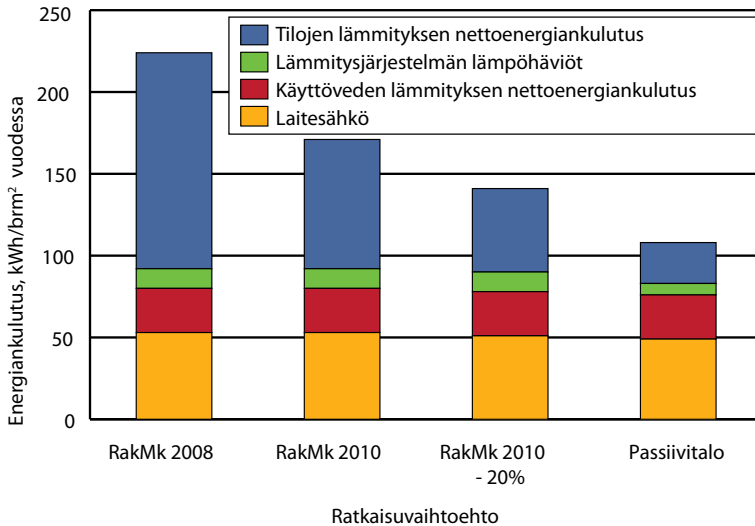
- vesikiertoinen (joko lattialämmitys tai patterit) lämmitys. Energialähteenä on käytetty joko kaukolämpöä, öljyä, sähköä, maalämpöä tai esimerkiksi pellettejä.
- suora sähkölämmitys patterein ja lattialämmityksenä.

Nyt normiohjaus suosii kaukolämpöä sekä erilaisia lämpöpumppuja. Myös auringon passiivinen (rakennussuunnittelu kuten ikkunoiden suuntaaminen) ja aktiivinen (aurinkokennot) hyödyntäminen sekä mahdollisesti myös tuulienergian käyttö lisääntyvät.

Huolellisesti rakennetun ja detaljeiltaan mietityn harkkotalon (160 m² 'normipientalo') keskimääräinen lämmitysenergian tarve on talvikuukausinakin vain noin 1000 W (mitoitusteho –25 °C:ssa on hieman yli 2000 W). Pienen tehontarpeen ansiosta lämmitysjärjestelmää voidaan yksinkertaistaa samaan tapaan kuin passiivenergiatalossa. 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 usein edullisin lämmitysjärjestelmä ilmanvaihtolämmitys, jossa

Talon vuotuinen energiankulutus eri ratkaisuvaihtoehdoilla



Kuva 3.9. Vuotuisen energiankulutus eri ratkaisuvaihtoehdoilla. (Lähde: Harkkotalon LVI-tekniikat, Matalaenergia- ja passiivienenergiaratkaisut, Betoniteollisuus ry)

lämpö jaetaan eri huonetiloihin lämmitettävillä tuloilmalaitteilla. Järjestelmä on helppo säätää huonekohtaisten vaatimusten mukaisesti. Lisäksi märkätiloihin rakennetaan lattialämmitys ja tarvittaessa eri tiloihin kuivauspattereita. Täydentävänä lämmönlähteenä toimii tulisija. Järjestelmät kehittynevät niin, että markkinoille tulee myös kaukolämpöön tai maalämpöön perustuvia ilmalämmityssovelluksia. Lämpöpumppujen etuna on mahdollisuus tarvittaessa jäähdyttää sisätilaa kesäisin. Energiatarkasteluissa lämpimän käyttöveden tuotannon tehokkuus korostuu.

Energiatodistus

Laki ja asetus energiatodistuksesta tulivat voimaan 1.1.2008. Ennen lain voimaantuloa valmistuneisiin rakennuksiin lakia sovelletaan vuoden 2009 alusta lähtien. Rakennuksen omistajan on hankittava energiatodistus silloin, kun rakennus tai sen osa otetaan käyttöön, myydään tai vuokrataan. Omakotitaloille ja enintään kuuden asunnon asuinrakennuksille, jotka ovat valmistuneet ennen lain voimaan tuloa, todistus on vapaaehtoinen. Todistusta ei vaadita myöskään esimerkiksi vapaa-ajan asunnoille, teollisuusrakennuksille eikä suojelluille rakennuksille.

Energiatodistuksen avulla voidaan verrata rakennusten energiatehokkuutta. Energiatodistuksessa ilmoitetaan se laskennallinen energiamäärä, joka tarvitaan raken-

nuksen 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 energialuokka asteikolla A-G, jossa vähiten kuluttaa A-luokan kiinteistö. Energialuokan pohjana on energiatehokkuusluku, joka lasketaan jakamalla rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamäärä rakennuksen bruttopinta-alalla. Esimerkiksi kiinteistön lämmitysmuoto ei vaikuta rakennuksen saamaan energialuokkaan. Energiatodistuksen myöntää siihen pätevätoimintainen asiantuntija.

Vuoden 2010 lämmöneristysmääräysten mukaisen normitalon lämmitysenergiakulutus on noin 80 kWh/m².

Energiatehokas harkkotalo

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

Passiivienergiatalo	25–35 kWh/m ² + n. 35 kWh/m ² taloussähköön
Matalaenergiatalo	50 kWh/m ² + n. 35 kWh/m ² taloussähköön
Normitalo 2010	80 kWh/m ² + n. 35 kWh/m ² taloussähköön
Normitalo 2003	100 kWh/m ² + n. 35 kWh/m ² taloussähköön
Energiatodistus, A-luokka	<150 kWh/m ² *)
Energiatodistus, B-luokka	150–170 kWh/m ²
Energiatodistus, G-luokka	> 320 kWh/m ²

*) vaatimus on pienille asuinrakennuksille, korkeintaan 6 asuntoa rakennuksessa tai asuinrakennusryhmässä. Suurilla asuinrakennuksilla vaatimus on A-luokassa 100 kWh/m².

Kuva 3.10. Eri talotyyppien vuotuisen lämmitysenergian kulutuksen vertailu.

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

Energiatehokkaassa harkkotalossa käytetään yksinkertaisia energiasäästäviä ratkaisuja. Kivitalo on ilmanpitävä (ilmativiivsluku tyypillisesti alle 2, ei vetoa, ei hukkailmanvuotoa) ja rakenteen ilmanpitävyys paranee entisestään kun yläpohja rakennetaan kivirakenteisena (esimerkiksi ontelolaatta). 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.

Ilmanpitävä harkkotalo säästää

VTT:n tutkimusten (VTT tutkimusraportti RTE 627/05) mukaan harkkotalo kuluttaa lämmitysenergiaa selvästi (n. 10...15 %) puurakenteisia taloja vähemmän, vaikka niiden koko vaipan lämmöneristävyys on sama. Ero johtuu harkkotalon merkittävästi paremmasta tiivey-

destä, minkä seurauksena ilmapuotoja on vähemmän. Ero korostuu verrattaessa hirsitaloon (säästö n. 25 %), jossa ilmapuotojen osuus lämpöenergiatarpeesta on lähes kolmannes. Harkkotaloon verrattuna puurunkotalon ilmapuodot voivat olla 3...5-kertaisia ja hirsitalon kymmenkertaisia.

On huomattava, että myös kivitalon massa (lämpökapasiteetti) pienentää energiankulutusta verrattuna kevytrakenteiseen puutaloon. Niinpä jos kevytrakenteisen talon lämmöneristävyys ja ilmanpitävyys olisivat samat kuin matalaenergiaharkkotalossa, kuluisi tilojen lämmittämiseen VTT:n laskelmien mukaan kuitenkin 19 % harkkotaloa enemmän energiaa pienemmän massan johdosta. Käytännön mittauksissa massiivitalon on todettu tarvitsevan lämmitysenergiaa 5...15 % kevyttä rakennusta vähemmän. Lämmönvarauskyvyttä saadaan suhteellisesti parempi hyöty hyvin lämpöeristetyissä ja ilmanpitävissä rakennuksissa.



Kuva 3.11. Harkkorakentaminen on paikallarakentamista. Toteutusmuodon valinnalla voidaan vaikuttaa rakennushankkeeseen ryhtyvän ajankäyttöön ja kustannuksiin.

3.4 Tuotantotapa ja toteutusmuoto

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

Harkkorakentaminen on aina paikallarakentamista, vaikka rakentamisessa voidaan hyödyntää erilaisia elementtejä kuten ontelolaattoja tai kattoristikoida. Lisäksi on saatavilla nk. ACO-väliseinäelementtejä ja tehtailla harkoista muurattuja uolkoseinäelementtejä.

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

Harkkorakentamisessa käytetyt toteutusmuodot

Hartiapankkirakentaminen

Rakennushankkeeseen ryhtyvä voi toteuttaa hankkeen hartiapankkirakentamisena, jolloin hän vastaa rakennustöiden toteutuksesta pääosin itse. Osa töistä kuten sähkötyöt 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 autamaan rakentajaa vapaaehtoisesti ja palkatta. Molemmissa tapauksissa rakentajan kannattaa huolehtia riittävästä vakuutuksista.

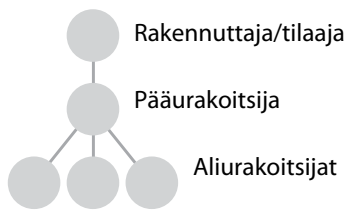
Palkattu työvoima

Jos rakennuttaja palkkaa työntekijöitä työmaalleen, hänen ja työntekijän välille muodostuu työsuhde. Tällöin rakennuttaja on velvollinen huolehtimaan työntantajavelvollisuuksista. Hänen tulee palkan maksun lisäksi pidättää työntekijän palkasta ennakonpidätys, suorittaa työnantajan sosiaaliturvamaksu ja huolehtia tarvittavista eläke- ja tapaturmavakuutuksista.

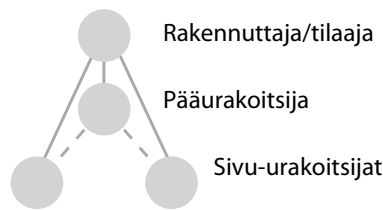
Urakkamuodot

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.

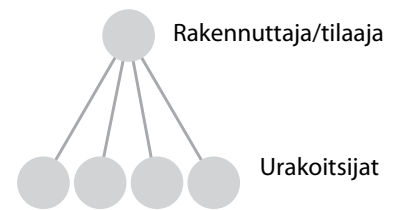
Kokonaisurakka



Jaettu urakka



Osaurakka



Kuva 3.12. 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 määriä, 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.

Kukin urakkamuoto on rakennushankkeeseen ryhtyvän kannalta erilainen koordinoitavuuden ja taloudellisen riskin suhteen. Rakennuttajan tulee arvioida mm. missä määrin hän pystyy osallistumaan hankkeen toteutukseen, töiden yhteensovittamiseen ja urakaneuvotteluihin. Asiantuntevan rakennuttajakonsultin palkkaaminen on kannattava vaihtoehto, ellei itsellä ole aikaa tai osaamista huolehtia rakentamisesta, sopimustekniikasta 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 mm. lisätöiden vuoksi. Kokonaisurakassa taloudellisen riskin kantaa pääurakoitsija, joten urakkahinnat ovat

todennäköisesti sen vuoksi korkeampia kuin erikseen kilpailutetut osaurakat. Kokonaisurakassa rakennuttajalla ei ole myöskään yleensä mahdollisuutta osallistua työhön ja siten vähentää hankkeen kustannuksia. Rakennuttajan kannattaakin palkata työmaalle valvoja, joka valvoo hänen edustajanaan pääurakoitsijan työskentelyä, työn jälkeä ja aikataulua.

Harkkorakentamisessa kokonaisurakka muodostuu tyypillisesti silloin, kun rakennuttaja tilaa kivitalo-toimittajalta talopaketin ja sopii työn toteutuksesta valitsemansa urakoitsijan kanssa. Kivitalo-toimittajilla on ympärillään urakoitsijaverkosto, josta asiakas voi pyytää tarjouksia. Urakkasopimusta solmittaessa tulee sopia myös siitä, kuka hoitaa talopaketin ulkopuolisten materiaalien tilauksista, rakennuttaja vai pääurakoitsija.

Pääurakoitsija ei aina 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 edellisestä poiketen toteuttaa hankkeen myös osaurakkana, jolloin hän kilpailuttaa kunkin urakkakokonaisuuden itse. Tällöin jokainen urakoitsija on suoraan sopimussuhteessa rakennuttajaan ja rakennuttajalla on koordinoitavuus eri urakoitsijoiden



Kuva 3.13. Rakennuttajan tai rakennushankkeen ryhtyvän tulee yhteensovittaa työmaalla tehtävät urakat siten, että työt voidaan tehdä tehokkaasti ja turvallisesti.

kesken. Osaurakassa rakennuttajan on mahdollista tehdä osa työvaiheista itse. Hän voi lisäksi saada alempia tarjousia pienemmistä urakkakokonaisuuksista. Näin syntynyt säästö jää hänen edukseen. Toisaalta hän myös kantaa taloudellisen riskin, jos säästöjä ei synnykään.

Osaurakka vaatii rakennuttajalta aikaa ja osaamista rakentamisessa, töiden yhteensovittamisessa, sopimustekniikassa sekä valvonnassa. Jos osaamista ei ole, kannattaa rakennushankkeeseen ryhtyvän palkata hankkeeseen rakennuttajakonsultti, joka hoitaa tarjouspyynnöt, tarjousten vertailun, sopimusten teon ja eri urakoitsijoiden töiden yhteensovittamisen hänen puolestaan.

Jaettu urakka

Kolmas mahdollinen urakkamuoto on jaettu urakka, jossa pääurakoitsijan lisäksi hankkeeseen osallistuu sivu-urakoitsijoita. Sivu-urakoitsijat 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, takka-asennuksen tai muita vastaavia työkokonaisuuksia. Tällöin rakennuttaja vastaa näiden urakoiden tarjouspyynnöistä tai jopa toteuttamisesta itse.

Kuva 3.14. Valuharkkorakentamisen toteutuksen aikataulu muodostuu ladonnasta, raudoituksesta, sähkö- ja vesiputkituksesta sekä betonivaluista.



3.5 Harkkorakentamisen aikataulu- ja kustannussuunnittelu

Realistinen toteutusaikataulu

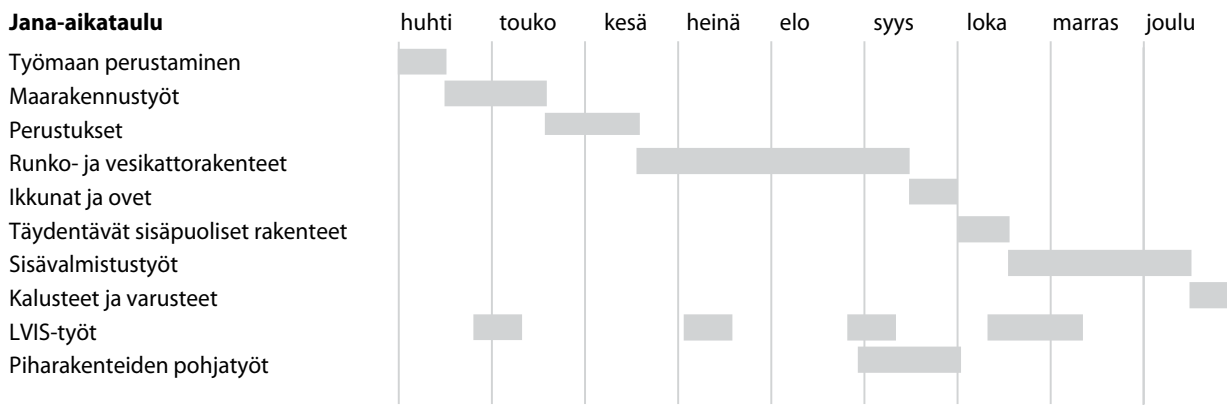
Työmaatoteutuksen aikataulu voidaan laatia, kun kohteen määrätiedot, toteutus- ja tuotantotapa, sekä materiaalit on tiedossa. Aikataulu kuvaa, miten tärkeimmät työvaiheet ajoittuvat, milloin työssä tarvittavien materiaalien ja kaluston tulee olla työmaalla ja mitkä ovat työvaiheiden keskinäiset riippuvuudet.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

Edellä mainittuja nimikkeitä tarkennetaan hankkeen edetessä 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 kuivahtanut sulamisvesien jäljiltä. 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 syysateita sekä talvipakkasia. Näin edeten sisävalmistusvaiheen töihin voidaan keskittyä talvella ja pihatyöt jäävät seuraavaan keväeseen ja kesään. Kohteen koosta ja tuotantotavasta sekä hankkeen ominaisuuksista riippuen voi rakennus valmistua lyhyemmässäkin ajassa.



Pihatyöt jatkuvat seuraavana keväänä. Julkisivurappaukset tehdään yhden lämmityskauden jälkeen.

Kuva 3.15. Pientalohanke alkaa tyypillisesti keväällä maarakennustyöillä ja valmistuu seuraavana talvena.

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. Urakkasopimukseen 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 materiaalityöt. Suunnitelmamuutokset ja liian myöhäinen tilausajankohta lisäävät riskiä.

Aikataulussa tulee varata riittävästi aikaa myös viimeistelytyöille ja loppusiivoukselle.

Hankkeen taloudellinen hallinta

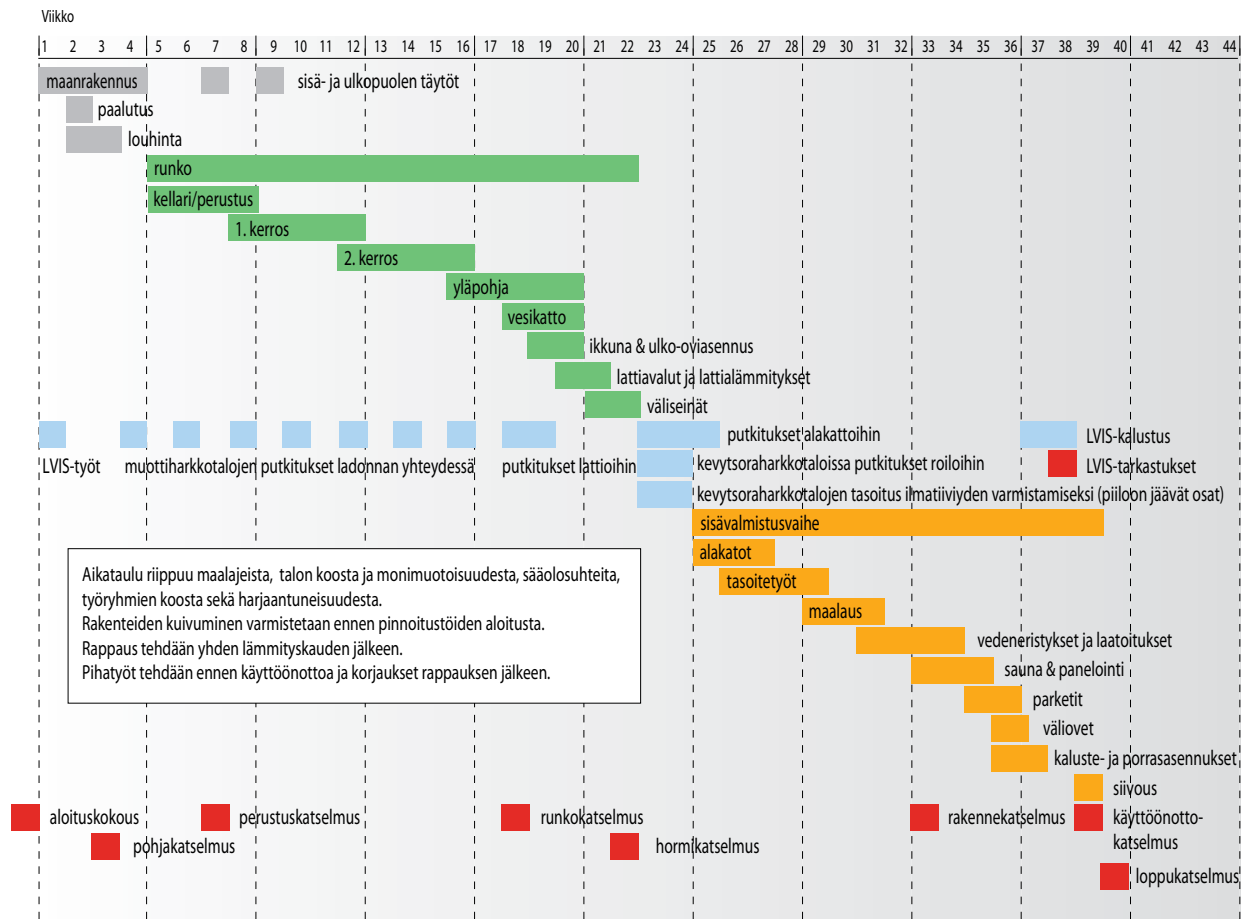
Pientalorakennuttajan tehtävä on johtaa hanketta ja vastata hankkeen taloudellisesta hallinnasta. Hankkeelle tulee laatia ajoissa realistinen kustannuslaskelma ja kustannuslaskelmaa vastaava rahoitussuunnitelma. Kustannuslaskelmaa tulee käyttää suunnittelun

apuvälineenä, kun tarkastellaan eri suunnitelmaratkaisujen ja materiaali- ja toteutusvaihtoehtojen vaikutusta kokonaiskustannuksiin. Kustannuslaskelmaa tulee ylläpitää ja päivittää sitä mukaa kun suunnitelmat tarkentuvat ja työn ja materiaalihankintojen hinnat täsmentyvät. Näin pysytään selvillä hankkeen kokonaiskustannusten ennusteesta.

Kustannuslaskelmien laadinnassa voidaan käyttää apuna kustannuslaskentaohjelmia. Harkkorakentamisen kustannuslaskentaohjelma Kivitalolaskin on käytettävissä osoitteessa www.harkkokivitalo.fi. Sen avulla voi arvoida rakennuksen koon, kerrosluvun, rakennuksen muodon, energiataloudellisuuden, perusratkaisujen, 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 hankkeen alkuvaiheen budjetointiin, 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



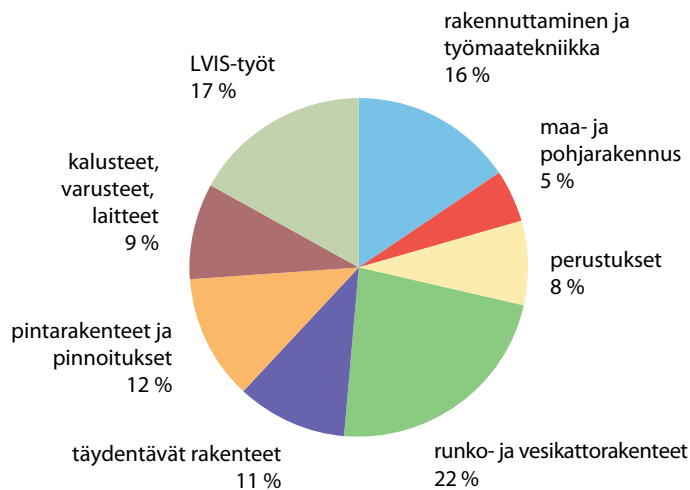
Kuva 3.16. Pientalo-kohteen rakennusvaiheen aikataulu. Hankesuunnitteluun, hankintoihin ja rakennusluvan hakemiseen on käytetty noin vuosi ennen rakentamisen aloittamista. Aikataulu on esimerkinomainen. Lopulliset töiden kestot riippuvat mm. toteutusmuodosta sekä talon koosta ja muodosta.

rakentamisvaiheessa, mutta kustannukset määräytyvät jo suunnitteluvaiheessa. Tästä syystä suunnitteluvaiheessa on tärkeää ylläpitää kustannuslaskelmaa, jolloin voidaan arvioida eri vaihtoehtojen ja ratkaisujen vaikutusta koko hankkeen kustannuksiin.

Suunnittelu- ja hankintapäätöksiä tehtäessä tulee tarkastella myös päätösten ja valintojen käytönaikaisia kustannuksia. Materiaalien kestävyydellä, huoltotarpeella sekä energia- ja käyttökulujen suuruudella on suuri merkitys asumisen aikaisiin kuluihin.

Pientalohankkeessa merkittävimpiä kustannuseriä ovat runko- ja vesikattorakenteet, LVI-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.

- tila- ja suunnitteluratkaisuihin 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.
- hankkeen ajoituksesta ja aikataulusta, kireä aikataulu ja runkotöiden ajoittuminen talveen nostavat kustannuksia
- toteutustavasta eli siitä kuinka paljon omaa työtä hankkeeseen käytetään ja kuinka ostettu työ organisoidaan sekä



Kuva 3.17. Rakennushankkeen kustannukset jakautuvat kuvan esittämällä tavalla. Kohdekohtaiset erot voivat kuitenkin olla suuria. (lähde: Rakennustutkimus Oy).

- hintatekijöistä. Lopulliset hinnat muodostuvat kaupan käynnin ja neuvottelun tuloksena. Tähän vaikuttavat mm. suhdannetekijät, henkilökohtaiset suhteet sekä neuvottelu- ja sopimustaidot.

Jokainen omakotitorakennuttaja miettii varmasti, kuinka paljon omaa työpanosta käyttämällä voisi alen-
taa hankkeen kustannuksia. Käytettävissä olevan ajan ja työn määrää pohtiessa kannattaa olla realistinen, ettei lupaisi itselleen tai muille liikkoja. Hartiapankkirakentamisessa voi omalla työllä säästää enimmillään noin 20...30 % rakennuskustannuksista. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennushankkeeseen ryhtyvä tekee itse kaikki rakennushankkeen työt, jotka saa tehdä ilman tiettyä pätevyyttä tai lupia.

Noin puolet hankkeen rakennuskustannuksista, ilman tonttikustannuksia, muodostuu materiaalikuluista. Kustannustietoinen rakennuttaja pyytääkin tarjouksia useammilta materiaalivalmistajilta ja urakoitsijoilta. Lisäksi hän pyrkii vaikuttamaan hankkeen sujuvuuteen varmistamalla töiden hyvä 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, joten tarkkaa loppusummaa hankkeelle ei kukaan voi etukäteen kertoa. Voidaan kuitenkin tunnistaa tekijöitä, jotka ennustavat suurta kustannusriskiä. Näitä ovat

1) 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 jommassa kummassa tapahtuu muutoksia. Joidenkin suunnitteluratkaisujen hintavaikutuksien selvittämiseksi voidaan materiaali-toimittajilta tai urakoitsijoilta pyytää alustavaa hinta-arvioita suunnitelmien perusteella.

2) Liiallinen optimismi. Oman työn osuus arvioidaan yläkanttiin. Uskotaan toisia rakentajia, jotka ovat rakentaneet oman kotinsa niin ja niin halvalla. Aliarvioidaan kustannusarviossa esimerkiksi hankalan tontin tai halutun varustelutason aiheuttamat kulut.

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 kysyä etukäteen hinta-arvio teräsvalmistajalta ennenkuin 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 oltu otettu huomioon kustannuslaskelmassa, koska työ oli suunniteltu tehtäväksi kesällä.

Kustannusvaikutus: + 2 000 . . . 10 000 €.

3) Osaamisen ja kokemuksen puute hankkeen johtamisessa. Ensikertaa rakennushankkeeseen ryhtyvän kannattaa palkata hankkeeseen kokenut yhteistyökumppani. 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 hintansa väärti.

4) 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 kustannuksia hankkeelle, mutta se tulee kuitenkin tehdä, koska vielä kalliimmaksi tulee huonojen suunnitelmien toteuttaminen tai niiden muuttaminen rakennusvaiheessa.

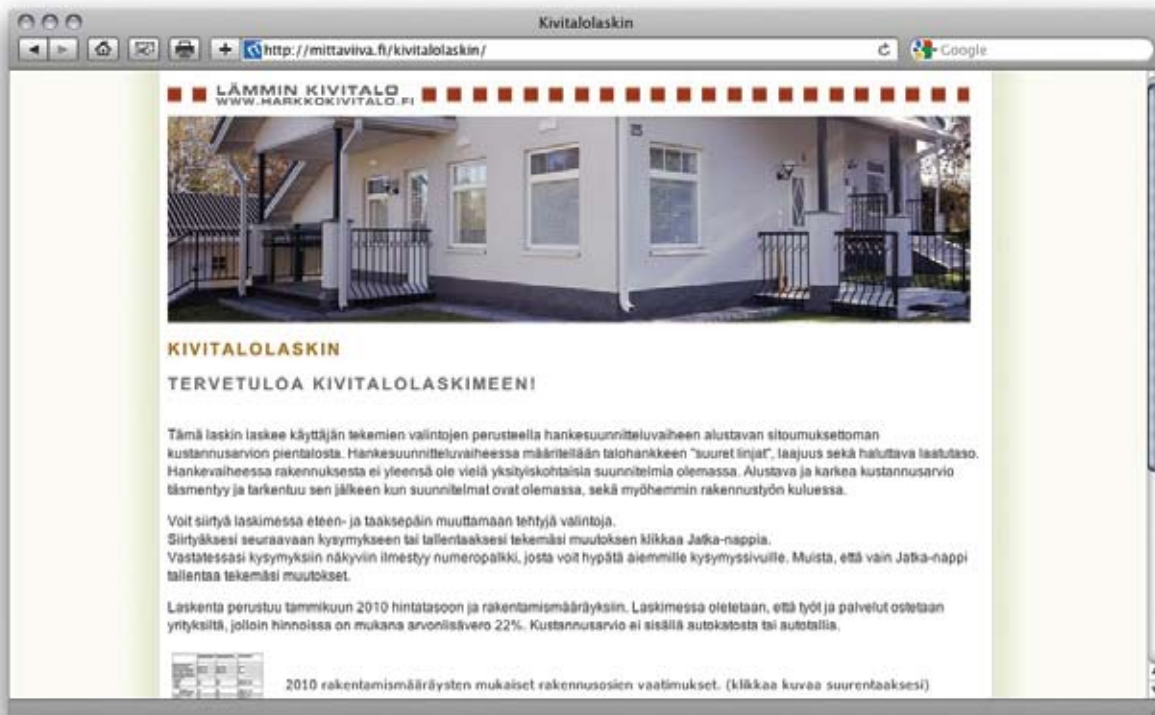
3.6 Työmaan hankinnat

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. Tässä tekstissä 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.

Kaikista keskeisimmistä urakkasuorituksista ja materiaalityöistä kannattaa pyytää tarjoukset useammalta urakoitsijalta ja materiaalityöntekijältä.



Kuva 3.18. Kivitalolaskin on käytettävissä osoitteessa www.harkkokivitalo.fi. Sen avulla voi arvioida eri tekijöiden vaikutusta hankkeen kokonaishintaan.

Kivitalopakettien osalta tarjouspyyntö voidaan korvata tarjoussisältöpalaverilla, jossa käydään läpi asiakkaan tarpeet ja tämän perusteella kivitaloalvomitaja tekee tarjouksen halutusta kohteesta.

Vaihtoehtoisesti rakennuttaja voi lähettää tarjouspyyntöjä eri harkkotoimittajille. Tarjouspyynnön tulee olla yksikäsitteinen ja yksityiskohtainen ja se tulee lähettää samanlaisena 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 jätö- ja voimassaoloaika. Mukaan liitetään tarvittavat suunnitelma-asiakirjat. Näiden tulee olla nk. työ- tai toteutuspiirustuksia ei rakennusluvan hakemista varten laadittuja nk. lupakuvia.

Tarjoukseen voidaan liittää valmiiksi muotoiltu tarjouspohja, johon tarjouksenantaja täyttää pyydetty 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 läh- tökohtana lisä- ja muutostöistä sovittaessa.

Tarjosten vertailu

Tarjouksia vertailtaessa verrataan eri tarjosten sisältöjä, tarjoussummia ja ilmoitettuja yksikköhintoja. Tarjouksen laatija on voinut poiketa tarjouspyynnöstä, joten summat eivät välttämättä ole sellaisenaan vertailukelpoisia.

Urakka- ja yksikköhinnan ohella tulee arvioida kuitenkin myös urakoitsijan kykyä selviytyä suunnitellusta urakasta resurssien, ammattitaidon ja yhteistyön kannalta. Näytöt urakoitsijan luotettavuudesta ja sitoutumisesta hankkeen aikatauluun tulee ottaa

Kuva 3.19. Harkot kannattaa jakaa lähelle muurattavaa seinää.



huomioon valinnassa. Vertailussa kannattaa ottaa mahdollisuuksien mukaan huomioon urakoitsijan esittämät suositukset tai referenssikohteet. Lisäksi, jos mahdollista, kannattaa tarkistaa urakoitsijan luottotiedot ja yrityksen ikä.

Tarjousten summia tulee verrata kustannuslaskelmasa varattuun summaan. Mikäli tarjoukset ylittävät kustannuslaskelman summan, tulee miettiä keinoja, joilla kustannuksia voitaisiin alentaa. Tarvittaessa voidaan järjestää uusi tarjouspyyntökierrös tai tarjouspyyntöpalaveri.

Sopimusten laadinta

Tarjouskilpailun voittajaksi valitaan sopivin tarjous. Kannattaa muistaa, että halvin tarjous ei ole aina ole asiakkaan kannalta edullisin.

Valitun urakoitsijan kanssa järjestetään urakaneuvottelu, jossa varmistetaan yhteisymmärrys työn sisällöstä, siihen mahdollisesti haluttavista muutoksista, niiden hintavaikutuksista, aikataulusta ja työn laatuvaatimuksista. Sopimuksella vahvistetaan se, että molemmilla on sama käsitys työn sisällöstä, aikataulusta ja laatusasta 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. Malleja sopimuksille 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 takuu-aika ja takuuajan vakuudet ja lisä- ja muutostyökäytännöt.

Materiaalihankinnat

Rakennushankkeeseen ryhtyvä voi pyytää harkko-toimittajalta tarjouksen ns. harkkotalopaketista, joka sisältää tietyt materiaalit. 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 3.20. Harkkolavat kannattaa nostaa kuormasta perustusten läheisyyteen käsin siirtelyn vähentämiseksi.

Harkkoja myyvät myös rauta- ja rakennustarvike-liikkeet sekä osa maataloustavaraliikkeistä ympäri Suomea. Esitteitä ja tietoja harkkoista sekä harkkorakentamisesta saa mm. rakennuskeskuksista ja harkkovalmistajien internet-sivuilta. Harkkotoimituksiin sovelletaan betonituotteiden kuluttajakaupan yleisiä sopimusehtoja (2004).

Materiaalihankinnoissa noudatetaan samanlaista tarjouspyyntömenettelyä kuin työurakoiden kohdalla. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee laatia materiaalityömituksen tarjouspyyntö, jossa hän esittää vähintään

- tarjoukseen sisällytettävien harkkojen laatu ja määrä harkkotyypeittäin
- muut tarjoukseen sisällytettävät materiaalit kuten laastit, raudotteet, betoni sekä tarjoukseen sisällytettävät tarvikkeet
- haluttu toimitusaika reunaehtoineen
- tarvittava purkukalusto sekä
- tilaajan ja rakennuskohteen yhteystiedot.

Harkkotoimittaja vastaa tarjouspyyntöön tarjouksella, jossa käy ilmi mm. toimituksen sisältö, toimitusaika ja -tapa, tarjouksen voimassaolo, hinta ja maksuehdot, kuljetus, vakuutukset sekä muut tarjouksen hyväksytävyyteen ja tarjousten vertailuun vaikuttavat seikat. Kuljetuskustannukset eivät 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 yhden kuukauden ajan sen päiväyksestä, ellei toisin mainita.

Tilaaaja eli rakennushankkeeseen ryhtyvä tekee valinnan eri tarjousten välillä. Materiaalityömitusten osalta tulee vertailla saatuja tarjouksia vastaavalla tavalla. Materiaalien osalta valintaan vaikuttavat hinnan lisäksi myös materiaalin laatu, luotettavuus, referenssit, asennuksen helppous ja varmuus, huoltoväli ja -kustannus sekä toimitusaikataulu ja -varmuus. Lisäksi kannattaa tarkistaa, ovatko tuotteet ovat tyyppihyväksytyjä ja normien mukaisia, mikä niiden päästöluokitus on ja kuuluvatthan rahtikulut tarjoushintaan.

Kaupan katsotaan syntyneen, kun ostaja ja myyjä ovat allekirjoittaneet kauppakirjan tai tilaus on kirjallisesti vahvistettu.

Mikäli toimitusajankohtaan on pitkä aika tilausvahvistuksen antamisesta, on toimittajalla oikeus muuttaa hintoja vastaamaan toimituspäivän hintatasoa. Hintatason muutoksesta on ilmoitettava viipymättä tilaajalle. Jos hinnan korotus on enemmän kuin 10 %, tilaajalla on oikeus purkaa sopimus.

TARJOUSPYYNTÖ

Tilaaja

Osoite _____

Puhelin _____

Rakennuskohde

Osoite _____

Harkot ja laastit

Perustusharkot (laatu, määrä) _____

Eristeharkot (laatu, määrä) _____

Muut harkot (laatu, määrä) _____

Muurauslaasti (laatu, määrä) _____

Tarvikkeet

Muurauskelkka _____

Kevytsoraharkkosaha _____

Perusmuurilevy _____

Ajo-ohjeet

Toimitus ja kuorman purku

Päiväys ja allekirjoitus

Harkkojen työmaatoimitus

Harkot pakataan kuljetuksia varten kuormalavoille, joille menee harkkoja noin 1,5 m³. Harkkojen lukumäärä vaihtelee luonnollisesti harkkotyyppin ja koon mukaan. Lava 3/650-kevytsoraharkkoja painaa noin 1000 kg. Vastaavasti lavallinen muurattavia tai valettavia betoniharkkoja painaa 1000–1400 kg harkkotyyppistä 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 saamia 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 6 metriä.

Harkkotoimitukseen on hyvä yhdistää kuivalaastin ja muiden rakennusmateriaalien ja tarvikkeiden toi-

mittaminen työmaalle. Rakennuspaikalla tavaran vastaanottaja tarkistaa materiaalimäärät lavoittain ja arvioi silmämääräisesti harkkojen laadun sekä tekee kuormakirjaan merkinnät havaituista virheistä tai kuljetus- ja käsittelyvaurioista.

Harkot kannattaa jakaa tai varastoida työmaalla siten, että tarpeettomia siirtoja työaikana 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 laatastion päälle, tulee rakennesuunnittelijalta varmistaa, mihin kohtiin ja kuinka nopeasti laatastion valun jälkeen harkkoja voidaan varastoida. Yleensä harkot suositellaan varastoitaviksi kantavien väliseinien kohdalle.

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

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 (jatkuu)
- pintavesikatselmus, kun tontin pinta on suunnitelmien mukaan muotoiltu ja katto- sekä pintavesien pois johtaminen järjestetty
- lämpö-, vesi- ja ilmanvaihtolaitteiden katselmuksot, kun lämmityslaitteistot, vesi- ja viemärlaitteistot, ilmanvaihtolaitteistot ja savuhormit on tehty, mitattu ja säädetty
- LVI-lopputarkastus, josta kirjoitetaan todistus
- sähkö tarkastus
- 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 katselmuksot on pidetty

3.7 Toteutuksen valvonta ja ohjaus

Rakennushankkeen valvonta voidaan jakaa viranomaisvalvontaan ja hankkeen sisäiseen valvontaan. Valvonnan tehtävä on varmistaa, että työ tehdään lain ja määräysten mukaisesti sekä lopputulos vastaa suunnitelma-asiakirjoissa määriteltyjä tavoitteita ja vaatimuksia.

Viranomaisvalvontaa ovat työmaalla tehtävät katselmuksot ja tarkastukset hankkeen eri vaiheissa.

Hankkeen sisäinen valvonta ja ohjaus kohdistuu hankkeen aikatauluun, kustannuksiin, turvallisuuteen sekä työsuoritusten toteutukseen, valmiin työn laatuun ja sopimuksen mukaisuuteen.

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, mittauksen ja kokeiden tekemisestä sekä dokumentoinnista.

Vastaava työnjohtaja hoitaa myös viranomaisvalvontaan liittyviä tehtäviä. Hän huolehtii mm. siitä, että rakennusluvassa tai rakennusvalvonnan aloituskokouksessa määrätyt katselmuksot ja tarkastukset pidetään oikea-aikaisesti.

Valvoja toimii rakennuttajan edunvalvojana. Hän valvoo, että hanke etenee aikataulun mukaan, pysyy budjetissa ja 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, niihin pitää puuttua.

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

4 Harkkorakentaminen

4.1 Maatyöt

Pohjatutkimus

Rakennuspohjan tiedot tulee selvittää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, mielellään jo ennen tontin ostoa tai 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 perusrakenteissa 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, tiiviitä karkearakeisia maakerroksia soraa, hiekkaa tai moreenia, voidaan pientalon pohjatutkimus usein korvata maastotarkastelulla. Maastotarkastelun tekeminen vaatii asiantuntemusta ja sen perusteella tulee laatia kirjallinen suositus, jossa esitetään perustamiseen liittyvät asiat. Helppoissa kohteissa tämän voi tehdä talon rakennesuunnittelija.



Kuva 4.1. Tela-alustainen kaivinkone.

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 viemärointitavan valintaa, pe-

Taulukko 4.1. Maalajien kuvaus, routivuus ja suunnittelumoduuli.

Maalajiryhmä	Maalaji	Kuvaus	Routivuus	Suunnittelumoduuli E_k , MN/m ²
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 silttikerrostumat	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 silttikerrostumat	Routiva	1...3
	Savi, siltti	Hyvin pehmeät savi- ja silttikerrostumat	Routiva	< 1

rustamissyvyyden määrittämisestä 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 kuivatus- ja kaivuutöitä silmällä pitäen.

Maapohjan luokitus

Pientalon perustusten suunnittelua ja rakentamista varten rakennuspohjat voidaan jakaa maalajien perusteella taulukon 4.1 mukaisesti. Tärkeimmät rakennuspohjan luokitusperusteet ovat routivuus ja painumaominaisuuksia kuvaava suunnittelumoduuli.

Kallio

Talon alle jäävät louhitut tai kallion luonnolliset painaumat täytetään betonilla, jotta niihin ei kerry 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 (porausta, panostusta, täkkäys¹ 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.

Kuva 4.2. Teräspaalujen päähän valetut paaluanturat, joiden päälle asennetaan tai valetaan sokkelipalkit.



Moreeni

Moreenikerrostumien kokoonpuristuminen on erittäin vähäistä ja luonnontilaisen moreenin varaan rakennetun talon painumat ovat merkityksettömän pieniä. Toisaalta kivisyys ja tiiviys hankaloittavat kaivuutyötä.

Moreenipohjalle on usein tarkoituksenmukaista 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 sora-kerrokset säilyttävät luonnontilaisen tiiviytensä.

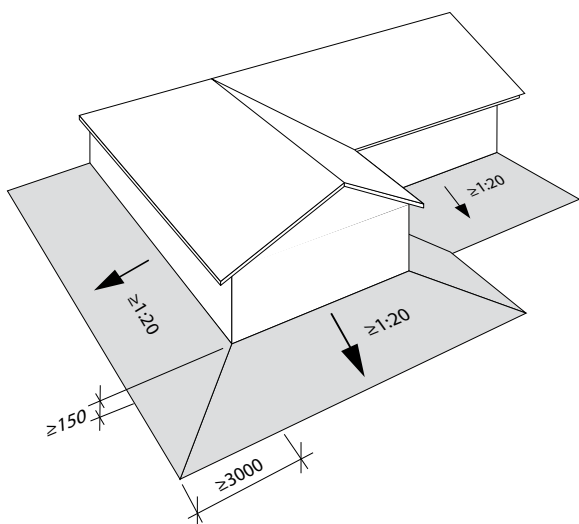
Perustusten suunnitteluun vaikuttavat tekijät määräytyvät lähinnä maalajin ja sen rakeisuuden perusteella. Useissa tapauksissa, esimerkiksi harjuissa, riittää, että maastotarkastuksissa tunnistetaan maalaji. Sen sijaan rinnekerrostumissa ja harjujen lievealueilla sekä joki- ja tulvakerrostumissa saattaa pinnassa olevien hiekka-kerrosten alta löytyä hienorakeisia maalajeja. Silloin tarvitaan tarkempaa pohjatutkimusta.

Kaivuutöissä 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.

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,



Kuva 4.3. Maanpinnan kallistukset rakennuksen ympärillä pintavesien poisjohtamiseksi.

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 maantäytöt kevytsoralla voidaan vähentää kuormitusta ja käyttää normaalia maanvaraisperustamista.

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. Turhan 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.

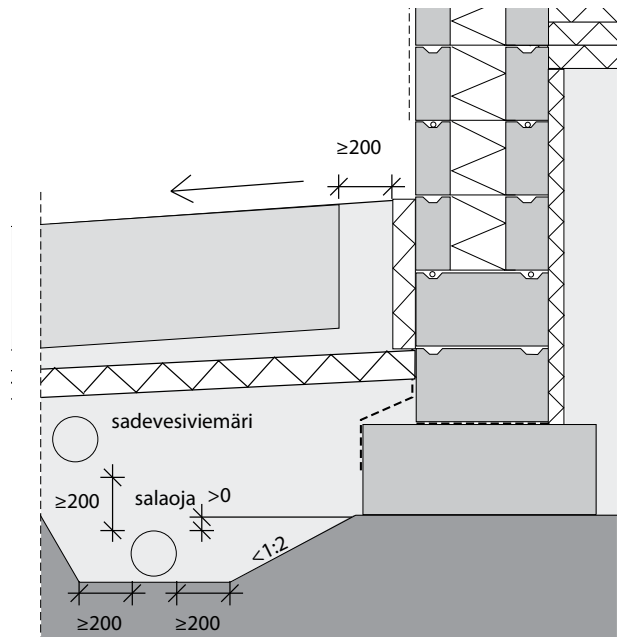
Tuulettuvassa alapohjassa sokkelin korkeus määräytyy Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaan siten, että ryömintätilan tulee olla vähintään 0,8 metriä korkea. Jos ryömintätilaan sijoitetaan vesiputkia tai viemäreitä, on ryömintätilan oltava vähintään 1,2 metriä korkea (SRakMK D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot).

Suomen Rakentamismääräysten mukaan anturan ja laattaperustuksen perustussyvyyden tulee olla vähintään 500 mm viereisestä maanpinnasta mitattuna. Routivalla maapohjalla on maanvaraiset perustukset ja muut roudan aiheuttamille liikkeille alttiit rakenteet perustetaan roudattomaan syvyyteen tai routasuojataan.

Tonttialueen kuivatus

Jotta sade- ja sulamisvedet eivät virtaisi rakennusta kohti, maanpinta muotoillaan rakennuksesta pois päin viettäväksi 3 metrin matkalla vähintään 15 cm. Tasaisella tontilla kallistukset tehdään täyttämällä. Rinnetontilla täyttöjen paksuus kasvaa, koska ylärinteen puolelle

Kuva 4.4. 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 salaojituserroksen paksuuden tulee olla vähintään 0,2 m.



ei useinkaan ole mahdollista tehdä kallistusta leikkauksella. Pintavedet ohjataan kallistuksin sadevesikairoihin tai avo-ojiin. Katolta tuleva sadevesi johdetaan syöksytorviin asennettuihin rännikairoihin, jotka on yhdistetty sadevesiviemäriin tai imeytysjärjestelmään. Sadevesiä ei saa johtaa salaojaverkostoon.

Salaojitus

Salaojituksen tavoite on kerätä maahan imeytynyt sade- ja sulamisvesi salaojajärjestelmiin sekä katkaista pohjavesipinnasta nouseva kapillaarinen veden nousu rakennuksen kohdalla.

Salaojaputket asennetaan rakennuksen ympärille 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, mielellään 1:100. Perusmuurin sisäpuolisten ja alapohjien alapuolisten salaojien vähimmäiskaltevuus on kuitenkin aina 1:100. Kulmiin, nurkkiin ja mutkakohtiin asennetaan tarkastuskaivot tai -putket. Rakennusvalvontaviranomainen tarkastaa putkitukset ennen niiden peittämistä.

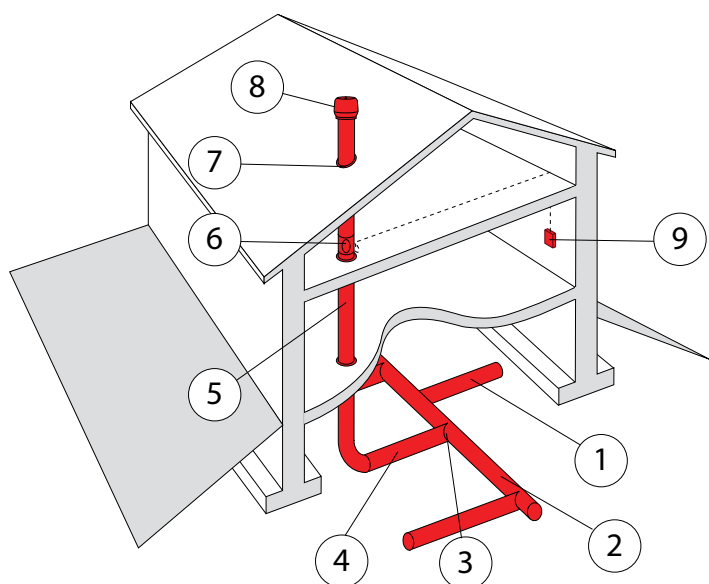
Suosittelua on asentaa salaojaputki suoraan tasatun pohjamaan varaan levitetyn suodatinkankaan päälle. Suodatinkangas estää maa-ainesten sekoittumisen. Salaojaputkea ympäröivä täyttö ulottuu vähintään 200 mm putken sivuille ja vähintään 200 mm putken

laen yläpuolelle. Ympäristäytön tulee olla yhteydessä putken alapuoliseen kapillaarikatkerrokseen. Perusmuuria, sokkelipalkkia tai kellarin seinää vasten olevan pystysuuntaisen salaojituserroksen paksuuden tulee olla vähintään 0,2 m.

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

Maaperän painuminen, putkien tukkeutuminen hienoaineksella, juurten kasvu tai mahdollisen pumppaamon rikkoutuminen voivat aiheuttaa ongelmia ajan saatossa. Tämän vuoksi salaojaputket tulee asentaa hyvin tiivistetyn maakerroksen päälle tai suunnitelmien mukaiselle arinalle. Hienoaineksen kulkeutuminen järjestelmään estetään riittävällä paksuilla salaojasora- tai -sepelikerroksilla sekä tarvittaessa suodatinkankaalla. Pumppaamo varustetaan hälyttimellä, joka varoittaa häiriöistä pumpun toiminnassa.

Tarvittaessa salaojaputket ja -kaivot routasuojataan.



Kuva 4.5. 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. Säätepellillä (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 81-10791 Radonin torjunta.

Radonkaasulta suojautuminen

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

Sosiaali- ja terveysministeriön asettama radonpitoisuuden yläraja uudisrakentamisessa on 200 Bq/m³. Radonarvot vaihtelevat rakennuspaikan mukaan ja ovat tyypillisesti korkeita soraharjualueilla.

Monissa kunnissa radonin estämisestä vaaditaan suunnitelma jo rakennuslupaa haettaessa. Suunnitelma voi perustua joko rakennuksen alapohjan tiivistämiseen tai tuulettamiseen, tai molempiin.

Tiivistäminen

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

Kevytsoraharkkojen ilmanpitävyys ei yksin riitä estämään radonin kulkeutumista sisätiloihin, joten kevytsorarakenteen pinta ja saumat tulee tiivistää ohutrappaamalla rakenne molemmin puolin sekä asentamalla tiivistyskaistoja rakenteen kriittisiin kohtiin. Kevytsoraharkkoista tehty kellariseinän ulkopinta tiivistetään kauttaaltaan kumibitumikermillä. Kermin suojaksi on suositeltavaa asentaa perusmuurilevy

listoineen. Seinän lämmöneristettä mitoitettaessa tulee aina varmistaa, että kosteus ei tiivisty harkkorakenteeseen.

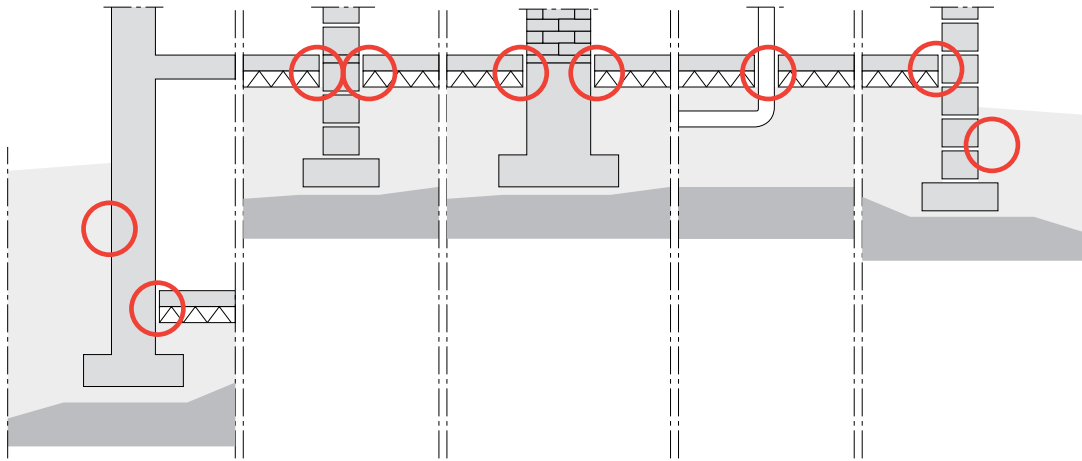
Betonivaluharkkorakenteet ovat itsessään riittävän ilmanpitäviä radonia vastaan, mutta niissäkin kriittisiin kohtiin tulee asentaa tiivistyskaistat ja tulee kiinnittää erityistä huomiota liitoskohtien tiivyyteen.

Riittävän paksu ja valuvaiheessa hyvin tiivistetty maanvarainen **betonilaatta** estää tehokkaasti radonin kulkeutumisen laatan läpi. Laatan paksuuden on oltava vähintään 80 mm ja halkeilun vähentämiseksi jälkihoito tulee tehdä huolellisesti. Läpiviennit ja liitokset tiivistetään huolellisesti.

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 liituskappaleineen sekä poistopuhaltimesta, jolla radonpitoinen ilma imetään rakennuspohjasta. Salaojituskerroksen ilmanläpäisevyyden on oltava parempi kuin perusmaan, jotta tuuletusjärjestelmä toimii.

Imukanavisto suunnitellaan rengasmalliseksi tai monihaaraiseksi. Ratkaisuja voidaan myös yhdistellä tilanteeseen soveltuvalta tavalla. Kanavisto tehdään ta-



Kuva 4.6. Radonin torjunnan kannalta kriittiset kohdat. Lisätietoa RT 81-10791 Radonin torjunta.

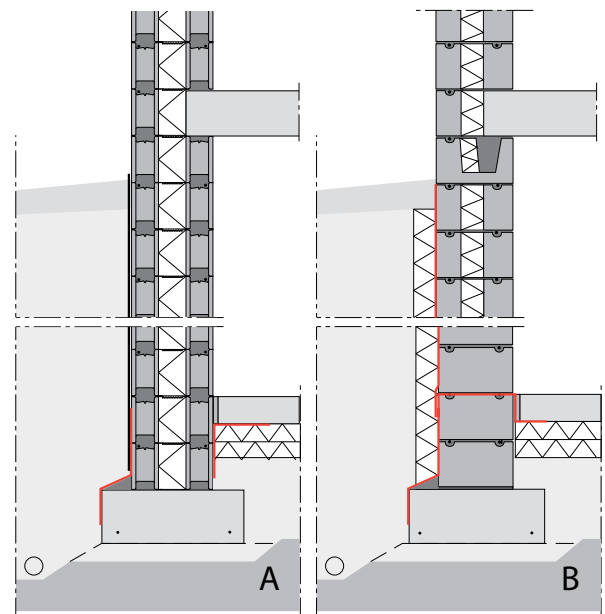
vallisesta tai kaksoiseinämäisestä salaojaputkesta. Perustusten läpi vietäessä imukanavana käytetään tiivistä putkea tai kanava sijoitetaan tiiviin putken sisälle.

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 osassa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto vaatimusten mukainen.

Ryömintätalaisessa tuulettuvassa alapohjassa ei tarvita imuputkistoa, kun ryömintätalaisen alapohjan tuuletus järjestetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 Kosteus mukaisesti.

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

Lisätietoja radonin torjunnasta saa RT-kortista 81-10791 Radonin torjunta. RT-kortteja myyvät Rakennustiedon kirjakaupat ja verkkokauppa.



Kuva 4.7.

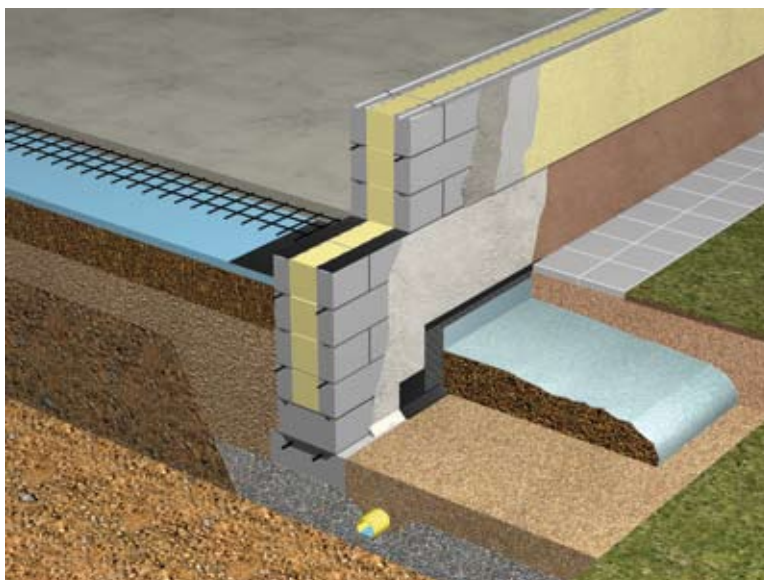
Maanvaraisen laatan liittymä harkkorakenteeseen tiivistetään kumibitumikermikaistalla.

A) Betonivaluharkkorakenne on riittävän ilmanpitävä radonia vastaan, mutta pinnoitus voidaan tarvita kosteudeneristyksen vuoksi.

B) Kevytsojarahkkorakenteinen kellarin seinä tulee ohutrapata ulko- ja sisäpinnalta. Lisäksi ulkopintaan kiinnitetään kumibitumikermi.

Lisätietoa RT 81-10791 Radonin torjunta.

Kuva 4.8 A) Maanvarainen alapohja:
anturaharkko.



Kuva 4.8 B) Ryömintätällainen alapohja:
paalutus



Kuva 4.8 C) Kellarillinen perustus: paikalla-
valettu betoniantura.



Perusmuurin suurimmat sallitut mittapoikkeamat, luokka 2
(Lähde: RunkoRYL)

Perusmuurin paksuus	± 8 mm
Perusmuurin käyryys ja kaltevuus	± 3 ‰
Perusmuurin kaltevuus enintään	18 mm
Kaltevuus toisiin rakennusosiin rajoituessaan	± 1,5 ‰
Perusmuurin sivusijainti	± 8 mm
Etäisyys viereisiin rakennusosiin	± 8 mm

4.2 Perustukset

Maatyöt

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.

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

Matala- ja syväperustukset

Perustukset siirtävät rakennuksen painon kantavalle maapohjalle. Perustamistavat jaetaan matala- tai syväperustuksiin sen mukaan ulotetaanko kuormitukset routimattomaan syvyyteen vai ei.

Matalaperustuksia ovat maanvaraiset antura- ja laataperustukset sekä kevennysperustukset. Pientalojen

yleisin perustamistapa on matala perusmuuri-antura-perustus. Kevennysperustusta, joka perustuu maamassojen vaihtamiseen rakennuksen alla, käytetään huonosti kantavilla maapohjilla.

Syväperustuksissa perustusrakenteet viedään routimattomaan syvyyteen saakka, jolloin routasuojasta ei tarvita. Roudaton perustussyvyys on Suomessa alueesta riippuen 1,6–2,6 m. Syväperustus toteutetaan joko pilari- tai paaluperustuksina tai vaihtamalla matalaperustustyyppisen rakenteen alle pysyvästi routimattomana säilyvä täytesorastus. Nämä ovat kuitenkin kustannussyistä harvinaisia perustamistapoja.

Yleensä on edullisempaa perustaa routasyvyyden yläpuolelle ja käyttää routaeristystä. Hinta ei kuitenkaan ole perustustavan valinnassa määräävä tekijä, vaan valintaan vaikuttavat mm. rakennuspohjan laatu, rakennuksen muoto ja käyttötarkoitus, käytettävät rakenteet sekä rakennuspaikan sijainti ja korkeussuhteet. Jokaiseen kohteeseen tulee valita teknisesti ja taloudellisesti parhaiten soveltuva perustamistapa. Suunnittelun lähtökohta onkin rakenteen riittävä lujuus sekä lämmön- ja kosteudeneristys. Suunnitteluun ja toteutukseen kannattaa panostaa, sillä perustustöissä tehtyjä virheitä on vaikea ja kallis jälkikäteen korjata.

Kevytsora- ja betoniharkot ovat käsiteltävyytensä, lämmöneristysominaisuuksiensa ja lujuutensa ansiosta suosittuja perustusmateriaaleja. Harkkope-



Kuva 4.9. Paikallavalettu ja porrastettu antura.

rustuksia käytetään varsinkin omakoti- ja rivitaloissa sekä erilaisissa tuotanto-, liike- ja varistorakennuksissa. Vakio- ja erikoisharkkoja käyttämällä voidaan rakenteet muurata tai valaa nopeasti ilman muotti- ja lisäeristystöitä. Kevyiden rakennusten kuten lomamasuntojen, autokatosten, aitojen yms. perustamiseen on puolestaan saatavilla pilariharkkoja, jotka toimivat muottina pilarivalulle.

Betoniharkko on materiaalina ilmanpitävää, joten perustusten pintakäsittelyvaatimukset ovat vähäistä. Betonin lämmönjohtavuus ja siitä mahdollisesti aiheutuvat kylmäsiilat tulee ottaa huomioon suunnittelussa. Valettavia betoniharkkoja ja pystyraudoitusta käyttämällä saadaan hyvä kestävyys maanpainetta vastaan.

Samassa rakennuksessa voidaan myös yhdistellä useita erilaisia perustamistyyppöjä. Käytettävän harkon, materiaalin ja harkkokoon tulee täyttää aina sen päälle tulevan alapohjan (esimerkiksi ontelolaatan) tukipintavaatimukset sekä lämmöneristysvaatimukset. Seuraavassa esitellään muutamien harkkoperustusten rakentamista. Näitä ovat harkkoantura ja -perusmuuri yhdistettynä maanvaraiseen tai kantavaan alapohjaan, pilariperustus sekä kellarillinen perustus. Tuotekohtaisia työohjeita on saatavilla harkkovalmistajilta.



Kuva 4.10. Kevytsoraharkkoperusmuuri ja raudoite

Järjestelyt työmaalla

Harkot kannattaa jakaa tasaisesti perustuslinjojen läheisyyteen työmaatoimituksen yhteydessä. Näin työn aikana ei jouduta siirtelemään harkkoja turhaan.

Myös laastiaseman sijainti tulee suunnitella siten, että sieltä on mahdollisimman lyhyet ja turvalliset kulkureitit työkohteisiin. 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 riittävä kalustoa harkkojen ja laastin siirtoihin. Betonivaluharkkojen valu tehdään yleensä pumppubetoniautolla tai erillisellä pumppuautolla.

Anturaa ja perusmuuria muurattaessa tai valettaessa ei yleensä tarvita telineitä, mutta kellarinseinien pystyttämisessä oikein suunnitellut, tukevat ja turvalliset telineet ovat välttämättömät. Telineille tulee varsin huomattavat kuormat, koska niitä kuormittavat harkot, muurauslaasti ja työntekijät. Työtasoilla laastipaljujen ja harkkojen sekä muurattavan seinän väliin tulee jäädä n. 60 cm vapaata liikkumis- ja työtilaa.

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

Kuva 4.11. Anturan valua valmismuottiin.



Anturan tekeminen

Aluksi perustuskaivannon pinta tasataan ja kallistetaan 1:50 ulkoseinille päin. Täyttö tiivistetään tärylevyllä korkeintaan 300 mm kerroksina. Anturaharkkojen alla olevat epätasaisuudet tasataan sorakerroksella 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 suunnitelmien mukainen rauditus ja ne valetaan suunnitelmien mukaisella betonilla.

Jos maapohja on kalteva, anturarakenne porrastetaan 200 mm korkuisin askelmin, jolloin porrastus sopii harkkojen korkeuteen. Porrastukset ja harkkojako suunnitellaan siten, ettei harkkoja jouduta turhaan katkaisemaan. Anturan leveys on yleensä 400–600 mm ja korkeus 200 mm. Pilarianturoiden koko on puolestaan 600 x 600 mm tai 800 x 800 mm.

Anturat voidaan myös valaa betonista. Tällöin valumuotti tehdään ja raudoitetaan tasatun ja tiivistetyn sorakerroksen päälle. Valuun asennetaan rakennesuunnitelmien mukaiset tartunnat perusmuurille tai pilareille. Muottina voidaan käyttää purettavia puisia muotteja tai valmismuotteja, jotka jäävät rakenteeseen. Valmismuotissa olevat raudoitteet toimivat sellaisenaan tai lisäraudoitteiden kanssa anturan raudoituksena.

Perusmuurin muuraus betoni- ja kevytsoraharkoista

Perusmuurin muuraus aloitetaan nurkasta, jonka sijainti ja korkeus määritellään huolellisesti. Perusmuurin mittatarkkuus varmistetaan muurausjohteiden ja linjalankojen avulla. Johteisiin merkitään harkkovarvien 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 perustusta.

Harkkojen muurauslaastina käytetään yleensä kuiva-laastia, jonka joukkoon työmaalla lisätään vesi. Veden tulee olla puhdasta ja sekoituksessa noudatetaan valmistajan ohjeita sekoitussuhteista ja –ajasta. Sekoittessa tulee käyttää hengityssuojaimia. Suuriin kohteisiin laasti voidaan tilata myös siilotoimituksena.

Tarvittaessa laasti voidaan myös sekoittaa työmaalla myös muuraussementistä, hiekasta ja vedestä. Valmis laasti tulee käyttää noin 3...4 tunnin kuluessa sekoituksesta.

Kevytsoraharkkojen lämmöneriste on harkkokuorta pidempi, jolloin liittymä viereiseen harkkoon on tiivis.



Kuva 4.12. Muurauskelkalla laastikerroksesta tulee tasainen.



Kuva 4.13. Rakosaumaan on asennettu mineraalivillakaista ja muurausside.

Eristeharkkojen pystysaumoissa ei käytetä laastia. Myöskään pontillisissa, ohutsaumamuurattavissa kevytsoraharkkoissa ei käytetä laastia pystysaumoissa.

Eristämättömien muurattavien perustusharkkojen pystysaumoissa käytetään laastia. Harkko työnnetään kiinni edellisen harkon päätypintaan. Harkko lasketaan alas valmiin laastikerroksen päälle, minkälätkeen harkkoa ei liikutella, ettei harkon ja laastin tartunta heikkene. Harkko voidaan koputella kuminuijalla paikoilleen.

Vaakasaumoissa käytetään ns. rakosaumaa, jonka lämmöneristävyys on parempi kuin täyden sauman. Laastinlevityksessä käyttää muurauskelkkaa, jolloin saadaan tasainen ja oikean muotoinen laastikerros oikeaan kohtaan. Kelkan käyttö säästää työtä, laastia ja parantaa lopputulosta.

Muuratun harkkokerroksen urat täytetään laastilla ja uriin painetaan rakennesuunnitelman mukaiset teräk-

set. 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 tulee nurkissa olla rakennesuunnitelmien mukaiset tai vähintään 900 mm.

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 suunnitelmien mukaiset liikuntasaumot halkeilun estämiseksi.

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

Kuva 4.15. Anturamuotin päälle ladottu kellarin valuharkkoseinä.



Perusmuuri valuharkoista

Valuharkkoperusmuurien mittatarkkuus tarkistetaan samoin kuin muurattavien perusmuurien. Valettavat harkot ladotaan päällekkäin limittäen, jolloin harkkojen valuontelot jäävät auki betonointia varten. Ladonnassa ei käytetä laastia pysty- eikä vaakasaumoissa.

Ladottu harkkorakenne raudoitetaan suunnitelmien mukaan vaaka- ja pystyraudoituksella. Raudoitusta viedään taivutettuna kulmien yli ja limitetään jatkoskohdissaan suunnitelmien mukaan.

Harkot kastellaan ennen valua, jotta betonimassa ei tartu kuivaan harkkopintaan ja muodosta nk. rotankoloja valuun. Betonin lujuuden kehitys voi muuttua, jos kuiva harkko imee liikaa kosteutta betonista. Talvella kastelua ei saa tehdä jäätymisriskin vuoksi.

Rakenne tuetaan huolella ennen valua ja ontelot valetaan täyteen notkealla betonimassalla. Betoni tiivistetään täryttimellä. Valukorkeudessa noudatetaan harkkovalmistajan ohjeita. Jos harkkorakennetta ei valeta koko korkeudelta yhdellä kertaa, valusauma tehdään harkon keskelle, ei harkkosauman kohtaan. Rakenteeseen tehdään suunnitelmien mukaiset liikkunsaumat.

Valuharkkojen katkaisussa käytetään timanttilaikkaa sekä hengityksen-, silmien- ja kuulonsuojaimia. Roi- lotusta vältetään ja esimerkiksi sähköputket sijoitetaan valuonteloihin ennen valua.

Kellarin harkkoseinä

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.

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

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



Kuva 4.16. Valu voidaan peittää muovilla liian nopean kuivumisen estämiseksi.

Kellarin käyttötarkoitus määrää harkkoseinän lämmöneristysvaatimukset. Yleensä rakenteen lämmöneristys suunnitellaan vastaamaan asuintiloja. 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. Ulkopuolinen eriste ja eristetyt kevytsoraharkot limitetään, ettei seinään muodostu kylmäsiltaa.

Kellarin seinä voidaan tehdä myös kauttaaltaan betonisilla eristetyillä valuharkoilla, jolloin ulkopuolista eristettä ei tarvita. Routaeriste voidaan silti joutua asentamaan.

Kuva 4.17. Pilarin tekoa pilariharkoista. Harkon raudoitteet asennetaan onteloon ja ontelo valetaan betonilla.



Pilariharkkoperustus

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

Harkkopilarien tekemiseen on saatavilla pilarivaluharkkoja. Harkot ladotaan valetun anturan päälle oikeaan korkoon, raudoitetaan ja valetaan täyteen betonilla.

Pilariharkkoperustus routasuojataan kylmien rakenteiden rakennesuunnitelmia noudattaen.

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

- kevytsoraharkkorakenne eristetään radonin takia bitumilla tai bitumikermillä ulkopuolelta.
- betonista valuharkkokellarinseinää ei tarvitse eristää radonin vuoksi. Kosteusteknisen toiminnan vuoksi voidaan tarvita kosteuseristys.
- valuharkkoseinään voidaan lisätä tarpeen mukaan pystyraudoitusta maanpainetta vastaan
- kevytsoraharkkoilla käytetään vain vaakaraudoitusta
- valuharkkoilla voidaan seinä tehdä eristeharkkoilla, jolloin ulkopuolista lämmöneristettä ei tarvita.
- kevytsoraharkkoilla maanvastaisen seinän alaosa tehdään eristämättömillä harkkoilla ja eristetään ulkopuolelta.

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 putsataan lumesta ja jäädästä esimerkiksi harjaa, lehtipuhallinta, höyrytystä tai lämmitystä apuna käyttäen. Jäätä ja lunta ei saa sulattaa suolalla raudoitusten korroosion takia vaan lämmittämällä tai höyryttämällä. Muurauslaasti suojataan kosteudelta.

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

Betonivaluharkkojen valua edeltävää kastelua ei tehdä pakkaskelillä. Käytettävät materiaalit kuten betoni, laasti ja uretaani valitaan sääolosuhteiden, käytettävän suojaus- ja muottikaluston sekä kustannusten perusteella siten, että betonin kovettuminen ei vaarannu. Rakennesuunnittelijalta tai betonitoimittajalta varmistetaan ennen betonin tilausta mitä massaa voidaan käyttää. Betonin kovettumisprosessia voidaan nopeuttaa käyttämällä joko pakkasbetonia, nopeasti kovettuvaa betonia tai lämmitettyjä massoja. Tilattaessa pakkasbetonia tulee varmistaa, että pakkasbetoni on pakkasenkestävää laatua eli kestää toistuvaa

jäätymis-sulamisrasitusta. Pakkasbetonin käytöstä ja käyttäytymisestä saa parhaiten tietoa betonimassan valmistajilta. Lämmitetyssä sääsuojassa voidaan käyttää normaaleja kesäkelin betonimassoja. Pakkasbetoni on kalliimpaa kuin normaali betonimassa, mikä tulee ottaa huomioon kustannuslaskelmissa.

Tehokkain lämmitystapa talvella on valuharkon lämmitys ja kuumabetonin käyttö. Kuumabetonin työstettävyyttä heikkenee kuitenkin nopeasti, jolloin valuun voi jäädä onteloita.

Betonin ominaisuuksien 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 lujuuden kehitys on varmistettu. Betoni K30 saavuttaa normaalisti kovettuvaa sementtiä käytettäessä jäätymislujuuden 5°C lämpötilassa 2,5 vuorokaudessa. Betonin lujuusluokkaa korottamalla jäätymislujuus 5 MPa saavutetaan nopeammin. Jäätymislujuus tarkoittaa lujuutta, jonka saavutettuaan betonirakenne ei vahingoitu jäätyessään, mutta toistuvaa jäätymissulatusrasitusta se ei kestä.

Betonin lujuutta voidaan arvioida kypsyyslaskelmilla. Kypsyyslaskeminen perustuu lämpötilan mittauk-



Kuva 4.18. Talvella tulee huolehtia riittävästä sääsuojauksesta, lämmityksestä ja liukkauden poistosta. Jäätynyt betoni ei saavuta suunniteltua lujuutta, joten jäätynyt rakenne joudutaan yleensä purkamaan. Purkamiskustannukset ovat moninkertaiset lämmittämiseen ja suojaukseen verrattuna.

siin valetusta rakenteesta. Arviointi ei ole kovin tarkka, mutta pientalorakentamisessa riittävän luotettava, helppo ja edullinen menetelmä. Valmisbetonitoimitajat tarjoavat myös palvelua, jossa lujuudenkehitys arvioidaan tietokonelaskelmin tai lujuus mitoitetaan olosuhdekoekappaleista.

Lujuudenkehityksen arviointiin löytyy ohjeita Suomen Betoniyhdistyksen Betoninormeista (2004) BY 50 tai Betonitiedon teoksesta Talvibetonointi (1999). Käyrästöt 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.

Jälkihoito tehdään suojaamalla valu tiiviillä suojalla, joka estää veden haihtumisen rakenteesta. Lämpötilan ollessa alle $+0\text{ }^{\circ}\text{C}$, jälkihoitoa ei saa tehdä kastelemalla.

Talvirakentamisen muistilista

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

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
- betonialapohjan alle tarvitaan yleensä imukanavisto radon-kaasun tuulettamiseksi
- soveltuu huonosti kaltevalle rakennuspaikalle täyttötöiden määrän vuoksi.

Maanvarainen alapohja

Maanvarainen alapohja on yleinen ja edullinen vaihtoehto rakennuspaikalla, jossa korkeuserot rakennusala² la² ovat enintään noin 500 m. Jos korkeuserot ovat suuremmat, kannattaa arvioida kantavan ryömintätalaisen alapohjan mahdollisuutta. Kalteva rakennuspaikka lisää perusmuurin korkeutta ja täyttöjen paksuutta. Myös rakennuksen ylärinteen puolelle on muotoiltava riittävä kallistus, mikä yleensä vaatii täyttötöitä.

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.

Tässä esitetty rakenne koostuu betonivaluharkkoanturasta ja -perusmuurista, täytöistä sekä maanvaraisesta paikallavaletusta alapohjasta lämmöneristyksineen. Harkkoanturan ja -perusmuurin tekemistä on kuvattu tarkemmin edellisissä luvuissa.

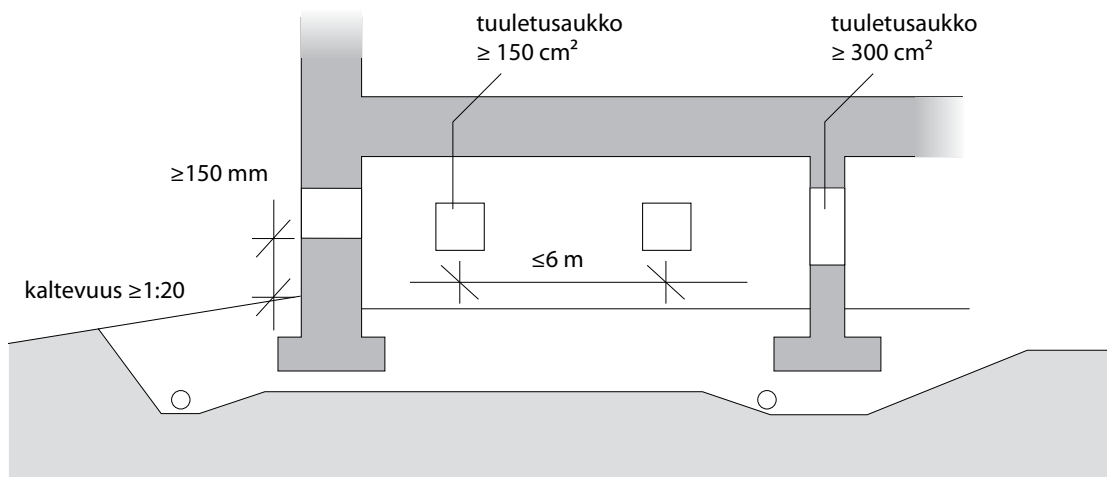
Anturan, perusmuurin ja maanvaraisen alapohjan tekeminen etenee seuraavasti

- Humuskerros poistetaan rakennusosalta ja noin 1...1,5 m levydeltä rakennusalan ulopuolelta.

² Rakennusosalalla tarkoitetaan aluetta, joka ulottuu noin 3 m rakennuksen ulkopuolelle.

Humuksen paksuus on yleensä alle 300 mm.

- Ulkoseinien perustusten alle kaivetaan rakenne- suunnitelmien mukaiseen syvyyteen noin metrin levyinen kaivanto. Rinnemaastossa kaivanto ja antura porrastetaan 200 mm nousuin. Anturan pohjataso muutos tulee olla kuitenkin $\leq 1:3$.
- 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.
- Suositeltua on asentaa salaojaputki suoraan tasatun pohjamaan varaan levitetyn suodatinkankaan päälle. Salaojaputken ympärillä tulee olla salaojituskerros, joka ulottuu vähintään 200mm putken sivuille ja yläpuolelle. Salaojituskerroksen tulee olla yhteydessä alapohjan alla olevaan kapillaarikatkokerrokseen. Yleensä yhteys järjestetään sokkeli-palkkien tai anturan aliviedyllä kapillaarikatkokeroilla, tai anturoihin tai perusmuureihin tehtyjen virtausaukkojen kautta.



Kuva 4.19. Ryömintätilan tuuleuksesta tulee huolehtia riittäväillä tuuletusaukoilla. Mikään alapohjan nurkka ei saa jäädä tuulettumatta. Huomaa, että tuuletusputkien ritilät pienentävät tehollista tuuletusaukon pinta-alaa.

- Anturaharkot ladotaan ja valetaan oikeaan kokoonsa. Anturaan tehdään rakennesuunnitelmien mukaiset tartunnat.
- Harkkoperusmuuri muurataan tai ladotaan ja valetaan suunnitelmien mukaan. Varmistetaan raudoitteiden riittävät jatkospituudet.
- Perusmuurin ulkopinnan vesieristyksessä otetaan huomioon perusmuuriin kohdistuva kosteusrasitus. Jos kosteusrasitus on vähäinen, perusmuuri oikaisetaan 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 pois päin 3 m matkalla vähintään 150 mm ($\geq 1:20$). Tarvittavat kallistukset on tehtävä täyttämällä, tasamaata ei voida alentaa rakennuksen ympärillä.
- Ennen maanvaraisen alapohjan valua asennetaan alapohjan alle tulevat sähkö-, vesijohto- ja viemäriputket tai niiden varaukset sekä riittävä salaojituskerros, vähintään 300 mm. Radonputkisto asennetaan salaojakerrokseen.
- Maanvarainen laatta voidaan tehdä ennen vesikatetta tai sen jälkeen. Maanvaraisen laatan alla käytetään lämmöneristeenä solupolystyreeniä (EPS,

XPS), puhallettua kevytsoraa tai kovaa mineraalivillaa. Rakennuksen nurkissa ja reunoilla routasuojaus tehdään paksummaksi.³ Lämmöneristekerroksen päälle asennetaan suodatinkangas, joka estää valun tunkeutumisen eristeiden puskusaumoihin.

- Raudoitettu betonilaatta valetaan tiivistetyn kapillaarikerroksen, täyttökerroksen ja lämmöneristeiden päälle.

Kantava alapohja ja ryömintätilan tuuletus

Kantavan alapohjalaataston alle jää tuulettu ryömintätila. Suomen Rakentamismääräyskokoelman C2 mukaan ryömintätila tulee tuulettaa perusmuurin tuuletusaukkojen tai –putkien kautta ulkoilmaan niin, että ryömintätilaan ei muodostu umpinaisia, väliseiniä tai palkkien erottamia tuulettumattomia tiloja.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen yhteispinta-alan tulee olla vähintään 4 ‰ ryömintätilan pinta-alasta, kun ryömintätila tuulettetaan 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.

Aukkojen koko tulee olla vähintään 150 cm² sekä auk-

³ Routasuojausohjeita on esitetty tarkemmin mm. kirjassa Talonrakennuksen routasuojausohjeet (2007, Rakennustieto Oy)

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 puristuspuunnan 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.
- Laatasta ei saa kuormittaa ennen kuin sen saumat on valettu ja saumabetoni on saavuttanut riittävän lujuutensa.

kojen väli ei saa olla yli 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 se suunnitellaan aina tapauskohtaisesti.

Ryömintätilaan on järjestettävä tarkastusmahdollisuus ja pääsy kaikkialle tilaan. Sisätiloihin sijoitetun tarkastusluukun tiiveydestä 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 viemärlaitteistot).

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

Ontelolaatta-alapohja

Ontelolaatat kannattaa tilata asennettuina. Asennus on nopea työvaihe, jos työt on suunniteltu ja valmistettu huolella eli työmaalla on riittävä nostokalusto ja hyvät nostoreiitit. Nostokaluston teho määräytyy elementtien koon, painon ja nostoetäisyyden mukaan. Ontelolaattojen vakioleveys on 1200 mm ja pituus 10–15 m. Ontelolaatat painavat noin 200–400 kg/m². Työmaalla tulee varmistaa, että nosturin, elementtien ja kuljetusauton liikkumiselle on riittävästi tilaa ja maapohja kestää raskaiden kulkuneuvojen painon.

Elementtien asennusalustan, esimerkiksi perusmuurin yläpinnan tasaisuus ja oikea korko tulee tarkistaa ennen onteloasennuksen 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 ja oikea korko. Elementit asennetaan asennuskaavion mukaisille paikoille, sillä

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 aiheuttava lämmönhukka
- maanvaraista alapohjaa suuremmat rakennuskustannukset.

ulkonäöltään samanlaiset elementit saattavat olla mitoitetut kantamaan erilaisia kuormia.

Elementtien varmuusketjut irrotetaan juuri ennen elementin laskua paikalleen ja nostosakset, kun elementti on tukevasti paikoillaan. Onteloiden saumat raudoitetaan ja betonoidaan notkealla juotosbetonilla, jonka raekoko on yleensä 8 mm. Saumat tiivistetään sullomalla.

Ontelolaatta-alapohja eristetään laataston ala- tai yläpuolelta. 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.

Liittolaatta-alapohja

Liittolaattarakenteen muodostuu betonisen kuorilaatan, raudoituksen ja paikallavaletun betonin yhdistelmästä. 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. 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. Liittolaataston jännevälit ovat kuorilaatoilla 8–9 m ja teräsvoimulevyillä 6–7 m. Teräsvoimulevyä käytettäessä tulee ottaa huomioon, että betoni pääsee kuivumaan vain yhteen suuntaan, jolloin kuivumisaika voi jopa kolminkertaistua verrattuna samanpaksuiseen molempiin suuntiin kuivuvaan betonilaattaan.

Perustusten kosteuden hallinta

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

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

Maata vastaan olevien kevytsoraharkkorakenteiden vedeneristys tehdään rakennesuunnittelijan ohjei-



Kuva 4.20. Perusmuurin vedeneristystä bitumikermeillä.

den mukaan. Tyypillisesti esimerkiksi kellarin seinissä kevytsoraharkkopinnat slammataan, rakenteen ulkopintaan asennetaan bituminen vedeneristys ja sen suojaksi perusmuurilevy listoineen. Vaikka rakenteen kosteustekninen toimivuus ei edellyttäisi bitumikermiä, voidaan kevytsoraharkkoista tehty kellarinseinä silti joutua tiivistämään kauttaaltaan kumibitumikermillä radonkaasun vuoksi (RT 81-10791 Radonin torjunta).

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

Jos maanpinnan alapuolista perustusta ei eristetä kauttaaltaan kumibitumikermillä, 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. Vaativimmissa kosteusolosuhteissa käytetään jatkuvia vedeneristeitä, kuten kumibitumikermejä.

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 vietään anturatasoon asti tai vähintään 300 mm lattiapinnan alapuolelle. Perusmuurilevyn yläreuna sijoitetaan 0...100 mm maanpinnan alapuolelle ja suojataan erityisellä reunalistalla. Perusmuurin näkyvä osa oikaisurapataan ja pinnoitetaan rouhepinnoitteella, rapataan tai maalataan esimerkiksi sementtipohjaisella maalilla.

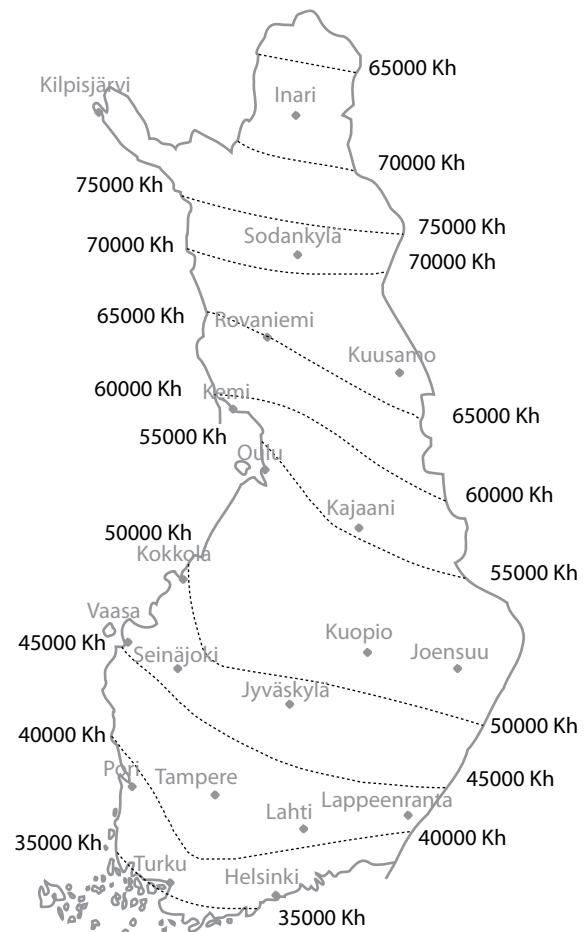
Mahdollinen lisälämmöneristys asennetaan vedeneristeen ulkopuolelle. Se voidaan suojata patolevyllä.

Kapillaarisen kosteuden eristäminen

Muuratussa kevytsora- tai betoniharkkorakenteessa itse harkon kapillaarisuus on vähäinen, mutta muurauslaastin kapillaarisuus on varsin suuri. Kapillaarisen imun aiheuttama kosteuden nousu maasta laastisau-
mojen kautta voidaan estää tekemällä lattiatason alapuoliset 1...2 harkkokerrosta ilman laastia pystysaumoissa, jos rakenteiden kuormitukset sen sallivat.

Harkkoperustuksen ja siihen liittyvien puurakenteiden väliin tehdään kapillaarisuuskatko esimerkiksi kumibitumikermistä tai vastaavasta materiaalista. Katkon tarkoituksena on myös estää kutistumis- ym. liikkeiden siirtyminen perustuksen ja seinärakenteen välillä.

Kuva 4.21. Mitoitusilmastovyöhykkeet (F_{50} Kh) eli kerran 50 vuodessa toistuva pakkasmäärä.



Perustusten routasuojaus

Kun rakennus perustetaan routivalle maalle roudatoman perustamissyvyyden yläpuolelle, tulee käyttää routasuojauksia. Routasuojauksen tehtävä on estää roudan tunkeutuminen perustusten alle. Vaikka rakennus olisi perustettu routimattomalle maalle, voidaan joutua tekemään routasuojaus salaajajärjestelmän jäätyksen estämiseksi. Routasuojauksen mitoitus on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 Rakennuksen lämmöneristys ja kirjassa Talonrakennuksen routasuojausohjeet (Rakennustieto Oy). Tässä esitetään vain routasuojauksen periaatteet.

Routaeristeiden mitoitukseen vaikuttavat perusmuurin lämmönjohtavuus, rakennuksen sijainti eli pakkasmäärä, rakennuspaikan maalajien routivuus. Lisäksi lämpimästä rakennuksesta pääsee lämpöä maahan, jolloin routaeristeen paksuus on pienempi kuin kylmissä rakennuksissa. Mm. passiivitaloissa maaperään karkaavaa lämpöä ei juuri ole, joten routaeristeitä on lisättävä perinteisiin lämpimiin rakennuksiin nähden.

Routaeristeiden asennus tehdään aina rakennussuunnittelijan määräämällä tavalla. Maanvastaisissa alapohjarakenteissa lämpimissä rakennuksissa routaeristeen leveys perusmuurista vaihtelee välillä 0,8...1,5 m riippuen paikkakunnan pakkasmäärästä sekä alapohjan lämmönvastuksesta. Ryömintätalaisessa alapohjassa routaeristeleveys on tyypillisesti

1,0...1,5 metrin välillä, mutta kosteusrasituksen pienentämiseksi eristys suositellaan tehtäväksi koko alapohjan alueelle. Kylmissä rakennuksissa kuten autokatoksissa ja varastoissa eristepaksuus ja routaeristeen leveys ovat suuremmat kuin lämpimissä rakennuksissa.

Routaeristysmateriaaleina voidaan käyttää kevytsoraa sekä erilaiset routasuojauslevyjä kuten paisutetusta polystyreenisolumuovista valmistettua EPS-levyjä ja suulakepuristetusta polystyreenisolumuovista valmistettua XPS-levyjä. Routasuojauslevyjen valinnassa otetaan huomioon niille tuleva kuormitus. Käytettävien lämmöneristysmateriaalien on säilytettävä eristysominaisuutensa koko rakennuksen iän.

Rakennuksen nurkat ovat erityisen alttiita roudan tunkeutumiselle rakennuksen alle. Tämän vuoksi routaeristettä on lisättävä 1,5...2,5 metrin matkalla nurkan molemmin puolin. Lisäys tehdään kasvattamalla eristepaksuutta noin 40 % ja tarvittaessa kasvattamalla myös eristekerroksen leveyttä riittävästi.



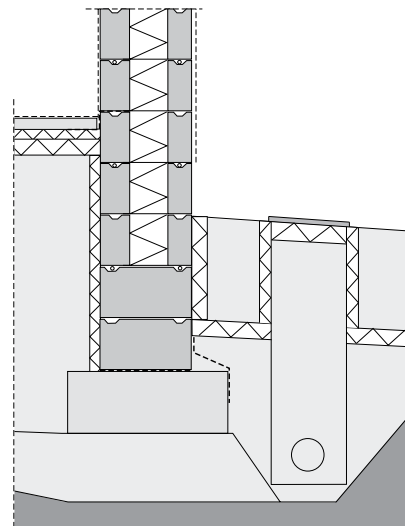
Kuva 4.22. Perustusten routasuojauksen asennusta pientalotyömaalla.

Maaperän routivuudesta, paikkakunnan pakkasmäärästä ja kaivusvyvyydestä 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 on routasuojataan, ettei kaivo muodosta kylmäsiltaa ja aiheuta routavaurioita kaivolle tai perustuksille. Kaivot suojataan kaivon sisään varsinaisen routaeristeeseen tasoon asennettavalla routaeristeellä tai ympäröimällä kaivo routaeristeellä ja asentamalla kaivon kanteen eriste.

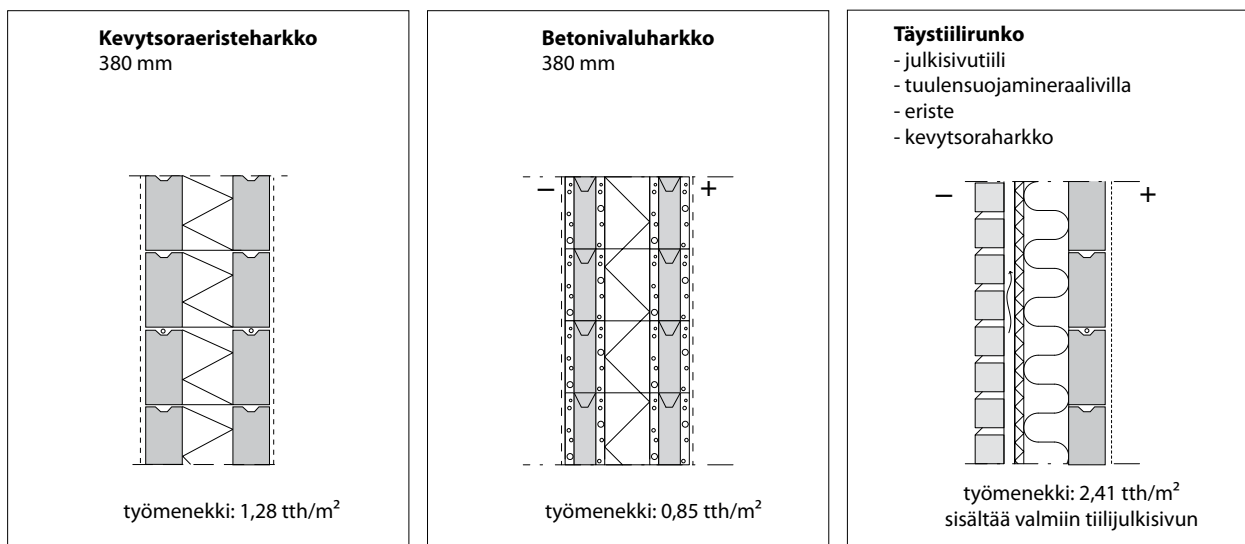
Rakentamisen aikaisessa routasuojauksessa käytetään lisäksi mm. polyeteenisolumuovimattoja, mineraalivillaa, suojapeitteitä ja lämmitystä.

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 maa-aineksella tai lähellä maanpintaa rakenteesta poispäin viettävällä muovikalvolla. Eri maa-ainesten sekoittuminen estetään tarvittaessa suodatinkankaalla. Seinän ulkopuolinen maanpinta muotoillaan ulospäin viettäväksi (kaltevuus > 1:20) noin 3 metrin etäisyydelle.



Kuva 4.23. Esimerkki salaojan tarkastuskaivon routasuojauksesta. Lisätietoa aiheesta: Talonrakennuksen routasuojausohjeet, VTT ja Rakennustieto Oy. 2007.



Kuva 4.24. Erilaisten kivirakenteisten ulkoseinäarakenteiden työmenekkejä. Työmenekki ilmoitetaan työntekijätunteina, joka kuvaa aikaa, joka yhdellä työmiehellä menee yhden neliömetrin aikaansaamiseksi.

4.3 Ulkoseinät

Lämpimien rakennusten ulkoseinissä käytetään tyyppillisesti eristettyjä kevytsora- tai betoniharkkoja. Eristeharkkojen nimellispaksuudet ovat nykyisellään 240 . . . 420 mm. Nimellispaksuudet sekä eristepaksuudet ja eristeen lämmöneristyskyky vaihtelevat valmistajittain tai tuotenimittäin. Harkkojen sopivuus rakenteen lujuus- ja lämmöneristysvaatimuksiin tulee kin tarkistaa aina kohdekohtaisesti.

Harkkorakenteinen ulkoseinä voidaan tehdä periaatteessa kolmella eri tavalla:

- eristetyistä kevytsora- tai betoniharkkoista muuraamalla, liimaamalla tai latomalla ja valamalla
- muuraamalla tai valamalla harkkoseinä ja eristämällä se halutulla lämmöneristeellä. Tällöin seinään tehdään riittävä tuuletusrako ja suunnitelmien mukainen julkisivuverhous, esimerkiksi tiiliverhous
- muuraamalla tai valamalla harkkoseinä, eristämällä se halutulla lämmöneristeellä ja tekemällä eristeen pintaan nk. lämpörappaus.

Tulevan seinän ympärille asetetaan linjalanka noin 2 mm seinän ulkoreunan ulkopuolelle. Nurkkien sijainti ja harkkokerrosten korkeusasemat tarkistetaan huolellisesti linjalankojen ja kulmatukien avulla.

Harkkoseinän muuraus tai ladonta aloitetaan asentamalla kumibitumikermi anturan tai perusmuurin päälle. Tarvittaessa anturan tai perusmuurin epätasaisuudet

tasataan muurattavilla harkkoilla laastikerroksella. Laddottavilla valuharkkoilla alin kerros tasataan suoraksi kiilojen avulla. Erityisesti valuharkkoilla alimman kerroksen suoruus on tärkeää, koska ladonnan aikana seinän oikaisu on vaikeaa. Tarvittaessa kiiloja voidaan käyttää myös myöhemmin asennuksen edistyessä.

Muurattu kevytsoraharkkoulkoseinä

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

Eristetyissä kevytsoraharkkoissa on kaksi harkkokuorta ja niiden välissä kuoret toisiinsa sitova polyuretaani- tai EPS-eristekerros. Kuoret sidotaan muurauksen yhteydessä toisiinsa muuraussiteillä ainakin väli- ja yläpohjien kohdalla sekä 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 uretaanivaahdo lämmöneristystä parantamaan. Muovisukassa olevaa villakaistaa ei kuitenkaan suositella käytettäväksi.



Kuva 4.25. Kevytsoraharkkotalo rakenteilla.

Muurattaessa harkot lasketaan edellisen harkon päätä vasten laastin varaan ja naputellaan paikoilleen kumivasaralla. Harkkoa ei saa tämän jälkeen liikuttaa laastin päällä, ettei laastin ja harkon välinen tartunta heikkene.

Harkkoseinässä käytetään rakennesuunnitelmien mukaista raudoitusta, useimmiten kutistumaraudoitusta $2 \text{ } \varnothing 8 \text{ k } 400^4$. Aukkojen ylä- ja alapuoliset saumat raudoitetaan aina. Raudoitus asennetaan laastipalkoon siten, että laasti ympäröi terästä joka puolelta vähintään 15 mm:n kerroksena korroosion estämiseksi ja hyvän tartunnan varmistamiseksi.

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 sahalla, 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 ra-

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

kennesuunnittelijan ohjeiden mukaan, esimerkiksi raudoitettuja palkkiharkkoja käyttäen. Palkkiharkot asennetaan ilman laastia pystysaumoissa, tuetaan huolella ja oikea sijainti tarkistetaan linjalangalla. Suunnitelmien mukainen rauditus tuetaan esimerkiksi muovivälikkeillä. Raudituksen tulee jatkua yhtenäisenä aukon kohdalla ja sen tulee jatkua vähintään 300 mm yli aukon reunan alemmassa ja vähintään 900 mm ylempässä palkkikerroksessa.

Palkkiharkossa oleva ura valetaan täyteen, esimerkiksi kuivabetonilla S100. Valussa ei saa käyttää laastia. Betonin on oltava niin juoksevaa, että se täyttää kunnolla koko uran ja että se voidaan tiivistää esim. laudan pätkällä. Betoniin ei saa jäädä nk. rotankoloja. 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 kovettuttua, esimerkiksi 1 . . . 2 viikon kuluttua valusta. Mikäli betonin kovettumisot ovat huonot, aika on pidempi. Lämpötiloja seuraamalla todetaan lujuuden kehittyminen.

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

Kuva 4.26. Ikkuna-aukon ylityspalkin tukeminen valua varten.



Kevytsoraharkkoseinissä aukkojen yläpuolella voidaan käyttää betoninormien mukaan mitoitettuja teräsbetonipalkkeja. Palkit ulotetaan aukon sivuille pielen puristuskestävyyttä vastaavasti, vähintään 300 mm.

Seiniin tuettavat ala-, väli- ja yläpohjat suositellaan tuettavaksi palkkiharkoista rakennetulle rengaspalkille, jossa on suunnitelmien mukainen jatkuva raudoitus (esimerkiksi 2 \varnothing 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 \varnothing 10 mm teräksellä on 900 mm.

Valettu betoniharkkouseinä

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

Valuharkot kastellaan ennen valua, ettei betonimassa tartu kuivaan harkkopintaan tai betonin lujuudenkehitys häiriinny, jos kuiva harkko imee liikaa kosteutta betonista. Talvella harkkoja ei kastella jäätymisriskin vuoksi.

Rakenteeseen tehdään rakennesuunnitelmien mukaiset vaaka- ja pystyraudoitukset sekä sisä- että ulkokuoreen.

Harkkojen valussa noudatetaan harkkovalmistajan

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

Työvuoron päätteeksi valu pysäytetään ylimmän laidotun harkon puoliväliin. Näin valun työsauma ei osu harkkosauman kohdalle eikä valmiiseen pintaan halkeamia synny. Työsaumaan asennetaan rakennesuunnitelmien mukainen työsaumaraudoitus.

Valuharkkouseinien aukkojen pystysivut tehdään joko päätykivellä tai muotittamalla. Aukkojen ylityksissä raudoitus tehdään joko lisäämällä vaaka- ja pystyräksien määrää ja muotittamalla harkon alapinta tai käyttämällä suunnitelmien mukaista raudoitusta ja harkkovalmistajan teräsprofilia.

Aukot tuetaan harkkovalmistajan 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 putsautyö vähenee. Rakenteen jälkihoidossa noudatetaan betonirakenteiden jälkihoito-ohjeita. Seinärakennetta jälkihoidetaan

Työturvallisuus harkkorakentamisessa

Tyypillisiä harkkorakentamisen tapaturmia ovat putoamiset, liukastumiset, kompastumiset. Lisäksi harkkojen käsittely ja työstö voi aiheuttaa vammoja käsille tai pääalueelle kuten silmille.

Onnettumuusriski kasvaa talviolosuhteissa työskenneltäessä pimeässä, hämärässä tai liukkailla, lumisilla tai jäisillä telineillä. Työmaalle tuleekin järjestää riittävä valaistus sekä turvalliset, hiekoitetut kulkutiet sekä tukevat ja kaiteilla varustetut telineet ja työtasot. Työtasoissa olevat jalanmentävät aukot tulee peittää esimerkiksi levyllä, joka ei saa olla liukas eikä saa siirtyä pois paikaltaan.

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

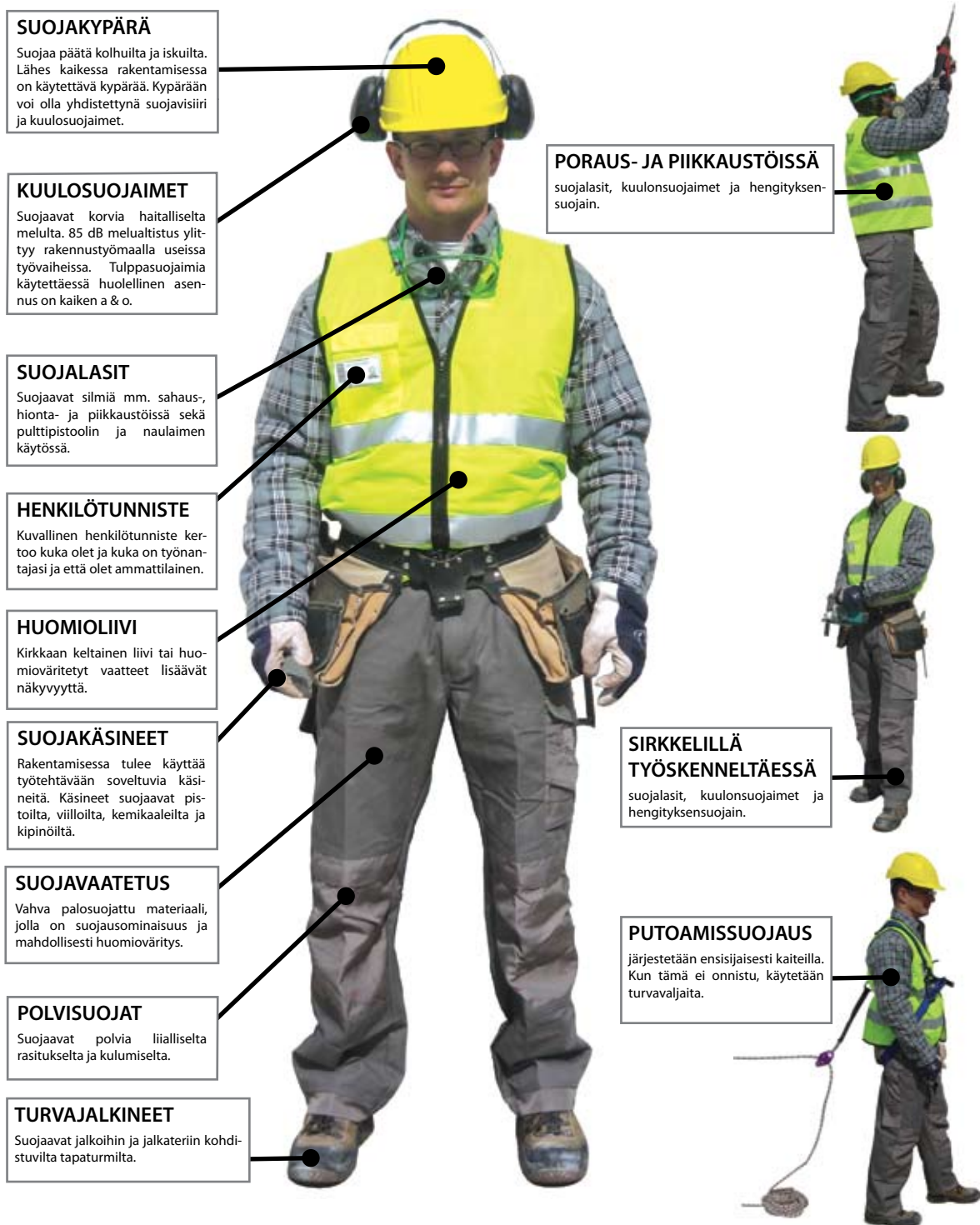
Käytettävien koneiden, laitteiden ja virtalähteiden turvallisuudesta ja toimivuudesta tulee huolehtia. Viallisia koneita ja laitteita ei saa käyttää.

Erilaiset rasitusvammat ovat tyypillisiä harkkorakentamisessa. Harkkorakentajan tulee 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 päänaalue ja kädet ovat alttiita kylmän ja tuulen vaikutuksille. Lisätietoja kylmän vaikutuksista voi lukea mm. Rakentajan kylmäoppaasta (Työterveyslaitos).

Telineet (Lähde: Rakennustöiden laatu 2009)

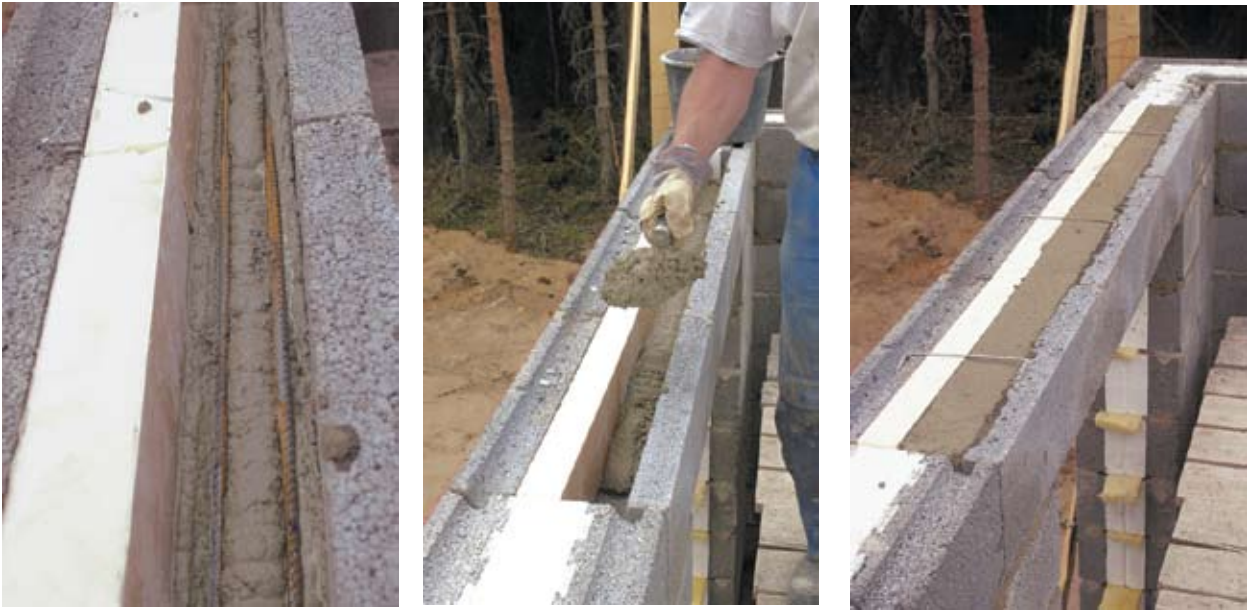
Työtaso	<ul style="list-style-type: none">• leveys vähintään 1,8 m, jos tasoa käytetään työskentelyyn, työssä käytettävän materiaalin välivarastointiin ja tavaran siirtoon• leveys vähintään 0,6 m, jos tasoa käytetään vain työskentelyyn• ei aukkoja joihin voi pudota, työtasossa olevat raot saavat olla enintään 30 mm• pinta ei saa olla liukas, eikä pinnassa saa olla haitallisia taipumia
Kaiteet	<ul style="list-style-type: none">• 1,0 m korkeat kaiteet, jos putoamiskorkeus on yli 2,0 m• kaiteet myös seinän puolella, jos työtason ja seinän etäisyys on yli 250 mm.



Kuva 4.27. Rakennustyöntekijän henkilökohtaiset suojaimeet. Rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa työmaansa turvallisuudesta.

Turvallisesti työskentelevän harkkorakentajan tunnustat siitä, että hän käyttää

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



Kuva 4.28. Aukon ylityspalkin teko: raudoitus, valu ja muuraussiteiden asennus.

kesäaikana kastellen. Kastelu aloitetaan välittömästi putsauksen jälkeen. Betonin kovettumisen varmistamiseksi rakenne tulee pitää ensimmäinen vuorokausi tasaisen märkänä ja tämän jälkeen rakennetta kastellaan runsaalla vedellä valmistajan ohjeiden mukaan. Tuulisella ja aurinkoisella säällä kastelutiheyttä voi olla tarpeen tiivistää.

Talvella rakenteen jälkihoito tehdään suojaamalla rakenne tiiviisti esimerkiksi kevytpeitteellä, että vesi ei haihdu rakenteesta. Jälkihoitoaika on talvella pidempi kuin kesällä.

Rakoseinä harkoista

Harkoista voidaan tehdä rakoseinä, jossa kantavana sisäkuorena toimii kevytsoraharkko tai betoninen valuharkko ja ulkokuorena julkisivutiili- tai -harkko-muuraus. Ulkopuolisena lämmöneristeenä voidaan käyttää mineraalivillaa ja tuulensuojalevyä, EPS- tai polyuretaanilevyä. Eristekerrokset kiinnitetään harkkoseinään korroosionkestävin tiilisitein. Siteet ulottuvat julkisivumuuraukseen, joka on erotettu lämmöneristeistä ilmaraolla. Rakenteen lämmöneristyskykyä voi parantaa lisäämällä eristekerroksen paksuutta.

Julkisivumuuraus eristetään perustuksista bitumi-huopakaistalla, joka toimii kapillaarikatkona, ohjaa muurauksen taakse joutuneen veden pois rakentees-

ta ja toimii liikuntasaumana julkisivumuurauksen ja perustuksen välillä.

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

Lämpörappattu harkkoseinä

Julkisivumuuraus voidaan korvata lämpörappauksella, jolloin rappaus tehdään suoraan kantavaan sisäkuoreen kiinnitetyn lämpöeristeen pintaan. Lämmöneriste, kiinnitystarvikkeet ja rappausverkko valitaan materiaalivalmistajan ohjeiden mukaisesti.

Ulkoseinän mittatarkkuusvaatimukset

Seinän mittatarkkuuden varmistamiseksi tulee rakenteen aukkojen työnaikainen tuenta tehdä valmistajan ohjeiden mukaisesti. Valun tai muurauksen aiheuttama paine voivat aiheuttaa rakenteeseen muodonmuutoksia, joiden korjaaminen jälkikäteen on työlästä.

Rakenteiden vaaka- ja pystysuoruutta, sijaintia ja korkeutta tulee tarkkailla muuraus- ja ladontatyön aikana. Apuna tässä käytetään ohjureita, linjalankoja, vesivaa-

Harkkoseinän suurimmat sallitut mittapoikkeamat, luokka 2 (Lähde: RunkoRYL)

Seinän paksuus	± 8 mm
Seinän käyryys ja kaltevuus	± 3 ‰
– esim. 3 metrin korkuisessa seinässä	9 mm
Seinän kaltevuus enintään	18 mm
Kaltevuus toisiin rakennusosiin rajoituksenaan	± 1,5 ‰
Seinän sivusijainti	± 8 mm
Etäisyys viereisiin rakennusosiin	± 8 mm

kaa, ja linjaaria. Havaittuihin mittapoikkeamiin tulee puuttua heti. Aina ennen valua mitataan vielä rakenteen suoruus ja tarkastetaan aukkojen, hanakulmien sekä sähkörasioiden tuenta.

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

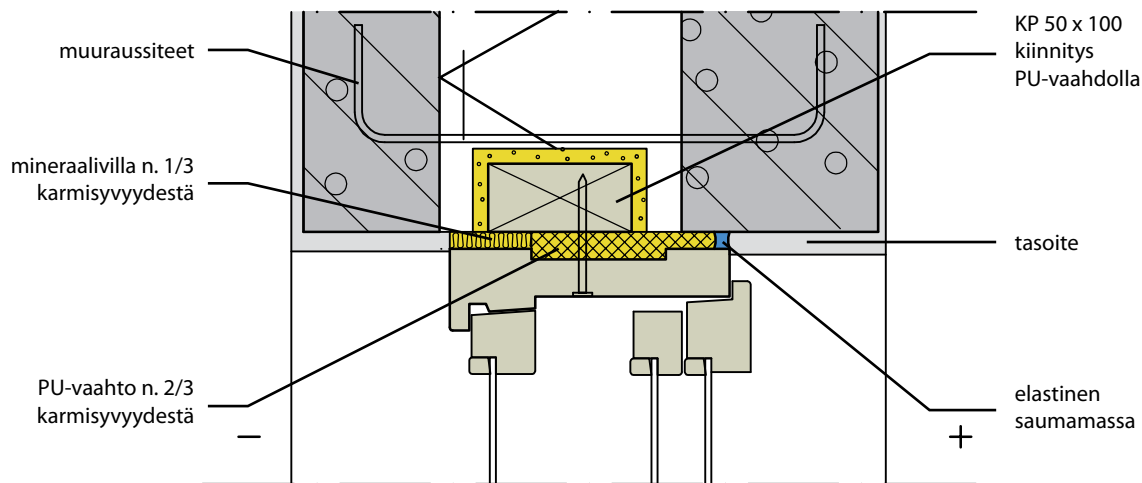
Ikkunat ja ovet

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

Eristeharkkoseinään upotetaan ja kiinnitetään uretaanivaahdolla puinen painekyllästetty 50 x 100 mm apukarmi lämpöeristeen kohdalle. Ikkunakarmi kiinnitetään puiseen apukarmiin karmiruuveilla. Karmi sovitetaan paikoilleen kiilaamalla ja karmen suoruus tarkistetaan vesivaa’alla ja ristimittauksella.

Karmen ja eristeen välinen rako tilkkitään polyuretaanivaahdolla ja/tai eristysvillalla ikkuna- ja ovivalmistajan ohjeita noudattaen. Koska polyuretaanivaahdo laajenee voimakkaasti, on ikkunan karmit vahvistettava tukipuilla vaahdotuksen yhteydessä. Saumavaahdotus pursotetaan varoen liiallista täyttöä. Kun saumavaahdotus on kuivunut, ylipursunut vaahdotus leikataan pois.

Sadevesien pääsy harkon sisään rakennusaikana tulee estää. Tämän vuoksi ikkuna-aukot suojataan. Jos harkkoja joudutaan ”rälläköimään” ikkunoiden läheisyydessä, tulee ikkunankarmit ja lasit suojata kipinäsuihkulta. Lasit vaurioituvat erittäin herkästi. Ikkunankarmit ja



Kuva 4.29. Ikkunan sivukarmin kiinnitys ja tiivistys kevytsoraharkkoseinään.

lasit pestään heti leikkauksen jälkeen, ettei harkosta irtoava emäksinen pöly vaurioita karmeja tai laseja.

Kun ikkuna asennetaan eristeen kohdalle, on harkkotalon sisäpuolinen ikkunasyvennys yleensä 50–100 mm. Nämä ikkunasmyygit voidaan tasoittaa ja 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, jolloin lämpötilan vaihtelut eivät aiheuta rakojen syntymistä.

Rakennuksen kosteudenhallinta

Muurattuihin harkkorakenteisiin sitoutuu kosteutta, joka tulee poistaa tuulettamalla tai kuivureilla kuivatamalla. Kosteuden poistamiselle tulee varata aikaa hankkeen aikatauluun. Valetussa eristeharkkoseinässä kuivuminen kestää vähintään 10 viikkoa kuivatuksen aloittamisesta.

Tuuletukseen kannattaa ensisijaisesti käyttää rakennuksessa avoimena olevia aukkoja, ei avattavia ikkunoita. Tuulettaminen voi aiheuttaa avattavaan ikkunaan kosteusvaurioita. Osa ikkunoista kannattaa ehkä jättää asentamatta tuuletuksen järjestämiseksi.

Rakenteiden riittävä kuivuminen varmistetaan ennen pinnoitustöiden aloitusta mittaamalla rakenteen suhteellinen kosteus seinään poratuista rei'istä tai betonista otetuista näytepaloista. Harkkoseinää ei

saa pinnoittaa ennen kuin rakenne täyttää tasoite- ja vedeneristeiden alustan kuivuuvaatimukset.

Jos ulkoseinään joudutaan tekemään läpivientejä, läpiviennit porataan ulospäin kallistuviksi, jolloin vesi ei valu läpivientiä pitkin seinärakenteeseen ja kastele rakennetta.

Julkisivun halkeilun hallinta

Eri materiaalit ja rakenteet elävät eri tavalla. Niinpä eri materiaalien liittymäkohdat ja kohdat, joissa harkon koko muuttuu ovat alttiita halkeamien syntymiselle.

Halkeamien syntymistä voidaan estää käyttämällä yhtenäisillä pinnoilla samaa materiaalia. Vaihtoehtoisesti voidaan materiaalien saumakohtaan tehdä liikuntasauma elastisella massalla. Myös pintamateriaali ja -käsittely, esimerkiksi maali, tulee katkaista liikuntasauman kohdalla.

Rappauskerrokseen kiinnitettävällä rappausverkolla voidaan estää halkeamien syntymistä. Rappausverkkoa tulee käyttää paikoissa, joissa halkeamia syntyy todennäköisimmin. Näitä ovat mm. kylmän yläpohjan maskiharkkojen ja seinän eristeharkkojen liittymiskohta, perustusten saumakohtat sekä ikkuna- ja ovipielet.

Kuva 4.30. Harkkoväliseinän liittymä kantaviin seiniin tehdään harkkovalmistajan ohjeiden tai rakennesuunnitelmien mukaisesti.



4.4 Väliseinät

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

Tiloissa, joissa ääneneristykseksi asetetaan suuria vaatimuksia, voidaan väliseinissä käyttää ääneneristysharkkoa ja pinnoittaa seinät 5 mm:n oikaisulaastilla. Seinän ja liittyvien rakenteiden väliset saumat tiivistetään elastisella saumakitillä. Ilmaääneneristävyyttä riippuu rakenteen massasta, joten saman paksuisilla kevytsoraharkkoilla ilmaääneneristys on heikompi kuin betoniharkkoilla.

Ennen väliseinämuurausta 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 yhteensopivia oviaukkojen korkeuden kanssa, voidaan oviaukkoa korottaa valamalla väliseinän alle sopivankorkuinen korotusvalu. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää 2M korkeusmodulista poikkeavia harkkoja, jolloin oviaukkojen korkeus saadaan oikeaksi.

Ennen työn aloitusta tulee vielä varmistaa LVIS- ja harkkomuurausurakoitsijan kanssa, että kaikki läpi-

vientitarpeet on otettu huomioon suunnitelmissa. Samalla valitaan työteknisesti ja valmiin rakenteen kannalta parhaat tavat tehdä läpiviennit. Betoniharkkorakenteissa läpiviennille 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 ohutsaumalaastilla. Harkot voidaan myös liimata nk. liimalaastilla. 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. Betonimassan valukorkeuden tulee olla valmistajan ohjeiden mukainen. Massa tiivistetään sauvatäryttimellä tai sullomalla. Työsaumoihin asennetaan suunnitelmien mukainen saumaraudoitus.

Oviaukkojen ylitykset vahvistetaan harkkovalmistajan ohjeista riippuen lisäraudoituksella, teräsprofileilla ja aukonylityspalkeilla. Aukonylityspalkeista ei saa sahata mitään pois, joten on tärkeää, että aukko on tehty oi-



Kuva 4.31. Sisäpuolisissa harkkorakenteissa halkeamille alttiita kohtia ovat mm. eri materiaalien saumakohdat kuten välipohjan ja pintalaatan saumakohdat sekä kaiteiden saumat.

keaan korkoon muuraus- tai ladontavaiheessa.

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

Harkkoseinään asennettavien vesihanojen tuennassa tulee käyttää tarkoitusta varten valmistettuja metallitukia, joilla 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 tehdään roilot.

Halkeamat

Kevyiden väliseinien kohdalla voidaan väliseinän ja yläpohjan väliin joutua jättämään 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 liikuntasauaman tapaan rakenteiden erilaisen elämissen vuoksi. Pintakäsittelyssä, kuten laatoituksessa, liikuntasauaman kohtaan tehdään sauma elastisella saumamassalla. Tapetti- ja maalauspinnaan tehdään puskusauma, joka voidaan peittää listalla.

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

Rakenteen kuivuminen

Valetun betoniharkkoväliseinän kuivuminen kestää noin 4-5 viikkoa lämmityksen ja kuivatuksen aloituksesta. Kuivumisaika riippuu rakenteen paksuudesta. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että betonin kuivumiseen pinnoituskuivaksi kuluu noin viikko/cm, kun kuivumisolosuhteet ovat otolliset eli lämpötila on noin +20°C ja ilman suhteellisen kosteuden alle 50 %. Väliseinät kuivuvat kahteen suuntaan, joten 100 mm



Kuva 4.32. Ontelolaatan asennus kevytsoraharkkoseinän päälle.

paksun väliseinän kuivuminen kestää noin 5 viikkoa. Betonirakenteissa, joissa toisella puolella on kosteutta läpäisemätön kerros, kuivuminen tapahtuu kuitenkin vain yhteen suuntaan, mikä pidentää kuivumisaikaa puolella.

Ennen pintatöiden aloitusta tarkistetaan materiaalien alustan kuivusvaatimukset ja tarvittaessa mitataan betonin suhteellinen kosteus. Kosteus ei tavallisesti aiheuta ongelmia tasoitus-, maalaus- tai tapetointitöiden osalta, mutta laatoitettaessa liian kostea alusta voi aiheuttaa laattojen irtoamista seinästä kuivumiskutistuman vuoksi.

4.5 Väli- ja yläpohjat

Käytettäessä kevytsora- tai betoniharkkoja kantavissa seinissä väli- ja yläpohjiksi soveltuvat kaikki tavanomaiset ratkaisut. Väli- tai yläpohja voi olla paikallavalettu rakenne, liittolevy- tai kevytbetonirakenne, ontelolaatta- tai puurakenteinen väli- tai yläpohja.

Kun seinärakenteessa on käytetty lämpöeristettyjä kevytsoraharkkoja, väli- ja yläpohjarakenteet tuetaan rengaspalkille, jossa käytetään jatkuvaa raudoitusta. Rengaspalkki tehdään tavallisesti siten, että palkkiharkon eristekerros on ulkopuolella ja vain sisäkuori oletetaan kantavaksi.

Käytettäessä lämpöeristettyjä betonivaluharkkoja erillistä reunapalkkia ei tarvita rakenteen riittävän lujuuden vuoksi.

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

Paikallavalettu betonivälipohja

Kun paikallavaletun betonilaatan paksuus on alle 200 mm, sisemmän harkkokuoren alle on tehtävä tasauserros, jolloin laatan rakennepaksuus saadaan vastaamaan harkkokerroksen paksuutta.⁵ Laatan muotitus tehdään rakennesuunnitelmien mukaan. Ennen

⁵ Yleensä ei valeta alle 200 mm laattoja. Jos laattaaan tulee viemäriputkia, paksuus tulee olla noin 300 mm.



Kuva 4.33. Puurakenteinen yläpohja on yleinen harkkotaloissa.

valua tarkitetaan, että kaikki suunnitelmien mukaiset raudoitukset ja mahdolliset putkitukset on tehty. Alapuolisen kantavan väliseinän kohdalla asennetaan raudoitus myös laatan yläpintaan. Laatan reunoille asennetaan EPS-eriste ja ulkoseinäharkkona voidaan käyttää esimerkiksi halkaistua eristeharkkoa tai UH-100 -kevytsoraharkkoa.

Välipohjalaatan yläpinta hierretään valmiiksi pinnaksi. Jälkihoito eli kastelu ja suojaaminen aloitetaan heti hierron jälkeen ja sitä jatketaan olosuhteiden ja rakenteen aika. Betoninormeissa BY 50 on lisäohjeita rakenteiden jälkihoidosta. Muotit puretaan rakennesuunnittelijan ilmoittamana ajankohtana, kun valu on saavuttanut riittävän lujuuden.

Lattialämmityksen yhteydessä käytetään erillistä kyllä teräsbetonilaattaa tai pumpputasoitelattiaa, joka erotetaan kantavasta laatasta 30 mm paksulla askeläänieristevillalla tai EPS-askeläänieristelevyllä. Lattialämmitystä ei tule sijoittaa massiiviseen betonilaataan, koska silloin lämmityksen säätö on erittäin hidasta.

Ennen lattian pintatöiden aloitusta tarkistetaan lattia- materiaalin valmistajan ohjeista alustan kosteusvaatimukset. Lattian kosteus mitataan ja tarvittaessa lattiaa kuivatetaan ennen pintamateriaalien asennusta.

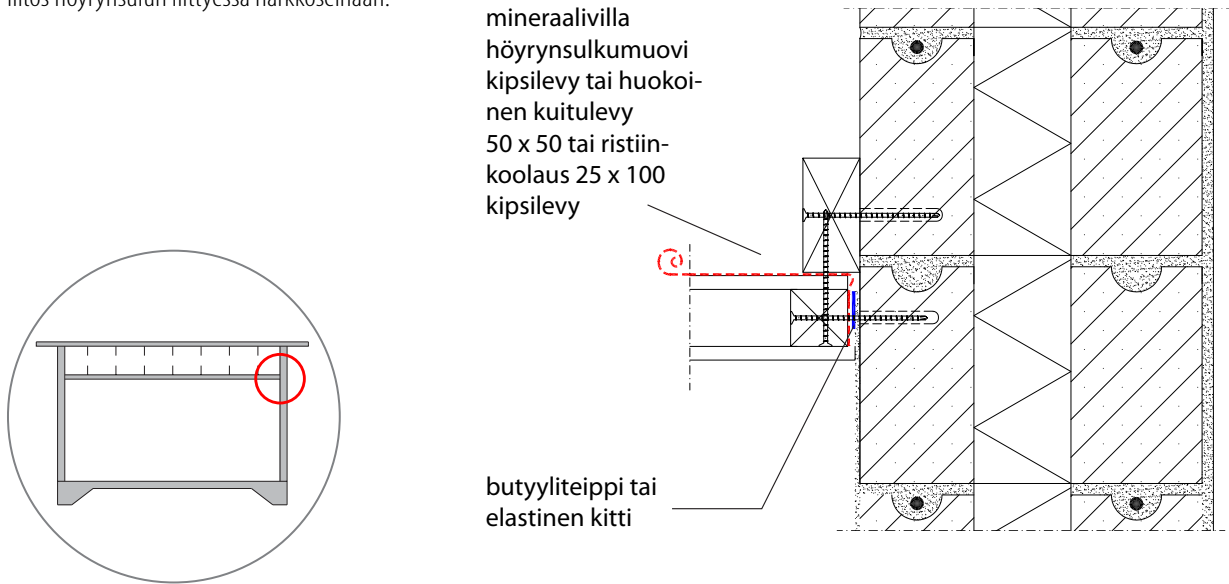
Kuorilaatta

Kuorilaattarakenteen muodostuu betonisesta kuorilaatasta, raudoituksesta ja betonivalusta. Kuorilaatat nostetaan asennussuunnitelman mukaisille paikoille nostolenkkien avulla. Kuorilaattaan on asennettu ala- tai välipohjan pääraudoitus ja tartuntaraudoitus päälle valettavaa betonilaattaa varten. Kuorilaattarakenteeseen on mahdollista asentaa ja tukea putkia ennen betonivalua, jolloin putket jäävät valmiin rakenteen sisään. Kuorilaatta tuetaan alapuolelta betonoinnin ja kovettumisen ajaksi ja betonoidaan kuten betonivälipohja.

Liittolaattavälipohja

Sinkitystä teräslevystä valmistettu liittolevy muodostaa valun aikaisen muotin ja yhdessä sen päälle valettavan betonin kanssa kantavan laattarakenteen. Teräspoimulevy toimii raudoituksena ja ottaa vastaan laatan vetojäännityksiä laattakentän keskialueilla. Suurilla pistekuormilla ja laatan välituilla käytetään lisäraudoitusta. Laatan reunoihin asennetaan reunahaat rakennesuunnitelmien mukaan. Kevytsoraharkkomuurauksessa laatan alapuolisessa ja yläpuolisessa harkkosaumassa käytetään muuraussiteitä $\varnothing 4$ k 600. Kantavassa rakenteessa harkkojen tukipinnan leveyden tulee olla vähintään 80 mm. Valua varten poimulevyjen päät tiivistetään levyn profiilin muotoisella tiivis-

Kuva 4.34. Puuyläpohjan ja harkkoseinän liitos höyrynsulun liittyessä harkkoseinään.



teellä. 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.

Kevytbetonielementtivalipohja

Kevytbetonielementtien liittäminen eristeharkkoseinään tapahtuu periaatteessa samoin kuin liittolevyllä. Laatan kohdalla voidaan käyttää halkaistua eristeharkkoa tai UH-100-kevytsoraharkkoa. Eristeenä käytetään tarvittaessa mineraalivillaa. Laatan paksuudesta johtuen saatetaan tarvita betonivalua, jolla päästään harkkorakenteen vaatimaan saumakorkeuteen. Laatan alapuolisessa ja yläpuolisessa harkkosaumassa käytetään suunnitelmien mukaisia muuraussiteitä, esimerkiksi $\varnothing 4$ k 600.

Ontelolaattavälipohja

Ontelolaatat asennetaan erillisten asennuspalojen päälle asennuskaavion mukaisesti, sillä samankokoiset laatat voivat olla mitoitettu kantamaan eri kuormia. Eripakuisilla asennuspaloilla laatat saadaan asettumaan oikeaan korkoon.

Ontelolaattojen vaatima tukipinta on yleensä vähintään 80 mm. Laattojen päissä tulee olla riittävästi tilaa

teräksiä ja saumabetonin valua varten. Onteloiden saumat raudoitetaan ja valetaan notkealla juotosbetonilla, jolloin ontelolaatasto jäykistyy yhtenäiseksi kantavaksi laatastoksi. Juotosbetonin raekoon tulee olla pieni, että betoni täyttää ontelosauman tiiviisti. Saumat tiivistetään sullomalla. Ontelolaatastoa ei saa kuormittaa ennen kuin saumavalu on kovettunut.

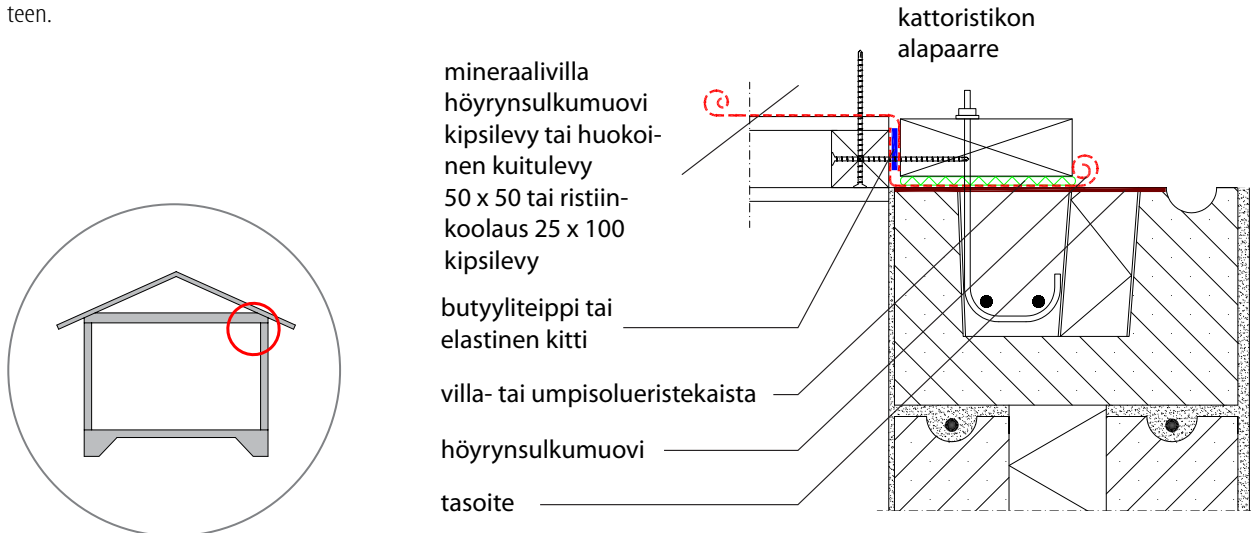
Laatan kohdalla voidaan käyttää halkaistua eristeharkkoa tai esimerkiksi UH-100 -kevytsoraharkkoa. Eristeenä käytetään tarvittaessa EPS-levyä. Laatan alapuolisessa ja yläpuolisessa kevytsoraharkkosaumassa käytetään suunnitelmien mukaisia muuraussiteitä, esimerkiksi $\varnothing 4$ k 600.

Ontelolaatan reuna voidaan tukea myös ulkoseinään 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 suuntainen saumateräs ja joka valetaan täyteen betonilla. Ontelolaatan pituussuuntaisiin saumoihin asennetaan kantavan väliseinän yli menevä rauditus.

Ei-kantavan väliseinän kohdalla ontelolaatan ja väliseinän väliin on jätettävä rako taipuman varalta. Rako täytetään mineraalivillalla ja tiivistetään saumalaastilla.

Kuva 4.35. Puuyläpohjan höyrnsulun liittyminen harkkoseinän päälle. Ratkaisulla pyritään mahdollisimman hyvään ilmanpitävyyteen.



Yläpohjarakenteet

Seinän ja yläpohjan liittymän ilmanpitävyys

Yläpohjan ja ulkoseinän liittymän on oltava tiiviis ilmauotojen ja niistä aiheutuvien kosteuden tiivistysongelmien vuoksi. Yläpohjissa on otettava huomioon yläpohjan lämmöneristys, höyrnsulku sekä yläpohjan, aluskatteen ja vesikaton välinen tuuletus sekä tuulikuormien vaatima vesikaton sidonta rakennuksen kantaviin seiniin ja yläpohjaan.

Asuintalojen ilmanpitävyys on rakennuksen energia- tehokkuuden kannalta merkittävä tekijä. Ilmavuodot lisäävät energiankulutusta. Ne myös estävät rakennuksen koneellisen ilmanvaihdon ja lämmöntalteenoton optimaalisen toiminnan, jos osa ilmanvaihdosta toimii hallitsemattomasti ilmavuotojen kautta.

Pientalojen yläpohja on yleensä puurakenteinen, vaikka äänen- ja paloneristysyistä sekä energiankulutuksen takia kivirakenteinen yläpohja olisi suositeltavampi vaihtoehto. Puiset kantavat yläpohjarakenteet voidaan tehdä massiivipuusta, tehdasvalmisteisista kattoristikoina, liimapuupalkeista, kertopuusta tms.

Harkkotalojen puuyläpohjien tyypillisiä vuotokohtia ovat harkkoulkoseinän ja puuyläpohjan liitokset, savuhormin ja puuyläpohjan liitokset, ilmastointikanavien ja –putkien tiivistys yläpohjassa sekä sähköputkien ja –rasoiden sekä viemärin tuuletusputken tiivistykset.

Puurakenteisen yläpohjan ilmanpitävyys perustuu usein höyrnsulkumuoviin. Muoviin tulevat läpiviennit ja liitokset tulee tiivistää huolellisesti teippauksin ja läpivientikappalein. Työn huolellisuudella ja materiaalien pitkäaikaiskestävyyttä on lopputuloksen kannalta ratkaiseva merkitys. Höyrnsulkumuovin limitykset tulee puristaa aina kantavan rakenteen ja koolauksen väliin, jolloin höyrnsulkuteipin liiman mahdollinen kuivuminen ei aiheuta ilmavuotoa.

Putkien ja hormien lävistyksissä tulisi käyttää tehdasvalmisteisia lävistystarvikkeita. Polyuretaanilla eristetyissä yläpohjissa ei välttämättä tarvita erillistä höyrnsulkumuovia.

Kuvissa 4.34 ja 4.35 on esitetty periaateratkaisut puuyläpohjan ja harkkoseinän liitokselle, jossa on pyritty mahdollisimman hyvään ilmanpitävyyteen. Ratkaisuissa ei ole käytetty teippauksia, sähköasiat ja –putket on sijoitettu alakattoon, jolloin höyrnsulkumuovia ei tarvitse rikkoa ja höyrnsulkumuovin suojana on kipsilevy, jolloin muovi ei painu eikä rikkoudu yläpuolisten eristeiden painosta. Kipsilevy toimii tukena tai alustana yläpohjan putkilävistysten, hormien yms. tiivistyksessä.



Kuva 4.36. Ilmanvaihto-, vesi- ja sähköputkitusten läpivienti välipohjasta.

4.6 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 taivutus-suuntaan 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 pienikokoiset vesijohdot, jotka voidaan sijoittaa seinään tehtyyn uraan eli roiloon tai harkon onteloon. Asennetut vesijohdot suojataan ohjeiden mukaisesti ja roilo rapataan umpeen. Uusimpien suosituksen mukaan myös näissä tiloissa on suositeltavaa käyttää pinta-asennusta.

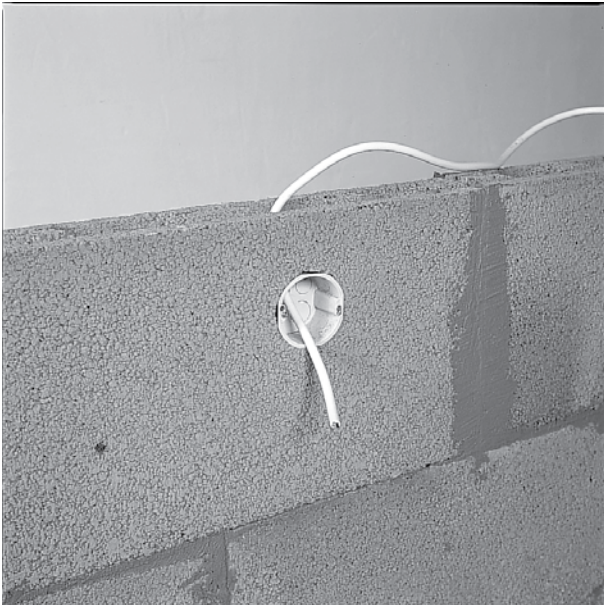
Valuharkkorakenteiden sähkösuunnitelmissa tulee olla otettu huomioon kaikki tarvittavat sähköjohdotukset ennen harkkojen latomisen aloitusta. Putkitukset asennetaan harkkojen sisään siten, että valu pääsee

täyttämään koko rakenteen eikä valuu jää onteloita. Runkourakoitsija tekee putkituksen ladonnan yhteydessä. Roilotusta tehdään vain mahdollisten virheiden korjaamiseksi. Roilotusurat ja muut kolot paikataan laastilla siten, että rakenne saavuttaa riittävän lujuuden. Erityisesti usean rasian yhdistelmät ovat tarkkoja rasioiden keskinäisestä etäisyydestä ja suoruudesta, joten sähköasiat tulee kiinnittää toisiinsa ja tukea roilon paikkauksen tai harkon valun aikana huolellisesti. Vinoon jääneen rasian suoristaminen on jälkikäteen hankalaa ja kallista.

Kevytsoraharkkorakenteissa putkitusten muutoksia ja lisäyksiä on helppo tehdä muurauksen jälkeenkin. Sähkö- ja LVI-urakoitsijat merkkäavat tarvittavat roilot ja läpiviennit tussilla rakenteisiin ja roilot tehdään koko kohteeseen kerralla tai esimerkiksi kerroksittain. Roilotus tehdään urajyrsimellä, katkaisulaikalla, taltalla tai muulla tarkoitukseen sopivalla laitteella. Sähkörasioiden ja hanakulmien reiät tehdään laikalla tai lieriöporalla. Johdot ja putket kiinnitetään roiloon ja roilo täytetään. Paikkauksessa käytetään oikaisulaastia tai laastia, jossa on kevytsoraa (raekoko 1...3 mm), jolloin paikkauskohta ei erotu harkkopinnasta.

Kiinnitykset

Tehtäessä kiinnityksiä harkkorakenteisiin otetaan huomioon harkon huokoisuus, vetolujuus ja lohkeamisherkkyys. Kevyet kuormat voidaan kiinnittää



Kuva 4.37. Sähkörasian pohjan asennus väliseinääharkkoon.

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
- harkkosamaan muuravaiheessa asennetut kiinnikkeet
- mekaaniset ankkurit ja
- kemialliset juotosankkurit.

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

Ovenpielet

Väliseinääharkkojen ontelot kannattaa jo liimausvaiheessa vahvistaa ovenpielikohdista laastilla. Harkon urosponntti voidaan leikata pois ja naarasponntti täyttää laastilla. Ovenkarmit kiinnitetään harkkorakenteeseen kiinnitystulpilla ja ruuveilla tai muovihylsyillä ja ruuveilla.

4.7 Palosuojaus

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. Hormin ja väli- sekä yläpohjan läpiviennit sekä kiukaan suojaetäisyydet otetaan suunnittelussa ja rakentamisessa huomioon. Myös takan suojaetäisyydet tarkistetaan rakentamismääräyskoelmista 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 (tiiviyys) ja I (eristävyys). Merkintöjen R, REI, RE, EI, E jälkeen ilmoitetaan palonkestävyyss aika minuutteina esim. REI 60. Paloluokitettussa seinässä olevat ikkunat ja ovet merkataan myös. Paloseinässä olevan palo-oven paloluokitus voi olla eri kuin seinän. Esimerkiksi REI 60 paloseinässä olevan oven luokka voi olla EI 30. Ovesa tulee olla paloluokkaa osoittava tyyppihyväksyntämerkintä. Palo-ovet ja ikkunat tiivistetään runkorakenteisiin palovillalla tai tarkoitukseen tehdyllä uretaanivaahdolla.

Harkkosisäseinien käsittely-yhdistelmiä

Tapetointi

- 2 x kokonaantasoitus ja hionta
- pohjamaalaus tarvittaessa
- tapetti tai lasikuitutapetti ja maalaus

Maalaus

- 3 x kokonaantasoitus ja hionta, tarvittaessa vahvikekangas
- 2 x maalaus

Laatoitus

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



Kuva 4.38. Seinän ruiskutasoitusta.

Harkkorakenteiset seinät täyttävät yleensä ohuillakin rakennepaksuuksilla palotekniset vaatimukset. 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/m² (luokka EI-M 60).

Harkkoseinien pintakerroksien tulee vastata seinälle asetettuja vaatimuksia.

4.8 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.

Harkkopinnan tasoittaminen

Tyypillisesti harkkoseinien sisäpinnat tasoitetaan. Ennen tasoitettavia 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 kaikesta liasta, pölystä sekä laasti- ja betoniroiskeista.

Harkkopinnassa mahdollisesti olevat metalliosat suojataan korroosiolta ennen tasoitetyön aloittamista. Lisäksi tarkistetaan materiaalivalmistajan ohjeista, että

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

Tasoitettun 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. Kattoissa ruiskupinnat.

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

harkkoseinän kosteus sekä ilman kosteus ja lämpötila sopivat käytettävälle tasoituskäsittelylle.

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

Pinnat oikaistaan oikaisulaastilla tai tiilitasoiiteella. Tasoitteet ovat tehdasvalmisteisia tuotteita, joihin lisätään käytön yhteydessä vain vettä. Oikaisulaastin levitys aloitetaan alhaalta. Teräslastan keskelle laiteetaan laasti. Kerrospaksuutta seinällä säädetään lastan kallistusta ja painoa muuttamalla. Laastin enimmäis-kerrospaksuuksia 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.

Tasoiitepinta viimeistellään maalaamalla tai tapetoimalla harkkoseinä tilan käyttötarkoituksen ja halutun laatutason mukaisesti. Jokaisen tasoiitekerroksen jälkeen tasoiitettu pinta hiotaan kevyesti ja hiontapöly poistetaan. Maalattavan pinnan valmiiksihionta tehdään viimeisen kokonaantasoituksen suunnassa. Tapetoitavassa tai maalattavassa tasoiitepinnassa ei saa olla viimeistelyä haittaavia rakkuloita, naarmuja tai lastan jälkiä.

Sementtiseideaineisilla tasoiiteilla tasoiitetuille pinnoille järjestetään materiaalivalmistajan ohjeiden mukainen jälkihoito. Polymeeriseideaineisilla tasoiiteilla tulee huolehtia pinnan kuivumisesta ohjeiden mukaan.

Kattojen tasoiitus tehdään vastaavasti alustan vaatimuksia ja materiaalivalmistajien ohjeita noudattaen. Kipsikatoissa levyjen saumoihin asennetaan vahvi-kenauha ja katto tasoiitetaan kerran tai kaksi halutun laatutason mukaisesti. Katto voidaan tasoiittaa lastalla tasaiseksi tai jättää ruiskun jäljiltä röpelöiseksi.



Kuva 4.39. Lattian vedeneristys valmiina laatoitusta varten.

Seinien ohutpinnoitteet

Ohutpinnoitteet ovat erilaisia koristepinnoitteita, väri-laasteja tai raemaaleja. Niitä voidaan käyttää huolellisesti täyttörapatuilla tai tasoitetuilla pinnoilla.

Koristepinnoitteet ja väri-laastit levitetään paineruis-kuilla ohuina kerroksina ja raemaalit telaamalla. Tarkoitusta varten on olemassa erilaisia kuvioteloja. Lyhytnukkaisella telalla tulee matalampi kuvio kuin pitkänukkaisella telalla.

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, jolloin seinään jää telan jälki näkyviin. Betonirakenteiset tai kipsikatot käsitellään vastaavasti.

Vedeneristys ja laatoitus

Märkätilojen harkkopinnat tulee aina vesieristää. Ke-raamisen laatan pinta on lasitettu ja vesitiivis, mutta vesihöyry pääsee laatoituksen saumoista rakentee-seen, ellei alustaa ole vesieristetty.

Märkätilojen putkiasennuksissa suositellaan pinta-asennusta. Jos muoviputkia asennetaan rakenteen

sisälle, on niissä käytettävä suojaputkia. Muovipääl-lystetyillä kupariputkilla suojaputkia ei tarvita. Putkien läpivientien tulee olla liikkumattomia.

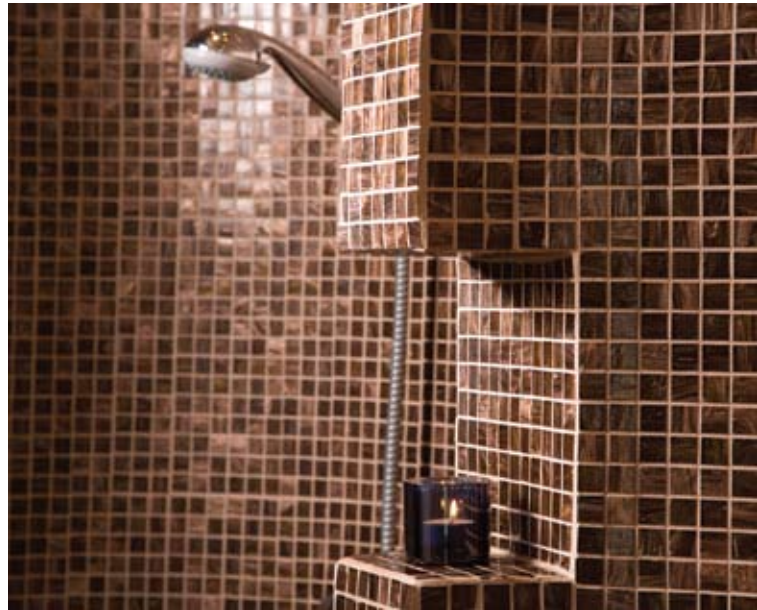
Kellarikerroksen märkätilojen seinärakenteiden toimi-vuus tulee varmistaa rakennesuunnittelijan kanssa. Tarvittaessa maanvastaisiin seiniin tehdään tuule-tusrako ulkoseinän ja vesieristetyyn kevyen väliseinän väliin. Näin kellarin ulkoseinä ei jää ulkopuolen ja sisäpuolisen vesieristekerroksen väliin tuulettumat-tomaan tilaan.

Märkätilan lattioiden kallistukset, seinäpintojen, kul-mien ja nurkkien suoruudet sekä pintojen tasaisuudet tarkistetaan ennen vesieristyksen tai pintakerrosten tekemistä. Näin vältetään turhia sovituksia ja laattojen leikkauksia. Tarvittaessa pinnat puhdistetaan ja tasoi-tetaan märkätiloihin sopivalla tasoitteilla.

Märkätiloissa käytettävien materiaalien (harkko, tasoi-te, primer, 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 sei-näpinnoilta. Seuraavaksi tehdään lattia ja viimeiseksi seinän alin laattarivi.

Kuva 4.40. Harkkorakenteet sopivat märkätilojen rakenteisiin.



Siveltäviä tai telattavia vedeneristemateriaaleja on saatavilla yksi- ja kaksikomponenttisinä. 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 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 vaakasuuruus tarkistetaan tuomalla korkeusmerkki yhtenäisen huonetilan ympäri. Mittalautaan merkitään laattajako, jotta saumajako alkaa oikein.

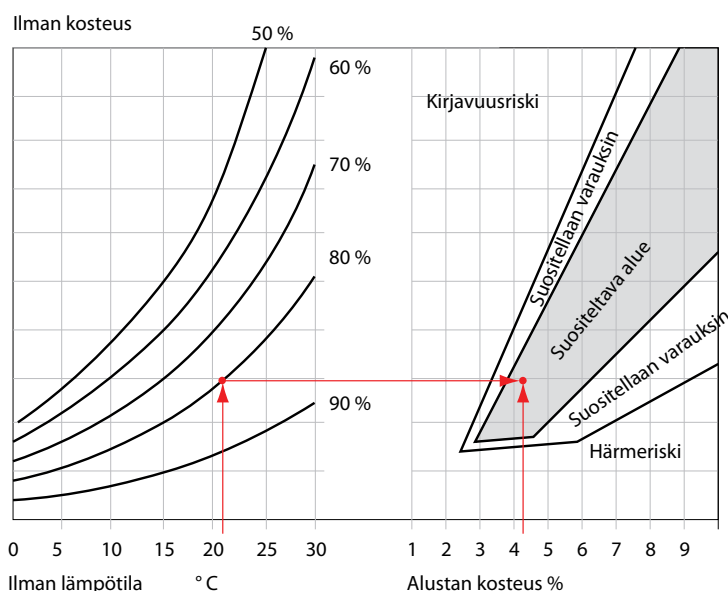
Laastia levitetään laatoitettavalle seinälle sen verran kuin 10. . . 15 minuutin aikana ehditään laatoittaa. Laasti kammataan auki lastan hammastetulla reunalla. Laastikamman hammastus valitaan laattakoon mukaan: mitä suurempi laatta, sitä suurempi hammastus. Laatta painetaan laastiin ja sitä liikutetaan

hieman, jolloin laastin tartunta laattaan varmistuu. Laatan irrottamalla voi 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 seinellä, kun saumalaasti on alkanut kuivua. Tällöin kuitenkin vältetään kastelemasta saumojia.

Lopuksi saumat tiivistetään ja muotoillaan esimerkiksi $\varnothing 8$ 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. Turhien reikien tekemistä märkätilojen seiniin tulee välttää. Kiinnitysreiät tiivistetään saniteettisilikonilla ennen tulppien tai ruuvien kiinnittämistä.



Kuva 4.41. Rappauksen pinnoitustyölle sopivia olosuhteita voidaan arvioida ns. rappausavaimen avulla. Lähde: Rappauskirja 2005, by 46 / maxit Oy.

4.9 Julkisivun pintakäsittelyt

Julkisivumateriaalin ja -käsittelyn valintaan vaikuttavat monet tekijät. Julkisivu viimeistelee rakennuksen arkkitehtonisen ilmeen ja luo kuvan esimerkiksi kivitälöstä 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 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
- olla sään- ja kulutuksenkestävä
- olla huoltokustannuksiltaan kohtuullinen.

Pintakäsittelyn valinnassa rakenteen ilmanpitävyyden ja vesihöyrynläpäisevyyden yhteensovittaminen on tärkeä tekijä. Kevytsoraharkkorakenteen pinta on huokoinen ja vaatii pintakäsittelyn, jotta kosteus ei pääse tunkeutumaan rakenteeseen. Rakenteen ulkopinnan tulee kuitenkin olla vesihöyryä läpäisevä, jotta kapillaarinen tai sisältäpäin tuleva kosteus pääsee tuulettumaan ulos.

Rappaus

Rappaus on tyypillinen pintakäsittely eristeharkkorakenteisissa ulkoseinissä. Erivärisillä laasteilla ja eripaksuisilla sekä -peittäville rappaustekniikoilla voidaan luoda rakennuksen ulkoseinälle haluttu ilme.

Lopullinen rappaus suositellaan tehtäväksi yhden lämmityskauden jälkeen, jolloin rakennuksen rungon kuivumiskustuma ei enää ole niin suurta. 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 yhteensopivia laastiyhdistelmiä, joiden rappauskerrosten vesihöyrynläpäisevyys kasvaa ulkopintaa kohden.

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

2. . . 3 päivää ennen rappauksien aloittamista harkkoseinä puhdistetaan epäpuhtauksista ja seinäpinnan kolot paikataan. Kuiva harkkoseinä kostutetaan kevyesti ennen varsinaista pinnoitustyötä. Ennen rap-



Kuva 4.42. Julkisivuharkoista voidaan rakentaa näyttävä ja helppohoitoinen julkisivurakenne.

pausta 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. Liikunta- saumojen kohdalla rappaus katkaistaan halkeamien estämiseksi.

Työskentelyilman, materiaalien ja rakenteiden lämpötilan tulee olla vähintään $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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.

Täyttörappaus tasaa 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.

Kolmikerrosrapattu pinta voi olla hierretty, ruiskutettu tai harjattu. Lopullinen pintakäsittely voidaan tehdä jollakin värillisellä julkisivulaastilla tai muulla kiviainepinnoitteella. 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

Kuva 4.43. Julkisivurappaus viimeistelee rakennuksen ulkoasun. Varmista rappausajankohta harkkovalmistajan ohjeista. Halkeilun välttämiseksi harkkojulkisivu rapataan yleensä yhden lämmityskauden jälkeen.

yleisesti tasaisille ja tasaisen imun omaaville alustoille, jolloin rappauskerroksen paksuus voidaan pitää melko ohuena, 5...15 mm.

Ohutrappaus eli slammaus tehdään esimerkiksi oikaisulaastilla vetämällä laasti tasoitelastalla alhaalta ylöspäin seinään. Tämän jälkeen pinta käsitellään halutun näköiseksi. Työsaumat kannattaa sijoittaa nurkkiin, eli tehdä yksi seinä kerrallaan valmiiksi. Niin ne eivät näy valmiissa pinnassa.

Ohutrappaus jättää harkon pintarakenteen näkyviin. Sitä käytetään kohteissa, joissa viimeistelylle ei aseteta suuria vaatimuksia tai kohteissa, joissa seinän struktuuri halutaan jättää näkyviin.

Rappauksessa käytettävät työkalut pestään huolellisesti työpäivän jälkeen, sillä rappaus- ja pinnoituslaastit ovat sementtipohjaisia tuotteita.

Julkisivumuuraus (ns. rakoseinä)

Harkkoseinä voidaan verhoilla tiilellä tai julkisivuharkkoilla, jolloin tiili- tai harkkovalinta vaikuttaa rakennuksen ilmeeseen, väriytykseen ja ympäristöön sopeutumiseen.

Tiili- tai harkkoverhouksen ja kantavan harkkoseinän yhteistoiminnan kannalta on tärkeää, että verhouksen ja kantavan seinärakenteen välinen tuuletusrako sekä verhouksen tuenta kantavaan harkkoseinään on hyvin suunniteltu ja toteutettu. Muita tärkeitä teki-



jöitä ovat saumojen tiiviys, vesipeltien asennus sekä alapuolisten tuuletusaukkojen toimivuus ja mahdollinen vedenpoisto.

Kirjallisuutta

Harkkoja käsitteleviä standardeja

Kevytsoraharkot ja muurattavat betoniharkot

SFS-EN 1771-3+A1 Muuraukoekappaleiden spesifikaatiot. Osa 3: Betoniharkot (normaalipainoinen kiviaines ja kevytrunkoaine)

SFS 7001 Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

SFS-Käsikirja 176, Muuratut tuotteet 2007

Betonimuottiharkot

SFS-EN 15435 Betonivalmisosat. Muottiharkot normaalipainoisesta ja kevytkiviainesbetonista. Tuoteominaisuudet

SFS 7018 Betonimuottiharkoille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

Muurauslaastit

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

SFS-Käsikirja 176, Muuratut tuotteet 2007

Muita standardeja

SFS-EN 845 Muurattuja rakenteita täydentävien tuotteiden spesifikaatiot. osa 1: Muuraussiteet, kiinnitysvanteet, kannakkeet ja konsolit

SFS-EN 998-1 Laastien spesifikaatiot. Osa 1. Rapaus- ja tasoitelaastit

Kevytsoraharkkorakenteiden suunnittelu, Eurokoodit

EN 1990 Rakenteiden suunnitteluperusteet

EN 1991 Rakenteiden kuormat

EN 1996 Muurattujen rakenteiden suunnittelu

EN 1997 Geotekninen suunnittelu

Suomen rakentamismääräyskokoelma

B5 Kevytbetoniharkkorakenteet. Ohjeet 2007

C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998

C2 Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998

C3 Rakennuksen lämmöneristys. Määräykset, 2007

C4 Lämmöneristys. Ohjeet 2003

D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003

D3 Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet. 2007

D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystekohon laskenta. Ohjeet 2007

E1 Rakennusten paloturvallisuus, Määräykset ja ohjeet 2002

E2 Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus. Ohjeet 2005

E3 Pienten savupiippujen rakenteet ja paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2007

E4 Autosuojien paloturvallisuus. Ohjeet 2005

G1 Asuntosuunnittelu. Määräykset ja ohjeet 2005

G2 Valtion tukema asuntorakentaminen. Määräykset ja ohjeet 1998

RT-julkaisuja

RunkoRYL 2010 osa 5 Kivirakentaminen, 2010

RT 10-10619 Asuinrakennushankkeen pohjatutkimus ja pohjarakennussuunnittelu

RT 81-10427 Rakennuspohjan ja tonttialueen kiuvas

RT 12-10277 Rakennuksen pinta-alat

RT 13-10927 Suunnittelupalvelun tarjouspyyntö,
RT 16-10700 Rakennuttamiskilpailun malli
RT 16-10744 Urakkatarjouspyynnön ja urakkatar-
jouksen
RT 81-10791 Radonin torjunta.
RT 82-10868 Pientalon kivirakenteet, Rakennus-
tietosäätiö, 2006
RT 82-10588 Harkkorakenteiden suunnittelu, Ra-
kennustietosäätiö, 1995
RT 82-10608 Muuratut julkisivut. Korjausrakenta-
minen. 1996
RT 82-10890 Ulkoseinärakenteita. 2007
RT 82-10903 Väliseinärakenteita. 2007

Muita julkaisuja

Betonituotteet ympäristörakentamisessa, Raken-
nusteollisuus RT ry, Betonitieto Oy, Porvoo 2006
Betonilattiat 2002, BY 45, Suomen Betoniyhdistys
ry, Jyväskylä 2002
Rappauskirja, Betoniyhdistys, BY 46, Betonitieto,
2005
Betoninormit 2004, BY 50, Suomen Betoniyhdis-
tys ry, 2004
Harkkorakentaminen – Ohjeita hankkeen eri osa-
puolille, Jari Kuosa, VTT Rakennus- ja yhdyskunta-
tekniikka, Betonitieto Oy, Tampere 2002
Harkkorakentaminen – Ohjeita urakoitsijalle, Ja-
ri Kuosa, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka,
Betonitieto Oy, Tampere 2002
Harkkorakentaminen – Ohjeita pientalon rakenta-
jalle, Jari Kuosa, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatek-
niikka, Betonitieto Oy, Tampere 2002



Muuraus-, laatoitus- ja rappaustyöt, Seppo Huh-
tiniemi ja Ilkka Knuuttila, Alfamer kustannus Oy,
2006
RIL 107-2000 Rakennusten veden- ja kosteu-
deneristysohjeet, Suomen Rakennusinsinöörin
Liitto RIL
RIL 200-1994 Betoniharkkorakenteet. Ohjeet 1993.
Mitoitustaulukot ja käyrästöt, Suomen Rakennus-

insinöörien Liitto RIL

Pien- ja rivitalojen radontekninen korjaus. Imupistemetelmä. Ympäristöopas 4. Ympäristöministeriö, Helsinki: Oy Edita Ab, 1996

Imupistejärjestelmän radontekninen toiminta erityyppisissä pien- ja rivitaloissa. Kettunen, Rissanen, Viljanen, Arvela. Julkaisu 62. Teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka, Espoo. 1997

Radonin torjuminen pien- ja rivitaloissa. Maanvastaisten rakenteiden radontekninen suunnittelu, Opas 2/1993, Ympäristöministeriö, Edita, Helsinki 1994

Toimivat lattiat, Kari Sundell toim., Lattianpäällysteyhdistys ry, 1998

Talvibetonointi. Suomen Betonitieto Oy. 1999

Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Tarja Merikallio. Suomen Betonitieto Oy.

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

Betonituotteiden kuluttajakaupan yleiset sopimusehdot 2004. Rakennusteollisuus RT ry

Pientalon Rakentaminen, Anssi Koskenvesa, Tarja Mäki, Rakennustieto Oy, Tampere 2006

Pientalon kustannukset, Anssi Koskenvesa, Sampsa Nissinen, Rakennustieto Oy, Tampere 2006

Pientalon suunnittelu, Hannu Penttilä, Anssi Koskenvesa, Rakennustieto Oy, Tampere 1999

Hyödyllisiä internet-sivuja

www.hb-betoni.fi

www.kouvolanbetoni.fi

www.lakanbetoni.fi

www.lujabetoni.fi

www.maxit.fi

www.rakennusbetoni.fi

www.lamminbetoni.fi

www.rudus.fi

www.harkkokivitalo.fi

www.rakennustieto.fi

www.betoni.com

www.pihakivi.com

Liite 1 Muurattujen harkkorakenteiden mitoitus

1.1 Eurokoodimitoituksen perusteet

Kaikissa EU- ja EFTA-maissa otetaan käyttöön yhteiset rakenteiden suunnittelusäännöt keväällä 2010. Tämä eurokoodijärjestelmä koostuu 58 standardista sekä niiden maakohtaisista kansallisista liitteistä. Kansallisten liitteiden avulla paikalliset olosuhteet voidaan ottaa huomioon sekä maat pystyvät määrittämään rakenteiden vaadittavan varmuustason. Suomessa EN-eurokoodien mukainen suunnittelu on ollut mahdollista syksystä 2007. Muurattujen rakenteiden eurokoodit eivät olleet kuitenkaan ensimmäisten käyttöönotettujen eurokoodien joukossa ja niiden kansalliset liitteet vahvistettiin käyttöön vasta keväällä 2009.

Harkkorakenteisen pientalon suunnittelussa tarvittavat eurokoodin pääosat ovat

- EN 1990 Rakenteiden suunnitteluperusteet
- EN 1991 Rakenteiden kuormat
- EN 1996 Muurattujen rakenteiden suunnittelu
- EN 1997 Geotekninen suunnittelu.

SFS-EN 1990 sisältää kuormien yhdistelemisen eri rajatiloissa sekä käytettävät kuormien varmuuskertoimet. EN 1991 kattaa rakenteiden kuormat ja käytännön suunnittelussa tarvitaan yleensä seuraavat osat

- SFS-EN 1991-1-1 (omapaino ja hyötykuormat)
- SFS-EN 1991-1-3 (lumikuorma)
- SFS-EN 1991-1-4 (tuulikuorma).

SFS-EN 1997-1 sisältää geoteknisten kuormien määrittämisen.

1.1.1 Kansalliset liitteet

Eurokoodijärjestelmässä kansalliset olosuhteet otetaan huomioon sekä rakenteiden varmuustaso määritetään kansallisten liitteiden avulla. Kansallisessa liitteessä esitetään arvot kansallisesti valittaville parametreille. Suomessa talonrakennusta koskevat kansalliset liitteet antaa Ympäristöministeriö.

1.1.2 Mitoituskuormat

Eurokoodin mukainen murtorajatilan määräävä kuormitusyhdistelmä Suomessa saadaan kaavoista

$$\left. \begin{array}{l} 1,15K_{FI} \\ 0,9 \end{array} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (1)$$

kuitenkin vähintään

$$\left. \begin{array}{l} 1,35K_{FI} \\ 0,9 \end{array} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \quad (2)$$

Kaavoissa

K_{FI} on seuraamusluokasta riippuva kuormakerroin. Kuormakertoimen arvot löytyvät standardin EN1990 kansallisen liitteen taulukosta A1.2(B) (FI). Seuraamusluokat löytyvät saman kansallisen liitteen taulukosta B1 (FI). Pientalot kuuluvat seuraamusluokkaan CC2 ja sitä vastaavan kuormakertoimen KFI arvo on 1,0

$G_{k,j}$ on rakenteen oman painon ominaisarvo

$Q_{k,1}$ on määräävän muuttuvan kuorman ominaisarvo

$\psi_{0,i}$ on muuttuvan kuorman yhdistelykerroin. Kertoimen arvot eri kuormille löytyvät standardin EN 1990 kansallisen liitteen taulukosta A1.1 (FI)

$Q_{k,i}$ on muiden samanaikaisten muuttuvien kuormien ominaisarvot.

1.2 Muurattujen rakenteiden eurokoodimitoituksen perusteet

Muurattuja rakenteita koskevat seuraavat eurokoodit

- SFS-EN 1996-1-1: Raudoitettuja ja raudoittamattomia muurattuja rakenteita koskevat yleiset säännöt
- SFS-EN 1996-1-2: Rakenteellinen palomitoitus
- SFS-EN 1996-2: Muurattujen rakenteiden suunnittelu, materiaalien valinta ja työsuoritus
- (SFS-EN 1996-3: Muuratun rakenteen yksinkertaistetut laskentamenetelmät)

Standardissa SFS-EN 1996-1-1 esitetään rakennusten suunnittelussa tarvittavat suunnittelusäännöt sekä raudoittamattomille ja raudoitetuille muuratuille rakenteille.

Osa SFS-EN 1996-1-2 käsittelee mitoitusta palotilanteessa. Palomitoitus tehdään käytännössä edelleen taulukkomitoituksena.

Osa SFS-EN 1996-2 käsittelee työsuoritukselle asetettuja vaatimuksia. Standardia on täydennetty kansallisen liitteen yhteydessä julkaistulla dokumentilla ”Työsuoritukseen liittyvät lisäohjeet”.

Osaa SFS-EN 1996-3 ei sovelleta Suomessa. Standardissa käsitellään lähinnä rakenneratkaisuja, jotka liittyvät eurooppalaiseen kerrostalorakentamiseen.

1.2.1 Yleistä mitoituksesta

Eurokoodin mukainen mitoitus perustuu rajatilamitoitukseen osavarmuuslukumenetelmää käyttäen.

Muuratut rakenteet mitoitetaan murtorajatilassa. Rakenteita ei mitoiteta käyttörajatilassa vaan tarkistetaan erilaisten taulukoiden tai mittasuhteiden perusteella se, että käyttörajatila ei tule määrääväksi.

Muurauskappaleet kuuluvat eurokoodin mukaan joko kategoriaan I tai II. Jako kategorioiden välillä riippuu muurauskappaleen lujuuden määrittelytavasta. Kategoriassa I lujuus määritellään keskiarvona niin, että alitustodennäköisyys on enintään 5 %. Kategoriassa II lujuus määritellään keskiarvona.

Eurokoodissa muurauskappaleet luokitellaan neljään aukkoryhmään. Ryhmittely tehdään aukkojen pinta-alan, aukkojen koon ja niiden lopullisessa rakenteessa olevan suunnan perusteella. Aukkoryhmittelyn perustana olevat mittavaatimukset on esitetty standardin EN1996-1-1 taulukossa 3.1.

Laastit jaetaan ominaisuus- ja reseptilaasteihin. Ominaisuuslaasti on valmistajan suhteuttama niin, että saavutetaan halutut ominaisuudet. Suomessa käytettävät laastit ovat ominaisuuslaasteja. Tällöin valmistaja ilmoittaa laastin ominaisuudet. Suomessa harkkomuurauksessa käytettävä harkkolaasti M100/500 on eurokoodin mukaan yleislaastia ja merkinnästä huolimatta ominaisuuslaastia. Reseptilaasti tehdään työmaalla annettujen seossuhteiden mukaisesti.

Ylityspalkit ovat valmistajan kokeellisesti mitoittamia aukkopalkkeja. Tällöin lujuus perustuu testien keskiarvoon. Myös muiden tuotestandardien mukaan laskennallisesti kohdekohtaisesti suunniteltuja palkkeja voidaan käyttää. Aukkopalkkeina voidaan tietysti myös käyttää kohdekohtaisesti suunniteltuja työmaalla tehtäviä palkkeja.

Täydentävät tuotteet kuten muuraussiteet, konsolit, kannakkeet ja vanteet ovat valmistajan kokeellisesti mitoittamia tuotteita. Näiden lujuus perustuu testien keskiarvoon.

1.3 Materiaaliominaisuudet

Suunnittelussa käytettävien materiaalien ja rakennustuotteiden ominaisuuksina tai mittoina käytetään kyseeseen tulevilla EN- ja hEN-standardeissa tai eurooppalaisissa teknisissä hyväksynnöissä (ETA) esitetyjä arvoja, ellei standardissa EN1996-1-1 muuta esitetä. hEN-standardilla tarkoitetaan harmonisoitua tuotestandardia, jonka perusteella tuote voidaan CE-merkitä.


1.3.1 Tuotteen ominaisuudet ja CE-merkintä

Suunnittelussa tarvittavat lähtötiedot on etsittävä tuotteiden CE-merkinnöistä. Lujuudet ovat valmistajan ilmoittamia ja tuotekohtaisia. Tämän takia suunnitelmiin on merkittävä riittävästi vaatimuksia jos määrittäminen ei tehdä tuotenimillä. Pelkkä vaatimus kevytsoraharkon ja laastin puristuslujuudelle ei riitä. Vaatimus on syytä esittää kevytsoraharkon tyyppille, aukkoryhmälle, kategorialle, kevytsoraharkon normalisoidulle puristuslujuudelle ja taivutusvetolujuuden ominaisarvolle, laastin lujuusluokalle tai puristuslujuudelle ja laastin ominaisleikkauksilujuuden perusarvolle. Esimerkki kevytsoraharkon CE-merkinnästä on esitetty kuvassa 1. CE-merkinnässä esitetään seuraavat tiedot

- kevytsoraharkon kategoria
- mittatiedot ja mittapoikkeamat
- kevytsoraharkon aukkoryhmä
- puristuslujuus
 - puristuslujuuden keskiarvo
 - normalisoitu puristuslujuus (ei ole pakko ilmoittaa, suositellaan esitettäväksi Suomessa)
- kosteusmuodonmuutos
- tartuntalujuus
- palokäyttäytyminen
- kapillaarinen vedenimukerroin
- vesihöyryn läpäisevyyden diffuusiokerroin
- ilmaääneneristävyyttä
- lämmönjohtavuus
- jäähdytys-sulatuskestävyys.

Valmistaja voi ilmoittaa CE-merkinnän ulkopuolella valmistuksessa käytetyn massan lujuuden keskiarvon.

Kyseistä arvoa voidaan hyödyntää maanpaineeseinien taivutusmitoituksessa (= puristetun osan normalisoitu puristuslujuus).

 01234	
AnyCo Ltd 07 01234-CPD-00234	
EN 771-3+A1:2005 Umpinainen kevytsorabetoniharkko UH-100, nettokuiva- tiheys 650 ± 750 kg/m³, Katgoria I Nimellismitat: pituus 590 mm, leveys 100 mm, korkeus 190 mm Sallitut mittapoikkeamat: luokka D4 (pituus +1/ -3 mm, leveys +1/ -3 mm, korkeus ± 1 mm) lappeiden tasaisuus NPD lappeiden yhdensuuntaisuus NPD Kappaleen muoto: Aukkoryhmä 1 Puristuslujuus: ¹⁾ normalisoitu puristuslujuus (keskiarvo) $f_b = 3,5 \text{ N/mm}^2$ (⊥ lape ja p)) kappaleen puristuslujuuden keskiarvo $f_m = 3,0 \text{ N/mm}^2$ (⊥ lape ja p)) Kosteusmuodonmuutos: 0,4 mm/m Tartuntalujuus: laastilla M 100/500 testattu ominaisarvo $f_{vko} = 0,20 \text{ N/mm}^2$ $f_{xk1} = 0,26 \text{ N/mm}^2$ $f_{xk2} = 0,35 \text{ N/mm}^2$ Palokkyttötyminen: Euroluokka A1 Kapillaarinen vedenimukerroin: 5 g/m²s Vesihöyryn läpäisevyyden diffuusiokerroin μ: raja-arvot taulukosta 5/15 Ilmaeneristävyyys: bruttokuivatiheys 650-750 kg/m³ kappaleen muoto umpinainen Lämmönjohtavuus: $\lambda_{10,dry}$ keskiarvo taulukosta 0,21 W/mK Jäädytys-sulatuskestävyyys: SFS-käsikirjan 176 osan III jäädytys- sulatustestin läpisy Vaaralliset aineet: ks. alla oleva huomautus 1	

CE-vaatimustenmukaisuusmerkin, joka muodostuu direktiivin 93/68/ETY mukaisesta "CE"-symbolista.

Ilmoitetun laitoksen tunnusnumero

Valmistajan nimi tai tunnusmerkki

Merkinnän kiinnittämisen vuoden kaksi viimeistä numeroa

Vaatimustenmukaisuustodistuksen numero

Eurooppalaisen standardin tunnus

Kuvaus tuotteesta ja tiedot sen harmonisoiduista ilmoitetuista ominaisuuksista

¹⁾ Lisätietona massan puristuslujuuden keskiarvo $f_{qm} = 3,5 \text{ N/mm}^2$ SFS-käsikirjan 176 osan III luvun 5.5 mukaisesti.

HUOM 1. Vaarallisia aineita koskevat tiedot annetaan vain vaadittaessa ja ne tulee antaa sopivassa muodossa.

HUOM 2. Jos aiotussa käyttökohteessa ominaisuudelle ei aseteta vaatimuksia, voidaan ko. ominaisuus jättää selvittämättä ja kirjoittaa ko.

Kuva 1. Esimerkki kevytsoraharkon CE-merkinnästä.

1.3.2 Tuotteiden kelpoisuus (SFS 7001)

Muuraukspaleiden ja laastien ominaisuuksille asetetut vähimmäisvaatimukset ja vaatimustasot on esitetty kansallisessa soveltamisstandardissa ”SFS 7001 Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimukset”. CE-merkintä kertoo ainoastaan tuotteen ominaisuudet Euroopassa hyväksytyllä tavalla. Tuotteen kelpoisuus aiottuun käyttökohteeseen Suomessa käytettäväksi täytyy kuitenkin aina tarkastaa standardista SFS 7001.

1.3.3 Materiaaliominaisuuksien mitoitusarvot

Materiaaliominaisuuden mitoitusarvo saadaan jakamalla ominaisarvo materiaalin osavarmuusluvulla γ_M . Suomessa käytettävät osavarmuusluvun γ_M arvot on esitetty standardin EN 1996-1-1 kansallisen liitteen kohdassa 2.4.3(1)P. Normaalisti vallitsevassa mitoitusilanteessa käytettävät arvot on annettu taulukossa 1. Onnettomuustilanteessa varmuuskertoimen arvo on 1,0.

Taulukko 1. Osavarmuusluvun γ_M arvoja.

γ_M (normaalisti vallitseva mitoitusilanne)	
Muurattu rakenne, jossa käytetään	
kategorian I muuraukspaleita ja ominaisuuslaastia ^a	1,8
kategorian I muuraukspaleita ja muuta kuin ominaisuuslaastia ^b	2,4
kategorian II muuraukspaleita ja mitä tahansa laastia ^{a,b,d}	2,5
raudoituksen ankkurointi	1,8
raudoitus ja jänneteräs	1,15
standardin EN 845-1 mukaiset muurauksiteet, vanteet, kannattimet ja konsolit sekä standardin EN 845-2 mukaiset ylityspalkit ^c , valmistaja ei ilmoita murtotapaa	3,2
Valmistaja voi ilmoittaa käytettävän varmuuskertoimen myös rakenteen murtumistavan mukaan seuraavasti. Murtuminen tapahtuu	
– betonissa, puussa tai muurauksessa tai niiden rajapinnassa	1,35 γ_{M1}
– teräksessä, alumiinissa tai betoniteräksessä	1,10 γ_{M1}
γ_{M1} on kyseessä olevaa materiaalia koskevan eurokoodiosan (osat EN 1992, EN 1993, EN 1995, EN 1996, EN 1999) kansallisen liitteen mukainen varmuuskerroin.	
^a Ominaisuuslaastien vaatimukset on esitetty standardeissa EN 998-2 ja EN 1996-2. Suomessa käytettävät laastit ovat ominaisuuslaasteja. Tällöin valmistaja ilmoittaa laastin ominaisuudet.	
^b Reseptilaastin vaatimukset on esitetty standardeissa EN 998-2 ja EN 1996-2.	
^c Ilmoitetut arvot ovat keskiarvoja.	
^d Kun kategorian II muuraukspaleiden variaatiokerroin on enintään 25 %.	

1.3.4 Lujuudet

Muurin puristuslujuus

Muurin puristuslujuus määritetään standardin EN 1052-1 mukaisella testillä tai kaavalla

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta \quad (3)$$

missä f_b on valmistajan ilmoittama muurauskappaleen normalisoitu puristuslujuus ja f_m on laastin puristuslujuus. Termit K , α ja β ovat muurauskappaleen tyypistä ja aukkoryhmästä riippuvia kertoimia. Kertoimen K arvot on esitetty taulukossa 2. Kertoimien α ja β arvot löytyvät taulukosta 3.

Taulukko 2. Kertoimen K arvot käytettäessä kevytsoraharkkoja ja yleislaastia.

muurauskappale		yleislaasti
kevytsoraharkko	aukkoryhmä 1	0,65
	aukkoryhmä 2	0,55

Kevytsoraharkot kuuluvat yleensä aukkoryhmään 1.

Taulukko 3. Kertoimien α ja β arvot käytettäessä yleislaastia.

	α	β
yleislaasti	0,65	0,25

Muurin puristuslujuuden kaavaa (3) ja taulukoita 2 ja 3 voidaan käyttää edellyttäen, että

- muurin yksityiskohtainen suunnittelu on tehty standardin EN 1996-1-1 luvun 8 mukaisesti
- kaikkia saumoja voidaan standardin EN 1996-1-1 kohtien 8.1.5 (1) ja (3) vaatimusten mukaisesti pitää täysinä
- f_b on enintään 75 N/mm² kun muurauksessa käytetään yleislaastia
- f_b on enintään 50 N/mm² kun muurauksessa käytetään ohutsaumalaastia
- f_m on enintään 20 N/mm² sekä enintään $2f_b$ kun muurauksessa käytetään yleislaastia
- f_m on enintään 10 N/mm² kun muurauksessa käytetään kevytlaastia
- muurin paksuus on sama kuin muurauskappaleiden leveys tai pituus niin, ettei seinän koko pituudella tai osalla sitä ole pituussuuntaista laastisaumaa
- muurauskappaleiden lujuuden variaatiokerroin on enintään 25 %.

Raudoitetulla muuratulla rakenteella, jonka jännitys jakauma on standardin EN 1996-1-1 kuvan 6.4 mukainen (esimerkiksi taivutusraudoitettu maanpaineseinä), normalisoituna puristuslujuutena vaakasauman suunnassa voidaan käyttää puristetun osan normalisoitua puristuslujuutta koko muurauskappaleen vaakasauman suuntaisen normalisoidun puristuslujuuden sijasta. Tällöin pystysaumoissa on oltava laastia koko puristetulla osalla. Valmistaja voi tarvittaessa ilmoittaa edellä mainitun puristetun osan normalisoidun puristuslujuuden eli massan puristuslujuuden keskiarvon.

Rakosaumamuurin puristuslujuuden ominaisarvo määrittää myös kaavalla 3 edellyttäen, että yhtälöissä käytettävä muurauskappaleiden normalisoitu puristuslujuuden keskiarvo $f_{b,r}$ on määritelty standardin EN 772-1 mukaisesti rakosaumamuuratuilla koekappaleilla.

Mikäli muurauskappaleen lujuutta ei ole määritetty rakosaumamuuratulla koekappaleilla, voidaan puristuslujuuden ominaisarvo määrittää myös kaavasta 3, edellyttäen seuraavat ehdot täyttyvät

- jokaisen laastikarheen leveys on vähintään 30 mm
- muuratun rakenteen paksuus on sama kuin muurauskappaleiden leveys tai pituus niin, ettei seinän koko pituudella tai osalla sitä ole seinän pituussuuntaista laastisaumaa
- $\frac{g}{t} \geq 0,4$, missä g on laastikarheiden kokonaisleveys ja t on seinän paksuus
- kerroin K valitaan taulukon 2 mukaan, kun $\frac{g}{t} = 1,0$ ja K on puolet näistä arvoista, kun $\frac{g}{t} \geq 0,4$, väliarvot interpoloidaan lineaarisesti.

Muuratun rakenteen leikkauslujuus

Kun pystysaumoissa käytetään laastia, saadaan leikkauslujuuden ominaisarvo kaavasta

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4\sigma_d \quad (4)$$

missä f_{vko} on ominaisleikkauslujuuden perusarvo. Lujuutena käytetään joka laastivalmistajan tai muurauskappaleen valmistajan testaamalla saatua arvoa. Ohjeellinen arvo on taulukossa 4.

Taulukko 4. Muurin ominaisleikkauslujuuden perusarvot f_{vko}

f_{vko} (N/mm ²)	
yleislaasti	
$f_m \geq 7,5$ N/mm ²	$0,06 f_b$

Muurin leikkauslujuuden ominaisarvon f_{vk} yläraja f_{vlt} lasketaan kaavalla 5, kun muurauskappaleen normalisoitu puristuslujuus $f_b \leq 5$ N/mm².

$$f_{vlt} = 0,45 f_{bt} \sqrt{1 + \frac{\sigma_d}{f_{bt}}} \leq f_b - \sigma_d \quad (5)$$

jossa σ_d on tarkasteltavassa rakenneosassa leikkaustasoa vastaan kohtisuorassa suunnassa vaikuttava (leikkaustarkastelua vastaavalla kuormitusyhdistelmällä laskettu) puristusjännityksen mitoitusarvo, joka perustuu rakenneosan puristetulla osalla olevaan keskimääräiseen pystyjännitykseen. Muurauskappaleen vetolujuus f_{bt} saadaan kaavasta

$$f_{bt} = 0,15 f_b ct \quad (6)$$

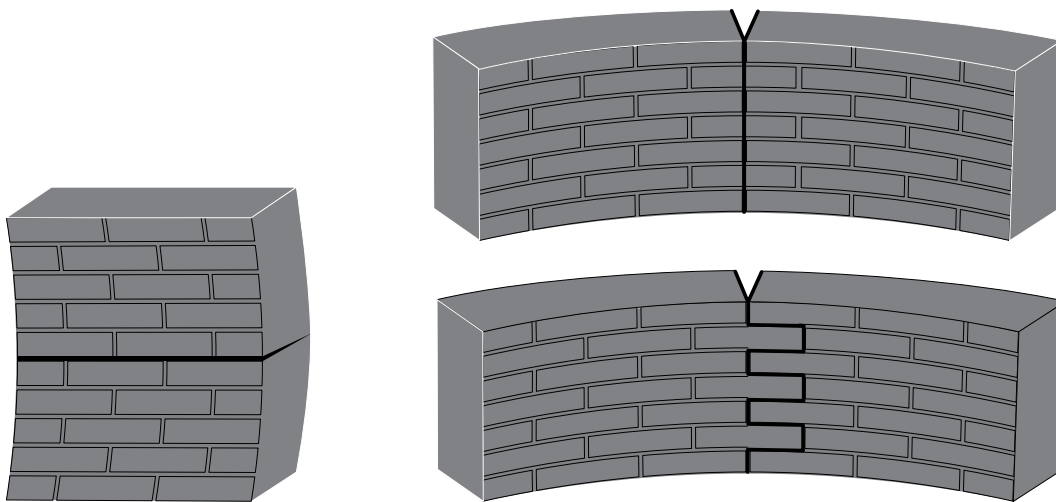
missä ct on muurauskappaleen kannasten ja seinämien yhteenlasketun paksuuden suhde kokonaisleveyteen. Arvo on valmistajan ilmoittama tai se valitaan aukkokoryhmän minimiarvon mukaan standardin EN 1996-1-1 taulukosta 1.

Muurin, jonka pystysaumoissa ei ole laastia, leikkauslujuuden ominaisarvon yläraja lasketaan puolestaan kaavalla 7, kun muurauskappaleen normalisoitu puristuslujuus $f_b \leq 5$ N/mm².

$$f_{vlt} = 0,45 f_{bt} \sqrt{1 + \frac{\sigma_d}{f_{bt}}} \leq 0,7(f_b - \sigma_d) \quad (7)$$

Muuratun rakenteen taivutuslujuus

Kevytsoraharkkoille käytetään harkko- tai laastivalmistajan ilmoittamaa arvoa. Taulukoissa 5 ja 6 olevia arvoja voidaan käyttää ohjeellisina. Muuratun rakenteen murtotasot on esitetty kuvassa 2.



a) murtotaso vaakasaumojen suuntainen f_{xk1}

b) murtotaso vaakasaumojia vastaan kohtisuorassa tasossa f_{xk2}

Kuva 2. Murtotasot taivutuksessa.

Taulukko 5. Taivutusvetolujuuden f_{xk1} arvot vaakasaumojen suuntaisessa murtotasossa.

f_{xk1} (N/mm ²)	
yleislaasti	
$f_m = 7,5$ N/mm ²	$f_m \geq 10$ N/mm ²
0,26	0,26

- Väliarvot voidaan interpoloida.

Taulukko 6. Taivutusvetolujuuden f_{xk2} arvot vaakasaumojia vastaan kohtisuorassa murtotasossa.

f_{xk2} (N/mm ²)	
yleislaasti	
$f_m = 7,5$ N/mm ²	$f_m \geq 10$ N/mm ²
$0,1f_b$	$0,1f_b$

- Väliarvot voidaan interpoloida.
- Reiällisten harkkojen taivutusvetolujuutta laskettaessa muurauskappaleen normalisoituna puristuslujuutena f_b voidaan käyttää myös puristetun osan normalisoitua puristuslujuutta eli massan puristuslujuuden keskiarvoa.
- Jos pystysaumoissa ei käytetä laastia, kerrotaan taulukossa esitetyt arvot pienennyskerroimella 0,7.

Raudoituksen tartuntalujuus

Suomessa käytettävät tartuntalujuuden ominaisarvot laastiin sijoitetuille betoniteräksille on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Muurauslaastissa olevan raudoituksen tartuntalujuuden ominaisarvo f_{bok} .

laasti	M2-M7	M7,5-M20
f_{bok} teräksille harjatangoille (A500HW, B500K, B500B, B500C1) ja ruostumattomille harjatangoille (B600KX) (N/mm ²)	1,8	2,7

1.3.5 Kimmokerroin

Kimmokerroin lasketaan kaavalla

$$E = K_E f_k \quad (8)$$

Kimmokertoimen laskentaa varten on standardin EN 1996-1-1 kansallisessa liitteessä esitetty kertoimelle K_E kaksi arvoa. Arvoa $K_E = 700$ käytetään eurokoodin liitteessä G tarvittavan kimmokertoimen laskentaan. Tämä kerroin sisältää viruman vaikutuksen. Suurempaa arvoa $K_E = 1400$ käytetään lyhytaikaisen sekanttikimmokertoimen laskentaan.

1.4 Maanpaineseinän mitoitus

Maanpaine määritetään standardin EN1997-1 mukaan. Maanpaineena vaakaraudoitetuilla seinillä käytetään aktiivista maanpainetta. Aktiivipainekerroin K_a yksinkertaistetussa mitoituksessa lasketaan yhtälöllä 9, kun täyttö on tehty kitkamaalajeilla. Yhtälö on yksinkertaistettu standardin EN1997-1 liitteen C mukaisesta kaavasta olettamalla täytön yläpinta vaakasuoraksi ja seinän ja täytön välinen leikkauskestävyyskulma δ ("seinä-kitkakulma") nolllaksi.

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi'}{1 + \sin \varphi'} \quad (9)$$

Käytännön suunnittelussa voidaan kitkamaatäytölle käyttää tilavuuspainona $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ ja leikkauskestävyyskulmana $\varphi' = 32^\circ$. Tällöin aktiivipainekerroimeksi saadaan $K_a = 0,31$. Vaakaraudoitetussa seinässä maanpaineen huippuarvot tasoittuvat ja laskennassa voidaan kolmiokuorman sijasta käyttää tasan jakautunutta kuormaa. Näillä oletuksilla täytön aiheuttama maanpaineen ominaisarvo saadaan yhtälöstä 10 ja täytön päällä olevan pintakuorman aiheuttama maanpaineen ominaisarvo saadaan yhtälöstä 11.

$$p_{a,mp} = 2,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * z_{mp} \quad (10)$$

$$p_{a,pk} = 0,31 q_k \quad (11)$$

Kaavoissa z_{mp} on täyttökorkeus ja q_k on täytön päällä olevan pintakuorman ominaisarvo. Kellarin seinissä eristeharkot viedään yleensä maanpinnan alapuolelle noin kaksi varvia. Tällöin maanpaine on vielä niin pieni, ettei mitoitusarkostelua eristeharkkojen osalta tarvita. Täyttökorkeus muun seinän osan maanpainetta määrittäessä lasketaan kuitenkin aina maanpinnasta. Maanpaineen suurin mitoituskuorma lasketaan käyttäen kuormitusyhdistelmien osavarmuuskertoimia kaavojen (1) ja (2) mukaisesti. Suurin mitoituskuorma on joko pelkän maanpainon kuormitus tai maanpainon ja pintakuorman aiheuttaman maanpaineen yhdistelmä.

Muuratun rakenteen taivutuslujuutta f_{xk1} ei käytetä hyväksi vaakasuoran maanpaineen kuormittamaa seinää mitoitettaessa.

Puristuslujuutena käytetään massan puristuslujuuden keskiarvoa.

Vaakaraudoitetuilla maanpaineseinillä suositellaan, että seinän jännemitan ja seinän paksuuden suhde on pienempi kuin 25.

1.4.1 Taivutusmitoitus

Taivutusmitoitus aloitetaan määrittämällä mitoittava momentti. Tämän jälkeen seinän vaatima vetoraudoituksen pinta-ala voidaan laskea seuraavilla kaavoilla

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{bd^2f_d} \quad (12)$$

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \quad (13)$$

$$z = \min \left\{ d \left(1 - \frac{\beta}{2} \right), 0,95d \right\} \quad (14)$$

$$A_{s,vaad} = \frac{M_{Ed}}{zf_{yd}} \quad (15)$$

$$A_{s,min} = \frac{0,0003bd}{2} \quad (16)$$

missä

- μ on suhteellinen momentti. Suhteellinen momentti ei saa ylittää yläraja-arvoa μ_{max} . Arvot löytyvät taulukosta 8.
- M_{Ed} on laskentakuormien aiheuttama mitoitusmomentti
- b on poikkileikkauksen leveys
- d on poikkileikkauksen tehollinen korkeus
- f_d on puristusjännityksen suuntainen muurin puristuslujuuden mitoitusarvo
- β on puristuspinnan suhteellinen korkeus
- z on sisäinen momenttivarsi
- $A_{s,vaad}$ on vaadittava vetoraidoituksen pinta-ala
- f_{yd} on teräksen lujuuden mitoitusarvo
- $A_{s,min}$ on minimiteräsmäärä.

Suhteellisen momentin yläraja-arvo riippuu teräksen lujuudesta, kevytsoraharkon runkoaineen tiheydestä sekä aukkoryhmästä. Suomessa käytettävien teräslujuuksien suhteellisen momentin yläraja-arvot kevytsoraharkkorakenteissa on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Suhteellisen momentin alaraja-arvot μ_{max}

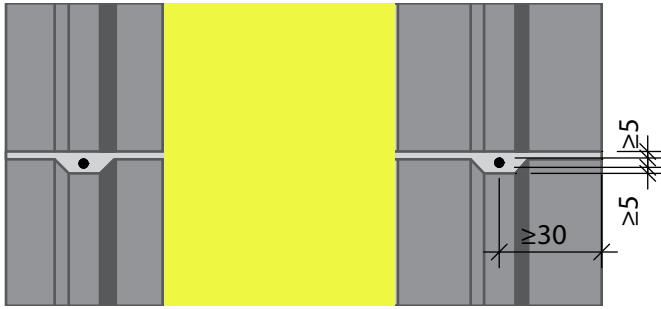
Teräksen lujuus	$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	$f_{yk} = 600 \text{ N/mm}^2$
Aukkoryhmä 1	$\mu_{max} = 0,300$	$\mu_{max} = 0,300$
Aukkoryhmä 2	$\mu_{max} = 0,292$	$\mu_{max} = 0,269$

Seinän vaakasaumoissa raudituksen kokonaispinta-alan on oltava vähintään 0,03 % seinän bruttopoikkipinta-alasta eli 0,015 % kummassakin pinnassa.

Standardissa EN 1996-1-1 on esitetty seuraavat ehdot raudituksen tankokoon valintaan

- raudoitusteräksen enimmäiskoon tulee olla sellainen, että se mahdollistaa kunnollisen laasti- tai betonipeitteen.
- raudoitustankojen vähimmäispaksuuden tulee olla 5 mm.
- raudoitusteräksen enimmäiskoon tulee olla sellainen, että standardin EN 1996-1-1 kohdan 8.2.5 mukaisia ankkurointijännityksiä ei ylitetä, ja että kohdan 8.2.2 mukainen raudituksen vähimmäispeitevaatimus täyttyy.

Jos rakenteeseen kohdistuu kloridirasitusta, tulee käyttää ruostumatonta raudoitusta. Normaaleissa olosuhteissa käytetään perinteistä suojaamatonta betoniterästä. Suojaetäisyyksien tulee ulkoilmaan kosketuksissa olevissa rakenteissa täyttää kuvan 3 vaatimukset.



Kuva 3. Raudoituksen sijoittaminen harkkomuurauksessa.

1.4.2 Leikkausmitoitus

Eurokoodi ei sisällä maanpainemitoituksessa tarvittavaa leikkausmitoitustaavaa. Mitoitus voidaan tehdä kuitenkin soveltamalla aiemmin Suomessa käytössä ollutta kaavaa. Leikkausraudoittamattoman maanpaineseinän leikkauskestävyys ja mitoittava leikkausvoima lasketaan d :n etäisyydellä tuen reunasta. Mitoituksessa tarkastetaan, että seinän leikkauskestävyys on suurempi kuin mitoittava leikkausvoima. Leikkauskestävyys saadaan laskettua kaavalla

$$V_{Rd} = \beta_1 f_{xd2} b d \quad (17)$$

missä

- β_1 on pienennyskerroin (pysty- ja vaakasaumoissa laastia); umpiharkot $\beta_1=1$, reikäharkot $\beta_1=0,4$.
- f_{xd2} on muurin taivutuslujuuden mitoitusarvo vaakasaumoja vastaan kohtisuorassa murtotasossa.
- b on tarkasteltavan poikkileikkauksen leveys.
- d on tarkasteltavan poikkileikkauksen tehollinen korkeus.

1.4.3 Vetoterästen ankkurointi

Raudoituksen ankkurointia tuelle ei yleensä tarvitse tarkistaa, jos seinän kumpaankin pintaan sijoitetaan sama rauditus ja jatkospituudet ovat riittäviä. Tällöin ulkonurkkaan syntyvän tukimomentin takia sisäpinnan teräksessä ei ole merkittävää vetoa.

Käytettäessä esivalmistettuja saumaraudotteita jatkospituus perustuu standardin EN 846-2 mukaisin testeihin määritettyyn ankkurointilujuuden ominaisarvoon.

Taulukko 9. Jatkospituus l_b teräksen täydelle vetolujuudelle teräksille A500HW, B500K ja B600KX eri laastilujuuksilla.

Teräslaatu	Tangon halkaisija (mm)	Jatkospituus l_b eri laastilujuuksilla (mm)	
		M2-M7 $f_{bok}=1,8 \text{ N/mm}^2$	M7,5-M20 $f_{bok}=2,7 \text{ N/mm}^2$
A500HW, B500K	6	910	610
	8	1210	800
	10	1520	1010
	12	1820	1210
B600KX	5	910	610
	7	1280	840
	9	1640	1100

1.5 Muuratun seinän mitoitus puristukselle ja taivutukselle

Seinän mitoituksessa voimasuureet ulkoisesta kuormituksesta määritetään seinän päissä ja korkeuden puolivälissä. Kuormat vaikuttavat tukipinnan keskellä. Normaalivoiman kuormittamien muurattujen seinien kestävyttä laskettaessa voidaan olettaa, että muuratun rakenteen vetolujuus kohtisuoraan saamaa vasten on nolla.

1.5.1 Seinän tehollinen korkeus

Käytettäessä yksinkertaista nivelellistä rakennemallia kantavan seinän tehollinen korkeutena h_{ef} voidaan pitää vaakarakenteiden vapaata väliä. Poikittaisten seinien tukivaikutus voidaan ottaa tarvittaessa huomioon.

1.5.2 Seinän tehollinen paksuus

Yksinkertaisen rakosaumamuuratun seinän tehollisena paksuutena t_{ef} käytetään seinän todellista paksuutta t . Kantavan seinän minimipaksuus on 100 mm.

Rakoseinän, jossa molemmat seinäpuoliskot on sidottu toisiinsa muuraussitein standardin EN 1996-1-1 kohdan 6.5 mukaisesti, tehollinen paksuus t_{ef} lasketaan eo. standardin kohdan 5.5.1.3 mukaan.

1.5.3 Seinän hoikkuus

Muuratun seinän hoikkuus saadaan jakamalla tehollinen korkeus h_{ef} tehollisella paksuudella t_{ef} . Kun seinän pääasiallisena kuormana on pystykuorma, rajoitetaan seinän hoikkuusluku arvoon 27.

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \quad (18)$$

1.5.4 Kuorman alkuepäkeskisyys

Rakennustyön epätarkkuudet otetaan huomioon alkuepäkeskisyyden e_{init} avulla. Alkuepäkeskisyys vaikuttaa koko seinän korkeudella ja se saadaan kaavasta

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} \quad (19)$$

1.5.5 Seinän kestävyys

Murtorajatilassa muuratun seinän mitoituskuorman N_{Ed} tulee olla pienempi tai yhtä suuri kuin seinän normaalivoimakestävyuden mitoitusarvon N_{Rd} . Täytyy siis olla

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \quad (20)$$

Yksinkertaisen seinän pystykuormien mitoituskestävyys yksikköpituutta kohden N_{Rd} saadaan yhtälöstä

$$N_{Rd} = \Phi f_d \quad (21)$$

missä Φ on hoikkuuden ja kuormituksen epäkeskisyyden vaikutuksen huomioon ottava kestävyuden pienennyskerroin tilanteen mukaan seinän ylä- tai alapäässä Φ_i tai seinän korkeuden puolivälissä Φ_m .

Seinän poikkileikkauksen ollessa pienempi kuin 0,1 m² muurin puristuslujuuden mitoitusarvo f_d kerrotaan luvulla

$$(0,7 + 3A) \quad (22)$$

missä A on rakenneosan kuormitettu vaakasuora bruttopoikkipinta-ala neliömetreissä.

Pienennyskerroin Φ_i saadaan kaavasta

$$\Phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t} \quad (23)$$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0,05t \quad (24)$$

missä

- e_i on seinän ylä- tai alapään mitoitusepäkeskisyys.
- M_{id} on seinän ylä- tai alapäässä oleva taivutusmomentin mitoitusarvo, joka johtuu tuella olevan välipohjakuorman epäkeskisyydestä.
- N_{id} on seinän ylä- tai alapään pystysuoran kuorman mitoitusarvo.
- e_{he} on mahdollisten vaakakuormien, kuten tuulen, aiheuttama seinän ylä- tai alapään epäkeskisyys.

Pienennyskerroin Φ_m voidaan määrittää kuvassa 4 olevista käyristä tai laskea kaavalla

$$\Phi_m = A_1 e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (25)$$

$$A_1 = 1 - 2 \frac{e_{mk}}{t} \quad (26)$$

$$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \frac{e_{mk}}{t}} \quad (27)$$

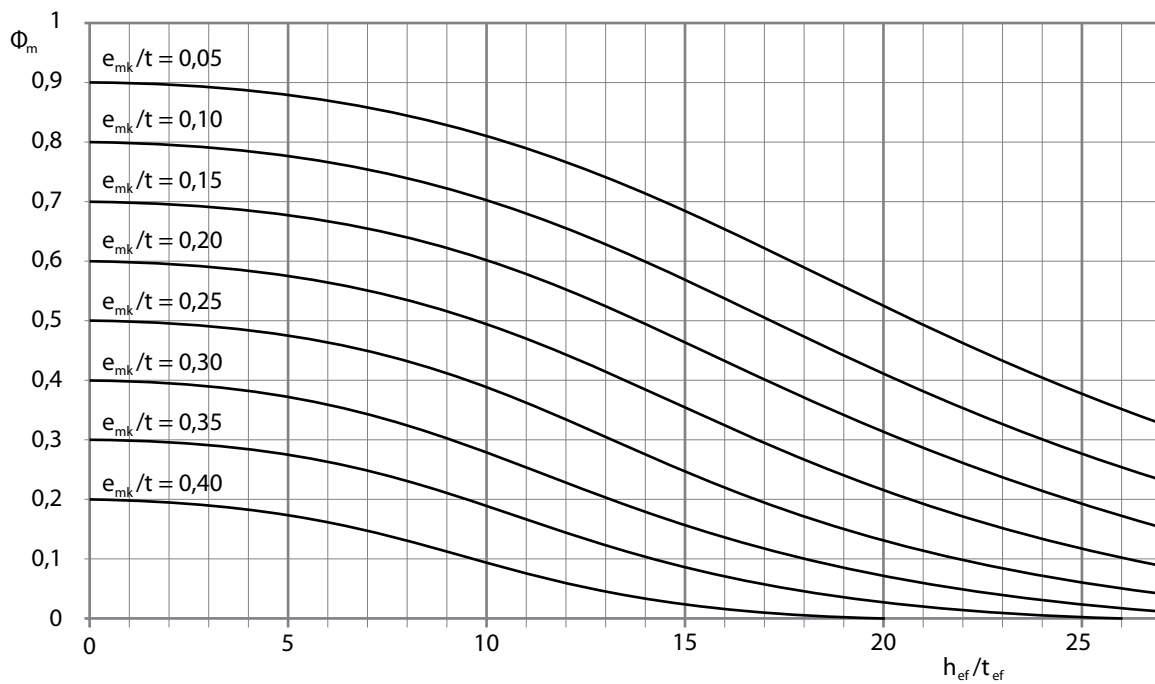
$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{\frac{f_k}{E}} \quad (28)$$

$$e_{mk} = e_m \geq 0,05t \quad (29)$$

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init} \quad (30)$$

missä

- e_{mk} on epäkeskisyys seinän korkeuden puolessavälissä.
- e_m on kuormien aiheuttama epäkeskisyys.
- M_{md} on seinän korkeuden puolessavälissä oleva suurin mitoitusmomentti, joka aiheutuu seinän ylä- ja alapään momenteista, sisältäen pintaan kohdistuvien kuormien, kuten konsolien, aiheuttamat epäkeskisyydet.
- N_{md} on pystysuora mitoituskuorma seinän korkeuden puolessavälissä, sisältäen seinän pintaan kohdistuvat pystykuormat, kuten konsolit.
- e_{hm} on vaakakuormien, kuten tuulen, aiheuttama epäkeskisyys seinän korkeuden puolessavälissä. Sen huomioon ottaminen riippuu käytettävästä kuormitusyhdistelmästä ja merkin tulee olla termin M_{md}/N_{md} kanssa johdonmukainen.



Kuva 4. Pienennyskerroin Φ_m kevytsoraharkolle $E=700fk$.

Rakoseinän kumpikin seinäpuolisko mitoitetaan erikseen ja hoikkuutena käytetään standardin EN 1996-1-1 kohdan 5.5.1.3 mukaisen rakoseinän tehollisen paksuuden mukaan määräytyvää hoikkuutta.

1.6 Muuratun seinän mitoitus pääasiassa taivutukselle

Seinä mitoitetaan pääasiassa taivutukselle ja puristusjäännitystä hyödynnetään taivutuskestävyyttä laskettaessa. Seinän mitoituksessa tulee ottaa huomioon kapillaarikatkojen vaikutus sekä tukiehdot ja jatkuvuus tuen kohdalla.

Seinän vaakasuuntainen tuenta voidaan tehdä siteillä tai muurauksen limityksellä liittyviin rakenteisiin tai ala-, väli- tai yläpohjan avulla.

Kun vaakakuormitettu seinä on limitetty pystykuormitettuihin seiniin tai seinä kannattaa raudoitettua betonilaattaa, seinää voidaan pitää jatkuvana rakenteena. Kapillaarikatkon kohdalla seinä on kuitenkin vapaasti tuettu, ellei normaalivoiman aiheuttama puristusjäännityksen mitoitusarvo on suurempi kuin vaakavoimista aiheutuva taivutusvetojäännityksen mitoitusarvo. Jos seinä on kiinnitetty pystyreunoilta sitein kantavaan seinään tai muuhun tukirakenteeseen, voidaan reuna olettaa osittain kiinnitetyksi edellyttäen, että siteiden lujuus on osoitettu riittäväksi. Seinän limityksen ohjeet löytyvät standardin EN 1996-1-1 kohdasta 8.1.4.

Rakoseinän voidaan olettaa olevan jatkuva rakenne, vaikka vain toinen rakoseinän puolisko on limitetty tuella, jos rakoseinän siteet ovat standardin EN 1996-1-1 kohdan 6.3.3 mukaisia. Seinästä tuelle siteiden välityksellä siirtyvä kuorma voi siirtyä toiselle seinäpuoliskolle edellyttäen, että puoliskot on riittävän hyvin liitetty toisiinsa (ks. EN 1996-1-1 kohta 6.3.3) erityisesti seinän pystyreunoilla. Kaikissa muissa tapauksissa voidaan olettaa vain osittainen kiinnitysaste ja osittainen jatkuvuus.

Seinälle ei tarvitse tehdä käyttörajatilatarkastelua, jos se täyttää standardin EN 1996-1-1 liitteessä F esitetyt ehdot. Liitteessä esitetyt kuvaajat rajoittavat seinän kokoa tuentatavasta riippuen.

Seinässä olevaa liikuntasaumaa pidetään seinän vapaana reunana, jonka yli leikkausvoima tai taivutusmomentti ei siirry.

1.6.1 Seinän kestävyys

Murtorajatilassa seinän taivutusmomentin mitoitusarvon M_{Ed} tulee olla pienempi tai yhtä suuri kuin seinän momenttikestävyyden mitoitusarvon M_{Rd} .

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad (31)$$

Momenttikestävyyden mitoitusarvo yksikköpituutta kohden saadaan kaavoilla

$$M_{Rd} = f_{xd} Z \quad (32)$$

tai

$$M_{Rd} = f_{xd1,app} Z \quad (33)$$

missä Z on poikkileikkauksen kimmoinen taivutusvastus seinän yksikköpituutta kohden.

Muuratun rakenteen taivutuslujuuksien mitoitusarvojen ortogonaalisuhde μ otetaan huomioon suunnittelussa. Se saadaan laskettua jakamalla vaakasauman taivutuslujuuden mitoitusarvo f_{xd1} pystysauman taivutuslujuuden mitoitusarvolla f_{xd2}

$$\mu = \frac{f_{xd1}}{f_{xd2}} \quad (34)$$

tai kun rakenteessa on pystykuormaa, voidaan pystysuoraa jäännitystä käyttää hyväksi käyttämällä korotettua taivutuslujuutta $f_{xd1,app}$

$$\mu = \frac{f_{xd1.app}}{f_{xd2}} \quad (35)$$

$$f_{xd1.app} = f_{xd1} + \sigma_d \quad (36)$$

$$\sigma_d \geq 0,2f_d \quad (37)$$

missä σ_d on seinän pystysuuntainen mitoitusjännitys.

Taivutusmomentit lasketaan myötöviivateorian mukaan. Kun seinä on tuettu ainoastaan ala- ja yläreunastaan, momentti voidaan laskea tavanomaisten suunnitteluperiaatteiden mukaisesti ottaen huomioon mahdollinen rakenteen jatkuvuus. Kolmelta tai neljältä reunalta tuetuille seinille momentin mitoitusarvo seinän pituusyksikköä kohden saadaan yhtälöistä

$$M_{Ed1} = \alpha_1 W_{Ed} l^2 \quad (38), \text{ kun murtotaso on vaakasaumojen suuntainen eli lujuuden } f_{xd1} \text{ suunnassa}$$

tai

$$M_{Ed2} = \alpha_2 W_{Ed} l^2 \quad (39), \text{ kun murtotaso on kohtisuorassa vaakasaumojen vastaan eli lujuuden } f_{xd2} \text{ suunnassa.}$$

Kaavoissa

l on seinän pituus .

W_{Ed} on vaakakuorman mitoitusarvo pinta-alayksikköä kohden.

α_1 ja α_2 ovat taivutusmomentin kertoimia, jotka riippuvat seinän reunojen kiinnitysasteesta ja seinän korkeuden suhteesta leveyteen. Kertoimet saadaan standardin EN 1996-1-1 liitteen E kuvaajista.

Rakoseinäen kohdistuva vaakasuoran kuorman mitoitusarvo pinta-alayksikköä kohden W_{Ed} voidaan jakaa seinäpuoliskoille edellyttäen, että seinäpuoliskojen väliset siteet tai muut kiinnikkeet kykenevät siirtämään rakoseinälle kohdistuvat kuormat. Jako seinäpuoliskoille voidaan tehdä joko niiden lujuuksien suhteessa käyttäen momenttikapasiteettia M_{Rd} tai niiden jäykkyyksien suhteessa. Käytettäessä jäykkyyksien suhdetta kumpikin seinäpuolisko mitoitetaan siihen kohdistuvalle momentille M_{Ed} .

1.7 Jäykistävät seinät

Pientaloissa rakennuksen rungon jäykistämiseen riittävät yleensä normaalit rakenneratkaisut ilman erityistoimenpiteitä. Ulkoseinien rauditus jatketaan nurkissa poikittaisille seinille ja yleensä jäykistävät väliseinät sidotaan ulkoseiniin jokaiseen saumaan asennettavalla siteellä.

Seinän jäykkyytenä käytetään seinien kimmoista jäykkyyttä. Seinissä, joiden korkeus on yli kaksi kertaa niiden pituus, leikkausjäykkyyden vaikutusta kokonaisjäykkyyteen ei tarvitse ottaa huomioon.

Mikäli välipohjat voidaan olettaa jäykiksi levyiksi, vaakavoimat jaetaan jäykistäville seinille niiden jäykkyyksien suhteessa.

Jos jäykistävien seinien sijainti on epäsymmetrinen tai vaakavoima on epäsymmetrinen rakenteen jäykkyyss-painopisteen suhteen, tulee rakennesysteemin kiertymisen vaikutus ottaa huomioon tarkasteltaessa yksittäisiä seinä.

Jos vaakarakenne ei ole riittävän jäykkä toimiakseen levynä, vaakavoimien oletetaan kohdistuvan niihin jäykistäviin seiiniin, joihin kyseiset välipohjien osat on suoraan kiinnitetty.

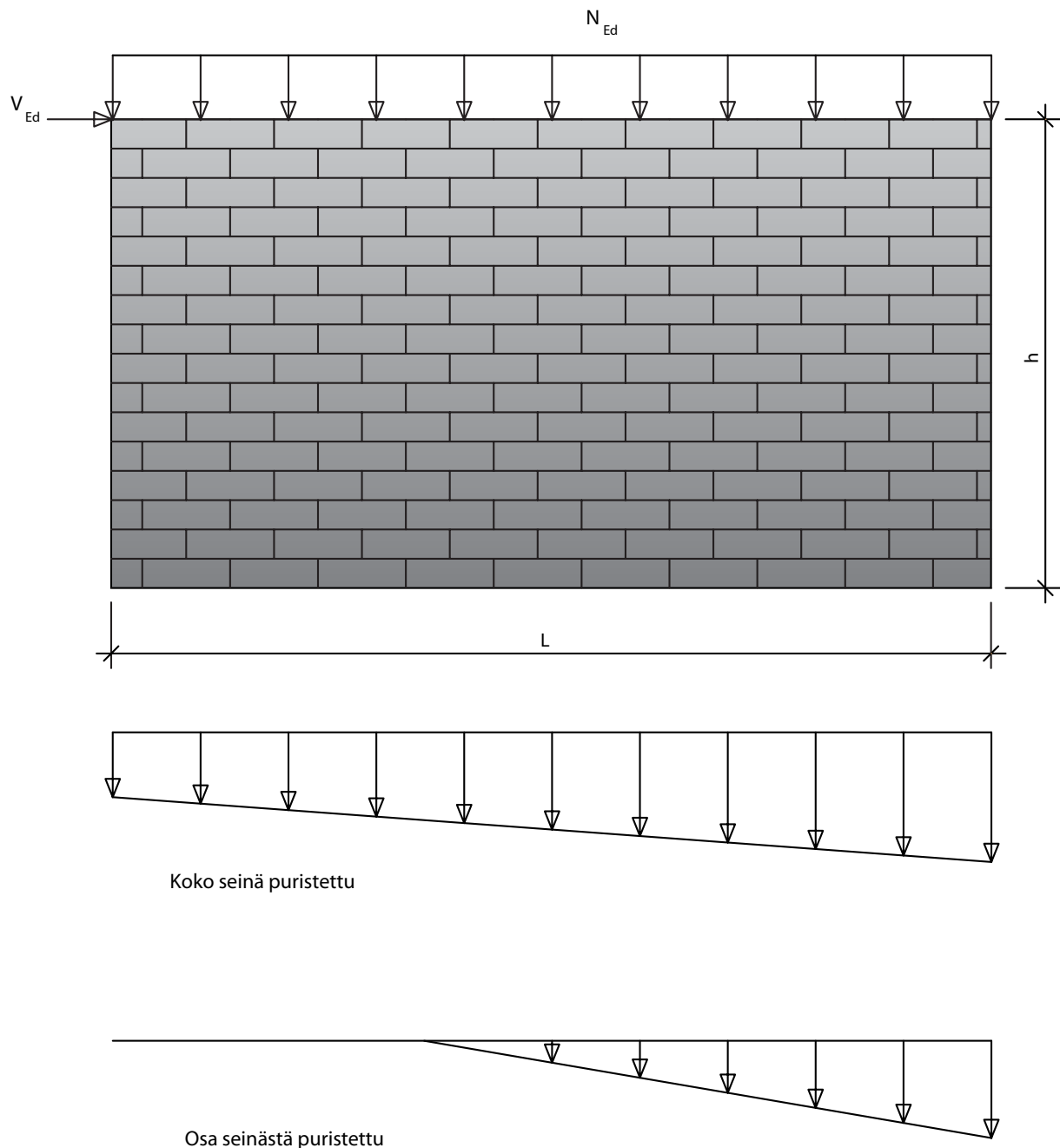
Suurinta jäykistävään seinään kohdistuvaa vaakasuoraa kuormaa voidaan pienentää enintään 15 % edellyttäen, että samansuuntaisten jäykistävien seinien kuormaa vastaavasti lisätään.

Vaakakuormien aiheuttamien leikkausjännitysten katsotaan jakautuvan tasaisesti seinän puristetulle osalle.

Seinän puristetun osan pituus lasketaan olettamalla puristusjännitysten jakauma lineaarisiksi.

Leikkauskestävyyden tarkastelu tehdään jäykistävässä suunnassa käyttäen minimipystykuormaa. Leikkauskestävyys tarkastetaan seinän ylä- ja alareunoissa. Seinän leikkauskestävyyden mitoitusarvo saadaan seinän leikkauslujuuden mitoitusarvon, puristetun osan pituuden ja seinän paksuuden tulona.

Seinän puristetun osan puristuskestävyyden tarkastelu tehdään hoikemmassa suunnassa sekä minimi- että maksimipystykuormilla, joihin lisätään vaakakuormista syntyvän taivutusmomentin aiheuttama lisäpuristus. Seinän kuormitustapaukset on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Jäykistävän seinän jännitysjaakauma.

1.8 Paikallinen puristuskestävyys

Muurattua seinää kuormittavan pystysuoran paikallisen voiman N_{Edc} tulee olla pienempi tai yhtä suuri kuin seinän pystysuora paikallisen kestävyuden mitoitusarvo N_{Rdc} . Tulee siis olla

$$N_{Edc} \leq N_{Rdc} \quad (40)$$

Kun aukkoryhmän 1 kevytsoraharkoista rakennettuun standardin EN 1996-1-1 luvun 8 mukaisesti suunniteltuun tai muuhun kuin rakosaumamuurattuun seinään kohdistuu paikallinen kuorma, seinän pystysuoran paikallisen kestävyuden mitoitusarvo saadaan yhtälöstä

$$N_{Rdc} = \beta A_b f_d \quad (41)$$

$$\beta = \left(1 + 0,3 \frac{a_1}{h_c} \right) \left(1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}} \right) \quad (42)$$

$$1,0 \leq \beta \leq \min \begin{cases} 1,25 + \frac{a_1}{2h_c} \\ 1,5 \end{cases} \quad (43)$$

$$A_{ef} = l_{ef} t \quad (44)$$

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

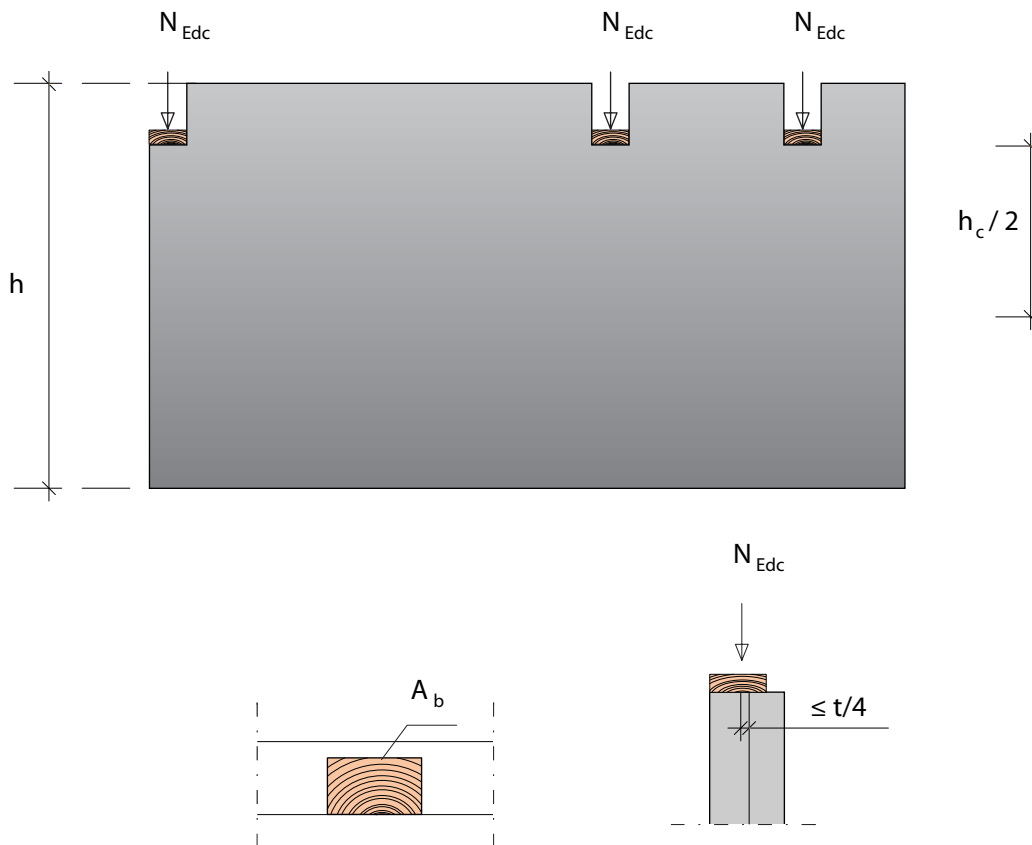
missä

- β on korotuskerroin paikallisessa kuormituksessa.
- a_1 on seinän pään ja kuormituspinnan lähimmän reunan etäisyys (ks. kuva 6).
- h_c on seinän korkeus kuorman vaikutustasoon saakka.
- A_b on kuormitusala.
- A_{ef} on tukipinnan tehollinen pinta-ala.
- l_{efm} on seinän tai pilasterin korkeuden puolessavälissä määritetty tuen tehollinen pituus (ks. kuva 6).

Seinän paksuudessa t otetaan huomioon 5 mm suuremmat sisään vedot saumoissa.

Aukkoryhmien 2 kevytsoraharkoille tai rakosaumamuurausta käytettäessä tarkastetaan, ettei puristusjännityksen mitoitusarvo paikallisen kuorman alapuolella ylitä muuratun rakenteen puristuslujuuden mitoitusarvoa f_d . Tällöin kertoimen β arvo on yksi.

Kuorman epäkeskisyys seinän keskilinjasta mitattuna saa olla enintään $t/4$ (ks. kuva 6).



Kuva 6. Paikallisesti kuormitetut seinät.

Kaikissa tapauksissa on tarkastettava seinän puristuskestävyys korkeuden puolivälissä paikallisen kuorman kohdalla, jolloin on otettava huomioon myös kaikki muut pystykuormat. Tarkastelu on erityisen tärkeää silloin kun paikalliset kuormat ovat niin lähellä toisiaan, että niiden teholliset pituudet limittyvät.

Paikallisen kuorman tukipinta tehdään aukkoryhmän 1 kevytsoraharkoista tai muusta umpinaisesta materiaalista, jonka pituus on sama kuin vaadittava tukipinnan pituus lisättynä kummallekin puolelle mitalla, joka saadaan kun tukipinnan reunasta piirretään 60° kulmassa viiva tarkasteltavan kappaleen alareunaan. Tukipinnan ollessa rakenteen reunassa lisäpituus vaaditaan vain toiselle puolelle.

Kun paikallinen kuorma vaikuttaa rakenteeseen seinän levyisen riittävän jäykän jakopalkin välityksellä, jonka korkeus on yli 200 mm ja pituus yli kolme kertaa kuorman tukipituus seinän suunnassa, puristusjännityksen mitoitusarvo kuormitetun kohdan alla saa olla enintään

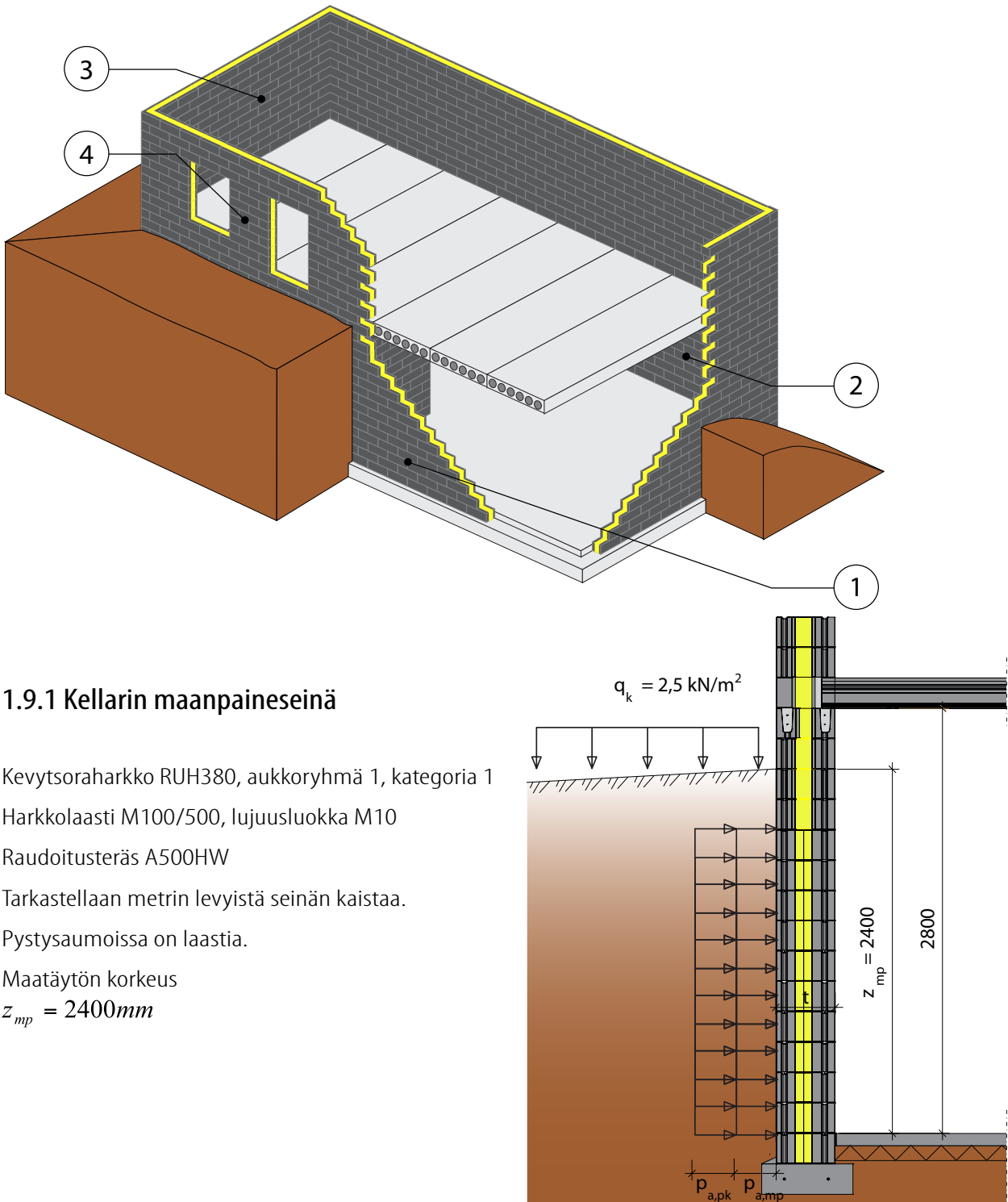
$$1,5f_d \tag{46}$$

1.9 Esimerkkitalon mitoitus

Seuraavassa on esitetty esimerkkilaskelmat kuvan mukaisen kaksikerroksisen harkkotalon mitoituksesta.

Laskelmissa esitetään

- 1) kellarin maanpaineseinä
- 2) alakerran kantavan seinän mitoitus puristukselle ja taivutukselle
- 3) yläkerran päätyseinän mitoitus tuulenpaineelle ja
- 4) yläkerran seinän mitoitus aukkojen kohdalla.



1.9.1 Kellarin maanpaineseinä

Kevytsoraharkko RUH380, aukkoryhmä 1, kategoria 1

Harkkolaasti M100/500, lujuusluokka M10

Raudoitusteräs A500HW

Tarkastellaan metrin levyistä seinän kaistaa.

Pystysaumoissa on laastia.

Maatäytön korkeus

$$z_{mp} = 2400 \text{ mm}$$

Pintakuormana kevyiden ajoneuvojen aiheuttama pintakuorma

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

Maanpaineen ominais- ja mitoitusarvot.

$$p_{a,mp} = 2,8 \text{ kN} / \text{m}^3 * z_{mp} = 2,8 \text{ kN} / \text{m}^3 * 2,4 \text{ m} = 6,72 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$p_{a,pk} = 0,31 q_k = 0,31 * 2,5 \text{ kN} / \text{m}^2 = 0,775 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$p_{a,mp,d} = 1,35 K_{FI} p_{a,mp} = 1,35 * 1,0 * 6,72 \text{ kN} / \text{m}^2 = 9,072 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$p_{a,pk,d} = 1,15 K_{FI} p_{a,mp} + 1,5 K_{FI} p_{a,pk} = 1,15 * 1,0 * 6,72 \text{ kN} / \text{m}^2 + 1,5 * 1,0 * 0,775 \text{ kN} / \text{m}^2 = 8,891 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$p_{Ed} = \max \left\{ \begin{array}{l} p_{a,mp,d} \\ p_{a,pk,d} \end{array} \right\} = 9,072 \text{ kN} / \text{m}^2$$

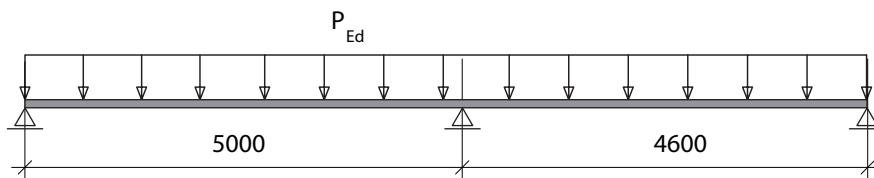
Tarkasteltavan seinän jänneväli

$$L_{ef} = 5000 \text{ mm}$$

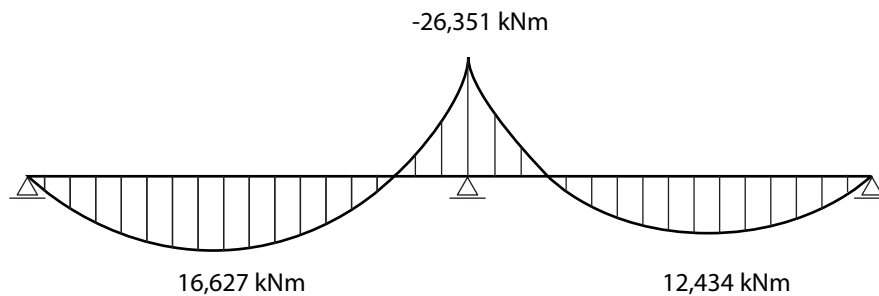
Momentin ja leikkausvoiman mitoitusarvot.

Leikkausvoiman mitoitusarvo d:n etäisyydellä keskituesta.

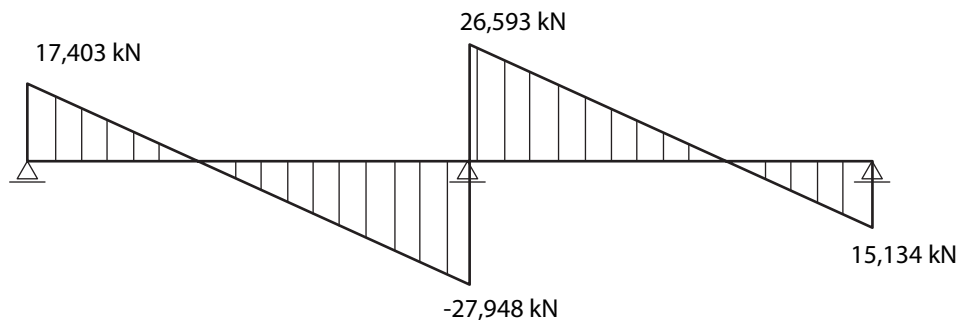
Maanpaineeseinän rakennemalli



Maanpaineeseinän momenttipinta



Maanpaineeseinän leikkausvoimapinta



$$M_{Ed} = 26,351 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 24,510 \text{ kN}$$

Seinän jännemitan raja-arvo

$$\frac{L_{ef}}{t} = \frac{5000 \text{ mm}}{380 \text{ mm}} = 13,158 < 25$$

OK, käyttörajatilatarkastelua ei tarvitse tehdä.

Harkon mittatiedot

$$t = 380 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

Osavarmuusluvut

$$\gamma_{Mm} = 1,8$$

$$\gamma_{Ms} = 1,15$$

$$\gamma_{Ma} = 1,8$$

Muurin puristuslujuuden ominais- ja mitoitusarvo.

$$f_b = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_m = 10 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{mred} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_m = 10 \text{ N/mm}^2 \\ 2f_b = 2 * 3,5 \text{ N/mm}^2 = 7,0 \text{ N/mm}^2 \\ 20 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} = 7,0 \text{ N/mm}^2$$

$$K = 0,65$$

$$\alpha = 0,65$$

$$\beta = 0,25$$

$$f_k = K f_b^\alpha f_{mred}^\beta = 0,56 * 3,5^{0,65} \text{ N/mm}^2 * 7,0^{0,25} \text{ N/mm}^2 = 2,387 \text{ N/mm}^2$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_{Mm}} = \frac{2,387 \text{ N/mm}^2}{1,8} = 1,326 \text{ N/mm}^2$$

Raudoitusteräksen lujuuden mitoitusarvo

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{Ms}} = \frac{500 \text{ N/mm}^2}{1,15} = 434,783 \text{ N/mm}^2$$

Raudoituksen tartuntalujuuden ominais- ja mitoitusarvo

$$f_{bok} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{bod} = \frac{f_{bok}}{\gamma_{Ma}} = \frac{2,7 \text{ N/mm}^2}{1,8} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

Muurin taivutusvetolujuuden ominais- ja mitoitusarvo vaakasaumoja vastaan olevassa murtotasossa

$$f_{xk2} = 0,1f_b = 0,1 * 3,5 N / mm^2 = 0,35 N / mm^2$$

$$f_{xd2} = \frac{f_{xk2}}{\gamma_{Mm}} = \frac{0,35 N / mm^2}{1,8} = 0,194 N / mm^2$$

Lasketaan vaadittava teräsmäärä metrin matkalle.

$$d = t - d' = 380mm - 50mm = 330mm$$

$$b = 1000mm$$

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_d} = \frac{26,351 * 10^6 Nmm}{1000mm * (330mm)^2 * 1,326 N / mm^2} = 0,182$$

$$\mu_{max} = 0,292 > \mu \quad \text{OK}$$

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,182} = 0,203$$

$$z = \min \left\{ \begin{array}{l} d \left(1 - \frac{\beta}{2} \right) = 330mm * \left(1 - \frac{0,203}{2} \right) = 296,488mm \\ 0,95d = 0,95 * 330mm = 313,5mm \end{array} \right\} = 296,488mm$$

$$A_{s,vaad} = \frac{M_{Ed}}{z f_{yd}} = \frac{26,351 * 10^6 Nmm}{296,488mm * 434,783 N / mm^2} = 204,417mm^2$$

metrin matkalle. Valitaan T8 jokai-

seen saumaan.

$$A_s = 5 * 50,3mm^2 = 251,5mm^2 \quad \text{metrin matkalla}$$

Minimiteräsmäärä

$$A_{s,min} = \frac{0,0003bd}{2} = \frac{0,0003 * 1000mm * 330mm}{2} = 49,5mm^2 < A_s$$

OK

Tarkastetaan seinän leikkauskestävyys.

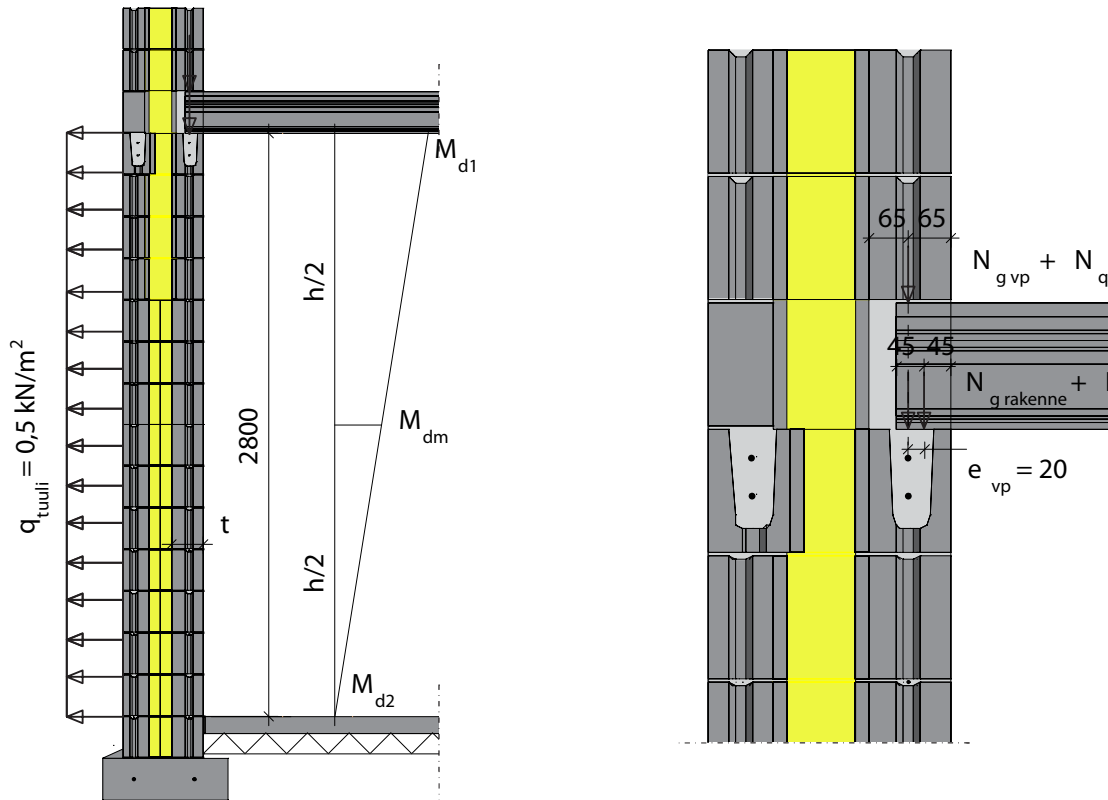
$$V_{Rd} = \beta_1 f_{xd2} b d = 0,4 * 0,194 N / mm^2 * 1000mm * 330mm = 25,666kN > V_{Ed}$$

OK

Vetoterästen jatkospituus, kun laastin lujuusluokka on M10 ja A500HW teräksen halkaisija on 8 mm.

$$l_b = 800mm$$

1.9.2 Alakerran kantavan seinän mitoitus puristukselle ja taivutukselle



Eristeharkko 380 mm, aukkoryhmä 1, kategoria 1

Harkkolaasti M100/500, lujuusluokka M10

Mitoitetaan seinä päistään nivelöitynä sauvana.

Tarkastellaan 1 metrin levyistä seinän kaistaa.

Kuormat

Yläpuolinen seinä ja kattorakenteet $n_{grakenne} = 7,0kN$

Välipohja $n_{gvp} = 10,0kN$

Seinän omapaino $n_{gomapaino} = 3,0kN$

Välipohjan hyötykuorma $n_{qhyöty} = 5,6kN$

Katon lumikuorma $n_{qlumi} = 8,0kN$

Seinän tuulikuorma $q_{tuuli} = 0,5kN / m$

Yhdistelykertoimet

$$\psi_{0,lumi} = 0,7$$

$$\psi_{0,hyöty} = 0,7$$

$$\psi_{0,tuuli} = 0,6$$

Välipohjan kuorman epäkeskisyyys kun laatan tukipinta on 90 mm

$$e_{vp} = \frac{t}{2} - \frac{90mm}{2} = \frac{130mm}{2} - \frac{90mm}{2} = 20mm$$

Kuormien mitoitusarvot ja kuormitusyhdistelmät

Tapaus 1

Seinän omapaino

Yläpää

$$N_{d11} = 1,35K_{FI}(n_{grakeme} + n_{gvp}) = 1,35 * 1,0 * (7,0 + 10,0)kN = 22,95kN$$

$$M_{d11} = 1,35K_{FI}n_{gvp}e_{vp} = 1,35 * 1,0 * 10,0kN * 0,02m = 0,27kNm$$

Puoliväli

$$N_{dm1} = 1,35K_{FI}\left(\frac{n_{gomapaino}}{2} + n_{grakeme} + n_{gvp}\right) = 1,35 * 1,0 * \left(\frac{3,0}{2} + 7,0 + 10,0\right)kN = 24,975kN$$

$$M_{dm1} = \frac{M_{d11}}{2} = \frac{0,27kNm}{2} = 0,135kNm$$

Alapää

$$N_{d21} = 1,35K_{FI}(n_{gomapaino} + n_{grakeme} + n_{gvp}) = 1,35 * 1,0 * (3,0 + 7,0 + 10,0)kN = 27,0kN$$

$$M_{d21} = 0kNm$$

Tapaus 2

Hyötykuorma määräävä, lumi- ja tuulikuorma vaikuttavat

Yläpää

$$N_{d12} = 1,15K_{FI}(n_{grakeme} + n_{gvp}) + 1,5K_{FI}n_{qhyöty} + 1,5K_{FI}\psi_{o,lumi}n_{qlumi} \\ = 1,15 * 1,0 * (7,0 + 10,0)kN + 1,5 * 1,0 * 5,6kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 8,0kN = 36,35kN$$

$$M_{d12} = (1,15K_{FI}n_{gvp} + 1,5K_{FI}n_{qhyöty})e_{vp} \\ = (1,15 * 1,0 * 10,0kN + 1,5 * 1,0 * 5,6kN) * 0,02m = 0,398kNm$$

Puoliväli

$$N_{dm2} = 1,15K_{FI}\left(\frac{n_{gomapaino}}{2} + n_{grakeme} + n_{gvp}\right) + 1,5K_{FI}n_{qhyöty} + 1,5K_{FI}\psi_{o,lumi}n_{qlumi} \\ = 1,15 * 1,0 * \left(\frac{3,0kN}{2} + 7,0 + 10,0\right)kN + 1,5 * 1,0 * 5,6kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 8,0kN = 38,075kN$$

$$M_{dm2} = \frac{M_{d12}}{2} + 1,5K_{FI}\psi_{0,nuli}\frac{q_{nuli}h^2}{8} \\ = \frac{0,398kNm}{2} + 1,5 * 1,0 * 0,6 * \frac{0,5kN/m * (2,8m)^2}{8} = 0,64kNm$$

Alapää

$$N_{d22} = 1,15K_{FI}(n_{gomapaino} + n_{grakeme} + n_{gvp}) + 1,5K_{FI}n_{qhyöty} + 1,5K_{FI}\psi_{o,lumi}n_{qlumi} \\ = 1,15 * 1,0 * (3,0 + 7,0 + 10,0)kN + 1,5 * 1,0 * 5,6kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 8,0kN = 39,8kN$$

$$M_{d22} = 0kNm$$

Tapaus 3

Lumikuorma määräävä, hyöty- ja tuulikuorma vaikuttavat

Yläpää

$$\begin{aligned} N_{d13} &= 1,15K_{FI}(n_{grakenne} + n_{gvp}) + 1,5K_{FI}n_{qlumi} + 1,5K_{FI}\psi_{o,hyöty}n_{qhyöty} \\ &= 1,15 * 1,0 * (7,0 + 10,0)kN + 1,5 * 1,0 * 8,0kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN = 37,43kN \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{d13} &= (1,15K_{FI}n_{gvp} + 1,5K_{FI}\psi_{o,hyöty}n_{qhyöty})l_{vp} \\ &= (1,15 * 1,0 * 10,0kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN) * 0,02m = 0,348kNm \end{aligned}$$

Puoliväli

$$\begin{aligned} N_{dm3} &= 1,15K_{FI}\left(\frac{n_{gomapaino}}{2} + n_{grakenne} + n_{gvp}\right) + 1,5K_{FI}n_{qumi} + 1,5K_{FI}\psi_{o,hyöty}n_{qhyöty} \\ &= 1,15 * 1,0 * \left(\frac{3,0kN}{2} + 7,0 + 10,0\right)kN + 1,5 * 1,0 * 8,0kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN = 39,155kN \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{dm3} &= \frac{M_{d13}}{2} + 1,5K_{FI}\psi_{0,tuuli}\frac{q_{tuuli}h^2}{8} \\ &= \frac{0,348kNm}{2} + 1,5 * 1,0 * 0,6 * \frac{0,5kN/m * (2,8m)^2}{8} = 0,615kNm \end{aligned}$$

Alapää

$$\begin{aligned} N_{d23} &= 1,15K_{FI}(n_{gomapaino} + n_{grakenne} + n_{gvp}) + 1,5K_{FI}n_{qlumi} + 1,5K_{FI}\psi_{o,hyöty}n_{qhyöty} \\ &= 1,15 * 1,0 * (3,0 + 7,0 + 10,0)kN + 1,5 * 1,0 * 8,0kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN = 40,88kN \end{aligned}$$

$$M_{d23} = 0kNm$$

Tapaus 4

Tuulikuorma määräävä, hyöty- ja lumikuorma vaikuttavat

Yläpää

$$\begin{aligned} N_{d14} &= 1,15K_{FI}(n_{grakenne} + n_{gvp}) + 1,5K_{FI}\psi_{0,hyöty}n_{qhyöty} + 1,5K_{FI}\psi_{o,lumi}n_{qlumi} \\ &= 1,15 * 1,0 * (7,0 + 10,0)kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 8,0kN = 33,83kN \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{d14} &= (1,15K_{FI}n_{gvp} + 1,5K_{FI}\psi_{0,hyöty}n_{qhyöty})l_{vp} \\ &= (1,15 * 1,0 * 10,0kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN) * 0,02m = 0,348kNm \end{aligned}$$

Puoliväli

$$\begin{aligned} N_{dm4} &= 1,15K_{FI}\left(\frac{n_{gomapaino}}{2} + n_{grakenne} + n_{gvp}\right) + 1,5K_{FI}\psi_{0,hyöty}n_{qhyöty} + 1,5K_{FI}\psi_{o,lumi}n_{qlumi} \\ &= 1,15 * 1,0 * \left(\frac{3,0kN}{2} + 7,0 + 10,0\right)kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 8,0kN = 35,55kN \end{aligned}$$

$$M_{dm4} = \frac{M_{d14}}{2} + 1,5K_{FI} \frac{q_{tuuli} h^2}{8}$$

$$= \frac{0,348kNm}{2} + 1,5 * 1,0 * \frac{0,5kN/m * (2,8m)^2}{8} = 0,909kNm$$

Alapää

$$N_{d24} = 1,15K_{FI} (n_{gomapaino} + n_{grakenne} + n_{gvp}) + 1,5K_{FI} \psi_{0,hyöty} n_{qhyöty} + 1,5K_{FI} \psi_{0,lumi} n_{qlumi}$$

$$= 1,15 * 1,0 * (3,0 + 7,0 + 10,0)kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 8,0kN = 37,28kN$$

$$M_{d24} = 0kNm$$

Tapaus 5

Tuulikuorma määräävä, hyötykuorma vaikuttaa, ei lumikuormaa

Yläpää

$$N_{d15} = 1,15K_{FI} (n_{grakenne} + n_{gvp}) + 1,5K_{FI} \psi_{0,hyöty} n_{qhyöty}$$

$$= 1,15 * 1,0 * (7,0 + 10,0)kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN = 25,43kN$$

$$M_{d15} = (1,15K_{FI} n_{gvp} + 1,5K_{FI} \psi_{0,hyöty} n_{qhyöty}) \cdot l_{vp}$$

$$= (1,15 * 1,0 * 10,0kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN) * 0,02m = 0,348kNm$$

Puoliväli

$$N_{dm5} = 1,15K_{FI} \left(\frac{n_{gomapaino}}{2} + n_{grakenne} + n_{gvp} \right) + 1,5K_{FI} \psi_{0,hyöty} n_{qhyöty}$$

$$= 1,15 * 1,0 * \left(\frac{3,0kN}{2} * 7,0 + 10,0 \right)kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN = 27,15kN$$

$$M_{dm5} = \frac{M_{d15}}{2} + 1,5K_{FI} \frac{q_{tuuli} h^2}{8}$$

$$= \frac{0,348kNm}{2} + 1,5 * 1,0 * \frac{0,5kN/m * (2,8m)^2}{8} = 0,909kNm$$

Alapää

$$N_{d25} = 1,15K_{FI} (n_{gomapaino} + n_{grakenne} + n_{gvp}) + 1,5K_{FI} \psi_{0,hyöty} n_{qhyöty}$$

$$= 1,15 * 1,0 * (3,0 + 7,0 + 10,0)kN + 1,5 * 1,0 * 0,7 * 5,6kN = 28,88kN$$

$$M_{d25} = 0kNm$$

Tapaus 6

Tuulikuorma määräävä, ei hyöty- eikä lumikuormaa

Yläpää

$$N_{d16} = 1,15K_{FI}(n_{grakenne} + n_{gvp}) = 1,15 * 1,0 * (7,0 + 10,0)kN = 19,55kN$$

$$M_{d16} = 1,15K_{FI}n_{gvp}e_{vp} = 1,15 * 1,0 * 10,0 * 0,02m = 0,23kNm$$

Puoliväli

$$N_{dm6} = 1,15K_{FI}\left(\frac{n_{gomapaino}}{2} + n_{grakenne} + n_{gvp}\right) = 1,15 * 1,0 * \left(\frac{3,0kN}{2} * 7,0 + 10,0\right)kN = 21,275,$$

$$M_{dm6} = \frac{M_{d16}}{2} + 1,5K_{FI}\frac{q_{tuuli}h^2}{8}$$
$$= \frac{0,23kNm}{2} + 1,5 * 1,0 * \frac{0,5kN/m * (2,8m)^2}{8} = 0,85kNm$$

Alapää

$$N_{d26} = 1,15K_{FI}(n_{gomapaino} + n_{grakenne} + n_{gvp}) = 1,15 * 1,0 * (3,0 + 7,0 + 10,0)kN = 23,0kN$$

$$M_{d26} = 0kNm$$

Lasketaan tapaus 3.

Seinän mitoitus

Tarkasteltavan seinän korkeus

$$h = 2800mm$$

Harkon ja laastisauman mittatiedot

$$t = 130mm$$

$$g = 130mm$$

$$g_{min} = 0,4t = 0,4 * 130mm = 52mm < g$$

OK

Muuratun rakenteen osavarmuusluku

$$\gamma_{Mm} = 1,8$$

Muurin puristuslujuuden ominais- ja mitoitusarvo

$$f_b = 4,0N/mm^2$$

$$f_m = 10N/mm^2$$

$$f_{mred} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_m = 10N/mm^2 \\ 2f_b = 2 * 4,0N/mm^2 = 8,0N/mm^2 \\ 20N/mm^2 \end{array} \right\} = 8,0N/mm^2$$

$$K = 0,65$$

$$\alpha = 0,65$$

$$\beta = 0,25$$

$$f_k = K f_b^\alpha f_{mred}^\beta = 0,65 * 4,0^{0,65} N / mm^2 * 8,0^{0,25} N / mm^2 = 2,692 N / mm^2$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_{Mm}} = \frac{2,692 N / mm^2}{1,8} = 1,495 N / mm^2$$

Seinän tehollinen korkeus ja leveys

Seinä mitoitetaan päistään nivelöitynä sauvana, jolloin seinän tehollinen korkeus on seinän korkeus.

$$h_{ef} = h = 2800 mm$$

$$t_{ef} = t = 130 mm$$

Seinän hoikkuus

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} = \frac{2800 mm}{130 mm} = 21,538$$

Kuorman alkupäkeskisyys

$$e_{mit} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{2800 mm}{450} = 6,222 mm$$

Seinän yläpään mitoituskestävyys

Seinän yläpään mitoitus epäkeskisyys

$$e_{13} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{M_{d13}}{N_{d13}} + e_{mit} = \frac{0,348 * 10^6 N mm}{37,43 * 10^3 N} + 6,222 mm = 15,509 mm \\ 0,05t = 0,05 * 130 mm = 6,5 mm \end{array} \right\} = 15,509 mm$$

Hoikkuuden ja epäkeskisyyden pienennyskerroin

$$\Phi_{13} = 1 - 2 \frac{e_{13}}{t} = 1 - 2 * \frac{15,509 mm}{130 mm} = 0,761$$

Seinän yläpään normaalivoimakestävyyden mitoitusarvo

$$N_{Rd13} = \Phi_{13} f_d * 1000 mm = 0,761 * 130 * 1,495 N / mm^2 * 1000 mm = 148,016 kN < N_{d13} \quad \text{OK}$$

Seinän mitoituskestävyys seinän korkeuden puolessa välissä

Kuormien aiheuttama epäkeskisyys

$$e_{m3} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{M_{dm3}}{N_{dm3}} + e_{mit} = \frac{0,615 * 10^6 N mm}{39,155 * 10^3 N} + 6,222 mm = 21,924 mm \\ 0,05t = 0,05 * 130 mm = 6,5 mm \end{array} \right\} = 21,924 mm$$

Seinän kimmokerroin

$$K_E = 700$$

$$E = K_E f_k = 700 * 2,692 N / mm^2 = 1884,182 N / mm^2$$

Apusuureet pienennyskerroimen laskentaan

$$\lambda_{m3} = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{\frac{f_k}{E}} = \frac{2800mm}{130mm} * \sqrt{\frac{2,692 N / mm^2}{1884,182 N / mm^2}} = 0,814$$

$$u = \frac{\lambda_{m3} - 0,063}{0,73 - 1,17 \frac{e_{m3}}{t_{ef}}} = \frac{0,814 - 0,063}{0,73 - 1,17 * \frac{21,924mm}{130mm}} = 1,410$$

$$A_1 = 1 - 2 \frac{e_{m3}}{t_{ef}} = 1 - 2 * \frac{21,924mm}{130mm} = 0,663$$

Hoikkuuden ja epäkeskisyyden pienennyskerroin

$$\Phi_{m3} = A_1 e^{-\frac{u^2}{2}} = 0,663 * e^{-\frac{1,410^2}{2}} = 0,245$$

Seinän normaalivoimakestävyyden mitoitusarvo seinän korkeuden puolella välissä

$$N_{Rd m3} = \Phi_{m3} t f_d * 1000mm = 0,245 * 130mm * 1,495 N / mm^2 * 1000mm = 47,678kN < N_{dm3} \quad \text{OK}$$

Seinän alapään mitoituskestävyys

Seinän alapään mitoitus epäkeskisyyden

$$e_{23} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{M_{d23}}{N_{d23}} + e_{init} = \frac{0 Nmm}{40,88 * 10^3 N} + 6,222mm = 6,222mm \\ 0,05t = 0,05 * 130mm = 6,5mm \end{array} \right\} = 6,5mm$$

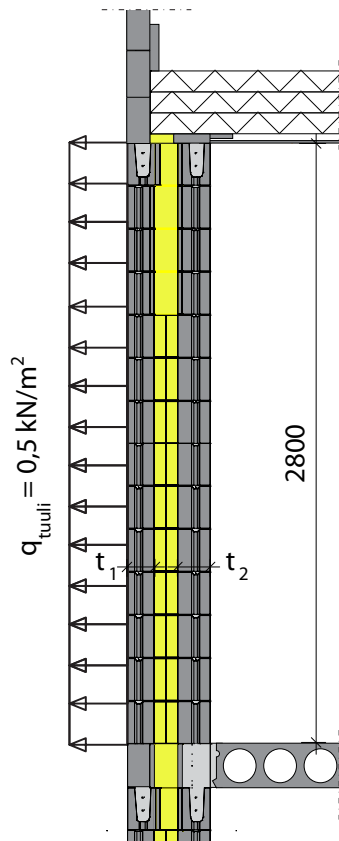
Hoikkuuden ja epäkeskisyyden pienennyskerroin

$$\Phi_{23} = 1 - 2 \frac{e_{23}}{t} = 1 - 2 * \frac{6,5mm}{130mm} = 0,9$$

Seinän alapään normaalivoimakestävyyden mitoitusarvo

$$N_{Rd 23} = \Phi_{23} t f_d * 1000mm = 0,9 * 130 * 1,495 N / mm^2 * 1000mm = 174,960kN < N_{d23} \quad \text{OK}$$

1.9.3 Yläkerran päätyseinän mitoitus tuulenpaineelle



Eristeharkko 380 mm, aukkoryhmä 1, kategoria 1

Harkkolaasti M100/500, lujuusluokka M10

Tartuntalujuus eristeen ja harkon välillä on yli 10kN/m² eikä muuraussiteiden vähimmäismäärää tarvitse noudattaa kun seinää mitoitetaan tuulikuormalle.

Tarkastellaan metrin levyistä seinän kaistaa.

Alaindeksi 1 tarkoittaa ulkokuorta ja alaindeksi 2 tarkoittaa sisäkuorta.

Seinän tuulikuorma

$$q_{tuuli} = 0,5 \text{ kN} / \text{m}$$

Tuulikuorman mitoitusarvo

$$W_{Ed} = 1,5 K_{Fl} q_{tuuli} = 1,5 * 1,0 * 0,5 \text{ kN} / \text{m} = 0,75 \text{ kN} / \text{m}$$

Tarkasteltavan seinän pituus ja korkeus

$$l = 5600 \text{ mm}$$

$$h = 2800 \text{ mm}$$

Harkon ulko- ja sisäkuoren paksuudet

$$t_1 = 90 \text{ mm}$$

$$t_2 = 130 \text{ mm}$$

Harkot muurataan täydellä laastisaumalla.

Muuratun rakenteen osavarmuusluku.

$$\gamma_{Mm} = 1,8$$

Muurin puristuslujuuden ominaisarvo

$$f_b = 4,0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Muurin taivutusvetolujuuksien ominais- ja mitoitusarvot

$$f_{xk1} = 0,26 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Pystysaumoissa ei ole laastia joten taivutusvetolujuuden arvo vaakasaumaa vastaan kohtisuorassa murtotasossa kerrotaan luvulla 0,7.

$$f_{xk2} = 0,7 * 0,1 f_b = 0,7 * 0,1 * 4,0 \text{ N} / \text{mm}^2 = 0,28 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{xd1} = \frac{f_{xk1}}{\gamma_{Mm}} = \frac{0,26 \text{ N} / \text{mm}^2}{1,8} = 0,144 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{xd2} = \frac{f_{xk2}}{\gamma_{Mm}} = \frac{0,28 \text{ N} / \text{mm}^2}{1,8} = 0,155 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Taivutuslujuuksien mitoitusarvojen ortogonaalisuhde

$$\mu = \frac{f_{xd1}}{f_{xd2}} = \frac{0,144 \text{ N} / \text{mm}^2}{0,155 \text{ N} / \text{mm}^2} = 0,929$$

Taivutusmomenttien kertoimien määrittäminen

$$\frac{h}{l} = \frac{2800 \text{ mm}}{5600 \text{ mm}} = 0,5$$

Standardin EN 1996-1-1 liite E, taulukko E. Seinä on tuettu nivelellisesti kaikilta sivuilta

$$\alpha_2 = 0,019$$

$$\alpha_1 = \mu \alpha_2 = 0,929 * 0,019 = 0,018$$

Taivutusmomenttien mitoitusarvot

$$M_{Ed1} = \alpha_1 W_{Ed} l^2 = 0,018 * 0,75 \text{ kN} / \text{m} * (5,6 \text{ m})^2 = 0,415 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed2} = \alpha_2 W_{Ed} l^2 = 0,019 * 0,75 \text{ kN} / \text{m} * (5,6 \text{ m})^2 = 0,447 \text{ kNm}$$

Poikkileikkausten kimmoiset taivutusvastukset ulko- ja sisäkuorelle

$$Z_1 = \frac{t_1^2}{6} = \frac{(90 \text{ mm})^2}{6} = 1350 \text{ mm}^2$$

$$Z_2 = \frac{t_2^2}{6} = \frac{(130 \text{ mm})^2}{6} = 2816,667 \text{ mm}^2$$

Ulkokuoren momenttikestävyyden mitoitusarvo, kun murtotaso on vaakasaumojen suuntainen

$$M_{Rd11} = f_{xd1} Z_1 * 1000 \text{ mm} = 0,144 \text{ N} / \text{mm}^2 * 1350 \text{ mm}^2 * 1000 \text{ mm} = 0,195 \text{ kNm}$$

Ulkokuoren momenttikestävyden mitoitusarvo, kun murtotaso on kohtisuorassa vaakasaumoja vastaan

$$M_{Rd21} = f_{xd2} Z_1 * 1000mm = 0,155N / mm^2 * 1350mm^2 * 1000mm = 0,210kNm$$

Sisäkuoren momenttikestävyden mitoitusarvo, kun murtotaso on vaakasaumojen suuntainen

$$M_{Rd12} = f_{xd1} Z_2 * 1000mm = 0,144N / mm^2 * 2816,667mm^2 * 1000mm = 0,407kNm$$

Sisäkuoren momenttikestävyden mitoitusarvo, kun murtotaso on kohtisuorassa vaakasaumoja vastaan

$$M_{Rd22} = f_{xd2} Z_2 * 1000mm = 0,155N / mm^2 * 2816,667mm^2 * 1000mm = 0,438kNm$$

Kuormat jaetaan ulko- ja sisäkuorelle niiden lujuuksien suhteessa.

Kuormaa ulkokuorelle

$$M_{Ed11} = \frac{M_{Rd11}}{M_{Rd11} + M_{Rd12}} M_{Ed1} = \frac{0,195kNm}{(0,195 + 0,407)kNm} * 0,415kNm = 0,134kNm < M_{Rd11} \quad \text{OK}$$

$$M_{Ed21} = \frac{M_{Rd21}}{M_{Rd21} + M_{Rd22}} M_{Ed2} = \frac{0,210kNm}{(0,210 + 0,438)kNm} * 0,447kNm = 0,145kNm < M_{Rd21} \quad \text{OK}$$

Kuormaa sisäkuorelle

$$M_{Ed12} = M_{Ed1} - M_{Ed11} = 0,415kNm - 0,134kNm = 0,281kNm < M_{Rd12} \quad \text{OK}$$

$$M_{Ed22} = M_{Ed2} - M_{Ed21} = 0,447kNm - 0,145kNm = 0,302kNm < M_{Rd22} \quad \text{OK}$$

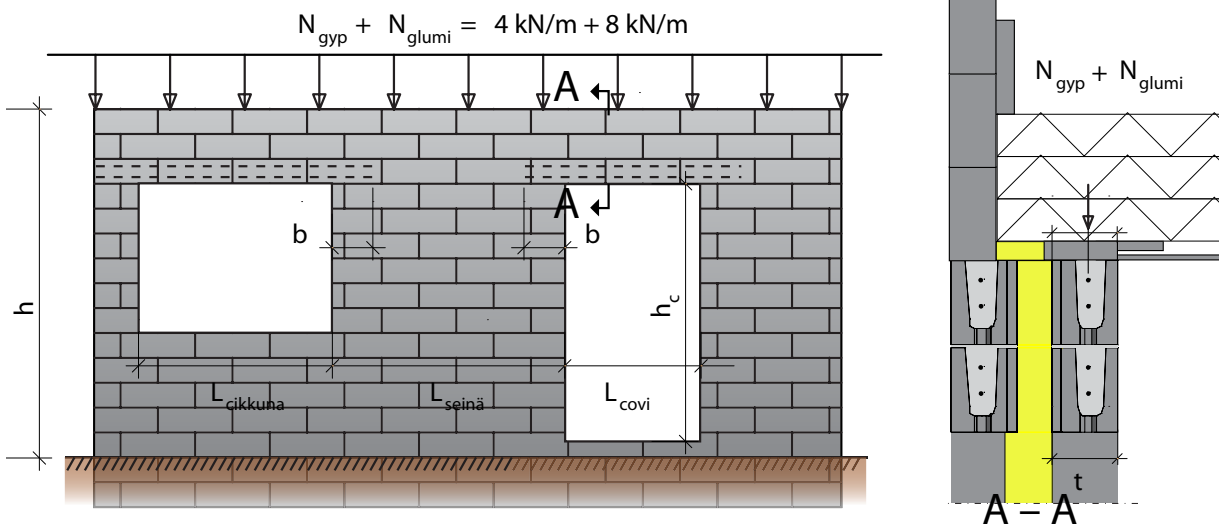
Käyttörajatilatarkastelu sisäkuorelle

$$\frac{h}{t_2} = \frac{2800mm}{130mm} = 21,538$$

$$\frac{l}{t_2} = \frac{5600mm}{130mm} = 43,077$$

Piste osuu standardin EN 1996-1-1 liitteen F kuvan F.3 rajakäyrän alapuolelle. Seinän mitat ovat kunnossa eikä käyttörajatilatarkastelua tarvitse tehdä.

1.9.4 Yläkerran seinän mitoitus aukkojen kohdalla



Eristeharkko 380 mm, aukkoryhmä 1, kategoria 1

Harkkolaasti M100/500, lujuusluokka M10

Kuormat

Kattorakenteet $n_{gyp} = 4,0 \text{ kN/m}$

Palkin omapaino $n_{gpalkki} = 4,0 \text{ kN/m}$

Seinän omapaino $n_{gomapaino} = 3,0 \text{ kN/m}$

Katon lumikuorma $n_{qlumi} = 8,0 \text{ kN/m}$

Kuormien mitoitusarvot ja kuormitusyhdistelmät

Kestävyys tarkistetaan tässä esimerkissä vain suurimmalle pystykuormalle. Seinän kestävyys tulee yleensä tarkastaa myös kuormitustapauksille, joissa on mukana seinään kohdistuva tuulikuorma.

Tapaus 1

Palkin ja kattorakenteiden omat painot

$$n_{d1} = 1,35 K_{FI} (n_{gpalkki} + n_{gyp}) = 1,35 * 1,0 * (4,0 + 4,0) \text{ kN/m} = 10,8 \text{ kN/m}$$

Tapaus 2

Palkin ja kattorakenteiden omat painot ja lumikuorma

$$\begin{aligned} n_{d2} &= 1,15 K_{FI} (n_{gpalkki} + n_{gyp}) + 1,5 K_{FI} n_{qlumi} \\ &= 1,15 * 1,0 * (4,0 + 4,0) \text{ kN/m} + 1,5 * 1,0 * 8,0 \text{ kN/m} = 21,2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Tapaus 2 on määrävä kuormitusyhdistelmä.

Kuormitus on keskinen joten epäkeskisyyttä $< t/4$.

Seinän ja aukkojen mittatiedot

$$h = 2800\text{mm}$$

$$h_c = 2100\text{mm}$$

$$l_{\text{covi}} = 1200\text{mm}$$

$$l_{\text{ikkuna}} = 1600\text{mm}$$

$$b = 300\text{mm}$$

$$L_{\text{seinä}} = 2000\text{mm}$$

Harkon mittatiedot

$$t = 130\text{mm}$$

Muuratun rakenteen osavarmuusluku

$$\gamma_{Mm} = 1,8$$

Muurin puristuslujuuden ominais- ja mitoitusarvo

$$f_b = 4,0\text{N} / \text{mm}^2$$

$$f_m = 10\text{N} / \text{mm}^2$$

$$f_{\text{mred}} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_m = 10\text{N} / \text{mm}^2 \\ 2f_b = 2 * 4,0\text{N} / \text{mm}^2 = 8,0\text{N} / \text{mm}^2 \\ 20\text{N} / \text{mm}^2 \end{array} \right\} = 8,0\text{N} / \text{mm}^2$$

$$K = 0,65$$

$$\alpha = 0,65$$

$$\beta = 0,25$$

$$f_k = K f_b^\alpha f_{\text{mred}}^\beta = 0,65 * 4,0^{0,65} \text{N} / \text{mm}^2 * 8,0^{0,25} \text{N} / \text{mm}^2 = 2,692\text{N} / \text{mm}^2$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_{Mm}} = \frac{2,692\text{N} / \text{mm}^2}{1,8} = 1,495\text{N} / \text{mm}^2$$

Paikallisen kuorman mitoitusarvo oviaukon pielessä

$$N_{\text{Edc,ovi}} = n_{d2} \left(\frac{l_{\text{covi}}}{2} + b \right) = 21,2\text{kN} / \text{m} * \left(\frac{1,2\text{m}}{2} + 0,3\text{m} \right) = 19,08\text{kN}$$

Paikallisen kuorman mitoitusarvo ikkuna-aukon pielessä

$$N_{\text{Edc,ikkuna}} = n_{d2} \left(\frac{l_{\text{ikkuna}}}{2} + b \right) = 21,2\text{kN} / \text{m} * \left(\frac{1,6\text{m}}{2} + 0,3\text{m} \right) = 23,32\text{kN}$$

$a_1 = 0\text{mm}$, kuormat aukkojen pielissä

$$A_b = bt = 300\text{mm} * 130\text{mm} = 39000\text{mm}^2$$

$$l_{efm} = b + \tan 30^\circ \frac{h_c}{2} = 300\text{mm} + \tan 30^\circ * \frac{2100\text{mm}}{2} = 906,218\text{mm}$$

$$A_{ef} = l_{efm}t = 906,218\text{mm} * 130\text{mm} = 117808,312\text{mm}^2$$

$$\frac{A_b}{A_{ef}} = \frac{39000\text{mm}^2}{117808,312\text{mm}^2} = 0,331 < 0,45$$

OK

$$\beta = \left(1 + 0,3 \frac{a_1}{h_{cf}} \right) \left(1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}} \right) = \left(1 + 0,3 * \frac{0\text{mm}}{2100\text{mm}} \right) * \left(1,5 - 1,1 * \frac{39000\text{mm}^2}{117808,312\text{mm}^2} \right) = 1,136$$
$$1,0 \leq \beta \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 + \frac{a_1}{2h_c} = 1,25 + \frac{0\text{mm}}{2 * 2100\text{mm}} = 1,25 \\ 1,5 \end{array} \right\} = 1,25$$

OK

Paikallisen kuorman mitoituskkestävyys

$$N_{Rdc} = \beta A_b f_d = 1,136 * 39000\text{mm}^2 * 1,495\text{N/mm}^2 = 86,177\text{kN} > \begin{cases} N_{Edc,ovi} \\ N_{Edc,ikkuna} \end{cases}$$

OK

Puristusjännityksen mitoitusarvo kuormitetun kohdan alla ikkunan pielessä

$$\sigma = \frac{N_{Edc,ikkuna}}{A_b} = \frac{23320\text{N}}{39000\text{mm}^2} = 0,598\text{N/mm}^2 < 1,5 f_d = 1,5 * 1,495\text{N/mm}^2 = 2,243\text{N/mm}^2$$

OK

Seinän puristuskestävyys seinän korkeuden puolessa välissä

Seinän tehollinen korkeus ja leveys

Seinä mitoitetaan päistään nivelöitynä sauvana, jolloin seinän tehollinen korkeus on seinän korkeus

$$h_{ef} = h = 2800\text{mm}$$

$$t_{ef} = t = 130\text{mm}$$

Seinän hoikkuus

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} = \frac{2800\text{mm}}{130\text{mm}} = 21,538$$

Kuorman alkuepäkeskisyyys

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{2800\text{mm}}{450} = 6,222\text{mm}$$

Pystykuorma on keskinen, jolloin momenttia ei ole.

$$M_{dm} = 0\text{kNm}$$

Normaalivoiman mitoitusarvo seinän korkeuden puolella välissä

Pistekuormat ehtivät jakautua koko leveydelle.

$$\begin{aligned} N_{dm} &= N_{Edc,ovi} + N_{Edc,ikkuna} + n_{d2}(L_{seinä} - 2b) + 1,15K_{FI} \frac{n_{gomapaino}}{2} L_{seinä} \\ &= 19,08kN + 23,32kN + 21,2kN/m * (2,0 - 2 * 0,3)m + 1,15 * 1,0 * \frac{3kN/m}{2} * 2,0m = 75,53kN \end{aligned}$$

Kuormien aiheuttama epäkeskisyys

$$e_m = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{M_{dm}}{N_{dm}} + e_{mit} = \frac{0Nmm}{75,53 * 10^3 N} + 6,222mm = 6,222mm \\ 0,05t = 0,05 * 130mm = 6,5mm \end{array} \right\} = 6,5mm$$

Seinän kimmokerroin

$$K_E = 700$$

$$E = K_E f_k = 700 * 2,692N/mm^2 = 1884,182N/mm^2$$

Apu suureet pienennyskerroimen laskentaan

$$\lambda_m = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{\frac{f_k}{E}} = \frac{2800mm}{130mm} * \sqrt{\frac{2,692N/mm^2}{1884,182N/mm^2}} = 0,814$$

$$u = \frac{\lambda_m - 0,063}{0,73 - 1,17 \frac{e_m}{t_{ef}}} = \frac{0,814 - 0,063}{0,73 - 1,17 * \frac{6,5mm}{130mm}} = 1,119$$

$$A_1 = 1 - 2 \frac{e_m}{t_{ef}} = 1 - 2 * \frac{6,5mm}{130mm} = 0,9$$

Hoikkuuden ja epäkeskisyyden pienennyskerroin

$$\Phi_m = A_1 e^{\frac{-u^2}{2}} = 0,9 * e^{\frac{-1,119^2}{2}} = 0,481$$

Seinän normaalivoimakkestävyyden mitoitusarvo seinän korkeuden puolella välissä

$$N_{Rdm} = \Phi_m f_d L_{seinä} = 0,481 * 130mm * 1,495N/mm^2 * 2000mm = 187,199kN < N_{dm}$$

OK