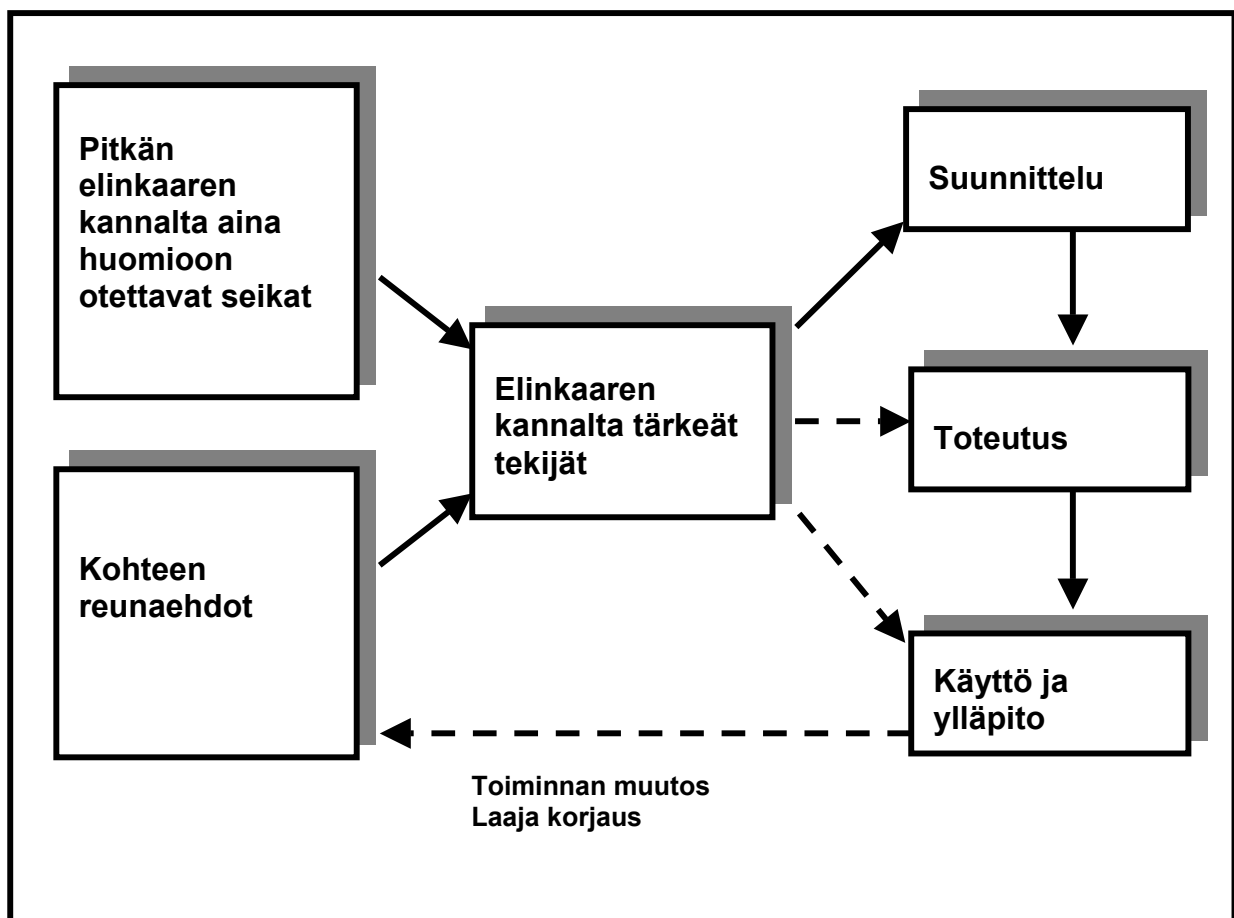


Toim. Päivi Myllylä ja Timo Lod

# PITKÄIKÄINEN PUURAKENTEINEN HALLI

## Toimiva kosteustekniikka ja edullinen elinkaari



**Toim. Päivi Myllylä ja Timo Lod**

**PITKÄIKÄINEN PUURAKENTEINEN HALLI**  
**Toimiva kosteustekniikka ja edullinen elinkaari**

## Alkusanat

Tämä tutkimusraportti Pitkäikäinen puurakenteinen halli on tutkimushankkeen ”Puurakenteisen hallirakennuksen pitkän elinkaaren varmistaminen” loppuraportti. Tutkimushanke alkoi 1.1.2001 ja päättyi 31.12.2002. Tutkimus kuului TEKES:n Tukista tuplasti –teknologiaohjelmaan.

Tutkimus on tehty Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) Talonrakennustekniikan laboratoriossa professori Ralf Lindbergin johdolla. Vastuullisina tutkijoina toimivat Päivi Myllylä ja Timo Lod. He vastasivat myös tutkimusraportin toimittamisesta.

Tutkimukseen osallistuivat lisäksi TTY:n Talonrakennustekniikan laboratoriosta professori Matti Pentti sekä tutkijat Jukka Lahdensivu, Virpi Leivo, Jussi Mattila, Jommi Suonketo, Jyrki Wahlman sekä Juha Vinha. Luvun 3 kuvat on piirtänyt puhtaaksi Sari Merontausta. SPU-Systems Oy:n henkilöstöstä osallistuivat suunnitteluratkaisujen kehitystyöhön projektisuunnittelija Juho Lepistö sekä projektipäälliköt Mikko Mäkinen, Raimo Naskali ja Seppo Pitkänen. Dokumentoinnin ohjeistuksen kehitystyöhön osallistui heidän lisäksi projektipäälliköt Matti Salmela ja Mikko Virta, tuotantopäällikkö Aimo Ihanamäki ja työnjohtaja Heikki Nikkola.

Tutkimuksen johtoryhmään kuuluivat:

Tapani Tuominen	SPU-Systems Oy, pj.
Juha-Eerik Metsälä	Rakennustoimisto Pohjola Oy
Lasse Pöyhönen	Tekes
Ralf Lindberg	TTY, Talonrakennustekniikka

Tekesin lisäksi tutkimuksen rahoittajina ovat olleet SPU-Systems Oy ja Rakennustoimisto Pohjola Oy. Kiitämme johtoryhmän jäseniä ja tutkimuksen rahoittajia yhteistyöstä tutkimuksen aikana.

Tampereella elokuussa 2003

Ralf Lindberg

Päivi Myllylä

Timo Lod

## TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikanosasto, Talonrakennustekniikan laboratorio

Toim. Päivi Myllylä, Timo Lod

Puuhallin pitkän elinkaaren varmistaminen

Tutkimusraportti 124, 143 sivua + 6 liitesivua

Rahoittajat: Tekes, SPU-Systems Oy, Rakennustoimisto Pohjola Oy

Elokuu 2003

Hakusanat: pitkäikäisyyttä, kosteustekniikka, rakenteiden tiiviys, maanvastaiset rakenteet, ulkoseinät, yläpohja- ja vesikattorakenteet, märkätilat, ilmanvaihto, dokumentointiohje, käyttö- ja huolto-ohje

## Tiivistelmä

Tutkimuksessa tarkasteltiin rakennuksen pitkäikäisyyttä lähinnä teknisestä näkökulmasta. Rakennuksen ja rakennusosien pitkäikäisyyteen vaikuttaa merkittävästi niiden kosteustekninen toimivuus. Kosteus on rasisustekijä, joka on mukana useimmissa vauriotapauksissa. Toisaalta kosteuden vaikutuksia voidaan tehokkaasti rajoittaa toimivilla rakenneratkaisuilla ja rakennuksen asianmukaisella käytöllä.

Rakennuksen kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeimmät kohdat ovat maata vasten olevat rakenteet, julkisivu, yläpohja- ja vesikattorakenteet, märkätilat ja ilmanvaihto. Näiden rakenteiden ja ilmanvaihtojärjestelmän huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella voidaan välttää kosteuden aiheuttamia vaurioita ja edistää rakennuksen pitkäikäisyyttä. Oikeisiin kohtiin huomiota kiinnittämällä on mahdollista rakentaa kosteusteknisesti oikein toimiva ja pitkäikäinen rakennus, ilman että investointikustannukset nousevat merkittävästi.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeiden kohtien toiminnallisten vaatimusten lisäksi esittämään myös perustelut. Tutkimuksessa on esitetty 33 tärkeän rakenneyksityiskohdan toiminnallinen tavoite, keinoja tavoitteen saavuttamiseksi sekä perustelut, miksi kyseisen kohdan suunnitteluun ja toteutukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Esitettyjen perustelujen jälkeen suunnittelija kykenee kokemuksensa pohjalta suunnittelemaan rakenteet kosteusteknisen toiminnan kannalta turvallisiksi.

Rakennuksessa tapahtuvan toiminnan asettamia erityisvaatimuksia olosuhteille ja rakenteille on käsitelty esimerkinomaisesti kirjapainorakennuksessa, uimahallissa, museossa sekä kylmissä tiloissa, kuten jäähallit ja kylmävarasto. Toimintamallia, jossa huomioidaan toiminnan asettamat reunaehdot rakenteille ja kosteusteknisen toiminnan kannalta turvalliset rakenneratkaisut, testattiin case-kohteessa.

Dokumentointiohjeen kehitystyö on esitetty vaiheittain etenevästi, esiin on nostettu muutamia keskeisiä periaatteita, jotka tulee sisällyttää yrityskohtaiseen dokumentointiohjeeseen. Tutkimuksessa esitettyjen periaatteiden mukaisesti voidaan laatia yrityskohtaiset ohjeistukset. Liittyvien rakennusosien kohdalla olisi toivottavaa tehdä yhteistyötä, jotta lopullisen tuotteen laatu olisi paras mahdollinen.

Käyttöä, hoitoa ja kunnossapitoa koskevat ohjeet on tarkoitettu käsikirjan luonteiseksi. Niiden pohjalta laaditaan hankekohtaiset ohjeet.

# Sisällysluettelo

<b>OHJEITA LUKIJALLE .....</b>	<b>6</b>
<b>KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT .....</b>	<b>7</b>
<b>1. JOHDANTO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Tausta.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Tavoite.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Rajaus .....</b>	<b>13</b>
<b>1.4 Suoritus .....</b>	<b>14</b>
<b>2. RAKENNUKSEN PITKÄIKÄISYYS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Rakennuksen pitkän elinkaaren varmistaminen .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Energiatalous.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Yleistä .....	17
2.2.2 Tiiviyden vaikutus lämmitysenergian kulutukseen .....	18
2.2.3 Elinkaarikustannusten jakautuminen .....	20
2.2.4 Ympäristövaikutukset .....	21
<b>2.3 Yllättävän korjaustarpeen välttäminen.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4 Käyttäjän vaikutus rakennuksen pitkäikäisyyteen .....</b>	<b>24</b>
<b>2.5 Rakennuksen pitkäikäisyys rakennuksessa tapahtuvan toiminnan         kannalta .....</b>	<b>25</b>
2.5.1 Yleistä .....	25
2.5.2 Yksittäisen hankkeen elinkaaritalous.....	26
2.5.3 Käyttötarkoituksen ja omistusmuodon merkitys elinkaaritaloudessa.....	27
<b>3. PUURAKENTEISEN HALLIN SUUNNITTELU .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Yleistä puurakenteisesta hallirakennuksesta .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 Maata vasten olevat rakenteet .....</b>	<b>32</b>
3.2.1 Yleistä .....	32
3.2.2 Uuden ja vanhan rakenteen eroja.....	33
3.2.3 Maanvarainen alapohja .....	35
3.2.4 Perustukset.....	41
3.2.5 Perustusten vierukset .....	43
3.2.6 Liitosdetaljit .....	51
<b>3.3 Ulkoseinä.....</b>	<b>59</b>
3.3.1 Seinän rakenne .....	59
3.3.2 Julkisivun liitokset .....	71
<b>3.4 Yläpohja- ja vesikattorakenteet .....</b>	<b>77</b>
3.4.1 Yläpohjarakenne .....	77
3.4.2 Räystäsrakenne .....	87
3.4.3 Läpiviennit .....	89
3.4.4 Vedenpoisto .....	95
3.4.5 Vesikate .....	99

<b>3.5</b>	<b>Ilmanvaihto</b> .....	<b>100</b>
3.5.1	Ilmanvaihtojärjestelmät .....	100
3.5.2	Tarpeen mukainen ilmanvaihto .....	101
3.5.3	Hallittu järjestelmä parempi kuin hallitsematon .....	102
3.5.4	Selkeät käyttöohjeet .....	102
<b>3.6</b>	<b>Erikoistilat</b> .....	<b>103</b>
3.6.1	Märkätilat .....	103
3.6.2	Kirjapainorakennuksen painotilat .....	104
3.6.3	Uimahallit.....	105
3.6.4	Kylmät tilat.....	107
3.6.5	Museot.....	108
<b>3.7</b>	<b>Case-kohde</b> .....	<b>109</b>
3.7.1	Hiihtohallin rakenteiden suunnittelu .....	109
3.7.2	Suunnittelumenetelmän kehittymismahdollisuuksia .....	111
3.7.3	Hiihtohallin toiminnan seuranta .....	111
<b>4.</b>	<b>ELEMENTTITUOTANNON JA ASENNUKSEN DOKUMENTOINTIOHJEISTUS</b> .....	<b>113</b>
<b>4.1</b>	<b>Yleistä</b> .....	<b>113</b>
<b>4.2</b>	<b>Dokumentoinnin merkitys</b> .....	<b>115</b>
4.2.1	Elementtivalmistajan ja rakentajan tarpeiden kannalta .....	115
4.2.2	Käyttövaihetta varten .....	115
<b>4.3</b>	<b>Toimivan dokumentoinnin edellytyksiä</b> .....	<b>115</b>
4.3.1	Tarpeeksi selkeä ja lyhyt ohje .....	115
4.3.2	Selkeät dokumentointiohjeet.....	116
<b>4.4</b>	<b>Dokumentointiohjeen kehitystyö</b> .....	<b>116</b>
4.4.1	Yleistä.....	116
4.4.2	Nykyisen käytännön kartoitus.....	117
4.4.3	Vaihtoehtoiset dokumentointitavat .....	117
4.4.4	Dokumentoitavat asiat.....	118
4.4.5	Dokumentoinnin suorittaja .....	120
4.4.6	Dokumentoinnin arkistointi.....	120
4.4.7	Luovutusaineisto .....	121
<b>5.</b>	<b>RAKENNUKSEN KÄYTTÖ, HOITO JA KUNNOSSAPITO</b> .....	<b>124</b>
<b>5.1</b>	<b>Yleistä</b> .....	<b>124</b>
<b>5.2</b>	<b>Oikean käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteet</b> .....	<b>125</b>
5.2.1	Yleistä.....	125
5.2.2	Oikea käyttö .....	126
5.2.3	Oikea hoito .....	127
5.2.4	Oikea kunnossapito .....	127
<b>5.3</b>	<b>Rakennussuunnitelmien arkistointi</b> .....	<b>134</b>
5.3.1	Yleistä.....	134
5.3.2	Ajan tasalla pidettävät asiakirjat .....	135
5.3.3	Uudisrakentamishankkeen asiakirjat.....	136
5.3.4	Korjaus- ja muutoshankkeiden asiakirjat .....	136

<b>6.</b>	<b>YHTEENVETO .....</b>	<b>137</b>
<b>6.1</b>	<b>Johtopäätökset .....</b>	<b>137</b>
<b>6.2</b>	<b>Jatkotutkimus- ja kehitystarpeet .....</b>	<b>139</b>
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>141</b>
	<b>AIHEESEEN LIITTYVÄÄ KIRJALLISUUTTA.....</b>	<b>142</b>
	<b>LIITTEET .....</b>	<b>143</b>

## Ohjeita lukijalle

Tässä julkaisussa käsitellään rakennuksen pitkäikäisyyteen vaikuttavia tekijöitä. Rakennushankkeen osapuolet pystyvät tässä julkaisussa esitettyjen periaatteiden mukaisesti toimiessaan toteuttamaan kosteusteknisesti oikein toimivan ja kestäväen puurakenteisen hallin.

Tavoiteltaessa rakennuksen pitkää käyttöikää on tärkeä tunnistaa suunnittelu-, toteutus- ja käyttövaiheen oleelliset asiat. Kun suunnittelu ja toteutus hoidetaan hyvin ja kiinnitetään huomiota oikeisiin asioihin, rakennus saa paremmat lähtökohdat pitkän elinkaaren tavoitteluun. Esitetyt toimintatavat eivät merkittävästi nosta investointikustannuksia.

Julkaisussa käsitellään aluksi eri näkökulmista rakennuksen pitkäikäisyyttä. Seuraavaksi käsitellään rakennuksen toimivuuden ja kestävyuden kannalta kriittisiä kohtia, joita ovat:

- maata vasten olevat rakenteet,
- vesikatto,
- julkisivu,
- märkätilat ja
- ilmanvaihto.

Rakeneratkaisujen kohdalla on esitetty perustelut, miksi kyseinen asia on tärkeä rakenteiden oikean kosteusteknisen toiminnan kannalta. Esitetyt ratkaisut eivät ole ainoita oikeita, samaan tulokseen on mahdollista päästä muillakin ratkaisuilla.

Julkaisussa käsitellään yleisellä tasolla rakennusvaiheen seurannan ja sen dokumentoinnin suunnittelua sekä rakennuksen käyttöohjeen laadintaa. Esitettyjen tietojen pohjalta voidaan yrityskohtaisesti suunnitella hankekohtaiset ohjeet.

Julkaisun rakenne on seuraava:

- Luku 1 Tutkimuksen tausta, tavoitteet, rajaukset ja tutkimuksen suoritus.
- Luku 2 Rakennuksen pitkää elinkaarta käsitellään eri näkökulmista.
- Luku 3 Rakennuksen kosteusteknisen toiminnan kannalta kriittiset rakennusosat sekä esimerkkeinä muutamia sisäilmastoltaan poikkeuksellisen vaativia hallirakennuksia ja tutkimuksen case-kohde.
- Luku 4 Rakennuksen toteutuksen seurannan dokumentoinnin merkitys ja dokumentoinnin ohjeistuksen laadinta.
- Luku 5 Rakennuskohtaisen käyttö-, hoito- ja kunnossapito-ohjeen laadinnan perusteita.



## Käsitteet ja määritelmät

/5/, /11/, /12/, /13/

<b>Alipaine</b>	Kun tietyn ilmatilan absoluuttinen paine on pienempi kuin ympäröivä ilmanpaine, tilassa vallitsee alipaine.
<b>Diffuusio</b>	Diffuusio on kaasumolekyylien liikettä, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksessa olevia yksittäisen kaasun pitoisuuksia (tai osapaine-eroja). Diffuusiossa kaasu siirtyy korkeammasta pitoisuudesta alempaan pitoisuuteen.
<b>Dokumentointi</b>	Tässä tutkimuksessa dokumentoinnilla tarkoitetaan rakennushankkeen suunnitelmia ja toteutuksen seurannan asiakirjoja, sekä näiden tallentamista. Standardissa ISO 9001 käytetään sanaa Tallenteet.
<b>Hoito</b>	Hoito tarkoittaa kiinteistön ylläpitoon kuuluvaa säännöllistä toimintaa, jolla pysytetään kiinteistössä halutut olosuhteet. Esimerkkinä lämpö- ja sähköhuollon katkeamattomuus, jotta olosuhteet sisätiloissa pysyvät vaatimusten mukaisina. Ks. Kiinteistöhoito
<b>Höyrynsulku</b>	Höyrynsulku on ainekerros, jonka pääasiallinen tehtävä on estää vesihöyryn haitallinen diffuusio rakenteeseen tai rakenteessa. Höyrynsulun vesihöyrynvastus on suuri.
<b>Ilmanläpäisevyys</b>	Ilmanläpäisevyys ilmoittaa ilman tilavuuden, joka stationääritilassa laminaarisena virtauksena läpäisee aikayksikössä pintayksikön suuruisen ja pituusyksikön paksuisen homogeenisen ainekerroksen, kun ainekerroksen eri puolilla olevien tilojen paine-ero on yksikön suuruinen.
<b>Ilmansulku</b>	Ilmansulku on ainekerros, jonka pääasiallisena tehtävänä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi. Ilmansulun ilmanläpäisevyys on pieni.
<b>Ilmanvaihto</b>	Ilmanvaihdolla tarkoitetaan yleisesti tilan ilmanlaadun ylläpitämistä ja parantamista tilan ilmaa vaihtamalla.
<b>Ilmastointi</b>	Ilmastoinnilla tarkoitetaan huoneilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden ja ilman liikkeen hallintaa tulo- ja kierrätysilmaa käsittelemällä.
<b>Järjestelmä</b>	Tietyllä tavalla toimiva rakennus- tai LVIST-osien yhtenäinen kokonaisuus, jonka osien väliset suhteet on määritetty. Esimerkiksi puuhallin runkojärjestelmä käsittää kantavat pysty- ja vaakarakenteet, kuten liimapuupilarit ja viilupuupalkit, sekä

jäykistävät rakenteet, kuten yläpohjan ja ulkoseinät tietyillä pilari- ja palkkiväleillä.

**Kiinteistönhoito** Kiinteistönhoito tarkoittaa kiinteistön ylläpitoon kuuluvaa säännöllistä toimintaa, jolla pysytetään kiinteistössä halutut olosuhteet.

**Kapillaarisuus** Veden imeytyminen aineeseen pintajännitysvoimien vaikutuksesta ohuita huokosia pitkin.

**Kapillaarikatko** Veden kapillaarisen imeytymisen katkaiseva rakenneosaa esim. sorakerros, tiivis materiaali tms.

#### **Koettavuusominaisuus**

Koko rakennuksen, tilaryhmän, huonetilan, teknisen järjestelmän, rakennusosan tai LVIST-osan kauneusarvoihin liittyvä ominaisuus, jota voidaan arvioida näköaistinvaraisesti. Sama kuin ”Arkkitehtoninen ominaisuus”.

**Kondensoituminen** Kondensoituminen tarkoittaa vesihöyryn tiivistymistä rakenteissa vedeksi tai jääksi, kun ilman vesihöyrypitoisuus on saavuttanut kyseisessä kohdassa kyllästyskosteuden (RH= 100 %). Kondensoitumista tapahtuu yleensä materiaalikerrosten rajapinnoissa.

#### **Koneellinen ilmanvaihto**

Koneellisessa ilmanvaihdossa ilman liike saadaan aikaan koneellisesti esim. puhaltimella.

#### **Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä**

Koneellisessa tulo- ja poistoilmajärjestelmässä ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla. Tilalle tuodaan lämmitettyä/ jäädytettyä ja suodatettua ulkoilmaa puhaltimen avulla.

#### **Koneellinen poistoilmajärjestelmä**

Koneellisessa poistoilmajärjestelmässä ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen, kuten huippuimurin avulla. Tilalle tulee ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmavuotoina.

#### **Konvektio**

Konvektio syntyy, kun kaasu tai neste virtaa ulkopuolisen voiman (pakotettu konvektio) tai lämpötilaerojen aiheuttamien tiheyserojen (luonnollinen konvektio) vaikutuksesta. Vesihöyry siirtyy konvektiolla virtaavan ilman mukana.

#### **Kunnossapito**

Kunnossapito tarkoittaa erillisiä kunnossapitohankkeita, jossa kohteen käytettävyyttä, koettavuus- ja tekniset ominaisuudet pysytetään uusimalla tai korjaamalla vialliset ja kuluneet osat

kohteen suhteellisen laatutason olennaisesti muuttumatta. Esimerkiksi vaurioitunut maalipinta ulkoseinässä korjataan, jotta rakennusosa ei vaurioidu ja säänkestävyys heikkene.

**Kunnossapitajakso** Arvioitu keskimääräinen aikaväli, jonka jälkeen suoritetaan tietty kunnossapitotoimenpide tarkasteltavaan kohteeseen. Kunnossapitajakso riippuu monesta eri muuttujasta, mm. käyttö- ja rasitusolosuhteista sekä suunnittelu- ja toteutusvirheistä.

**Kylmäsilta** Rakenteen lämmöneristyksen paikallinen heikennys esim. aukko lämmöneristeessä, seinämän läpi viety metalliosa tai seinän ohennukset.

**Käyttäjämistaja** Käyttäjämistaja sekä omistaa rakennuksen että käyttää sitä toimintaansa.

### **Käytettävyysominaisuus**

Koko rakennuksen, tilaryhmän, huonetilan, teknisen järjestelmän, rakennusosan tai LVIST-osan ominaisuus, joka liittyy sen sopivuuteen käyttötarkoitukseensa. Sama kuin ”Toiminnallinen ominaisuus”.

**Käyttö** Käyttö tarkoittaa käyttäjäorganisaation toimintaa tiloissa ja siihen liittyviä omatoimisia järjestelmiin kohdistuvia toimenpiteitä. Esimerkiksi palloiluhallissa järjestetään käyttötarkoituksen mukainen yleisötilaisuus, jolloin käyttäjäorganisaation edustaja säättää ilmanvaihdon asianmukaiselle tasolle.

**Lämmönjohtavuus** Lämmönjohtavuus ilmoittaa lämpömäärän, joka stationääritilassa läpäisee aikayksikössä pintayksikön suuruisen ja pintayksikön paksuisen homogeenisen ainekerroksen, kun ainekerroksen eri puolilla olevien ilmatilojen lämpötilaero on yksikön suuruinen.

### **Lämmönläpäisykerroin**

Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpömäärän, joka stationääritilassa läpäisee aikayksikössä pintayksikön suuruisen rakenneosan, kun rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen lämpötilaero on yksikön suuruinen.

**Läpäisevä rakenne** Läpäisevässä rakenteessa on ehjä ilmansulku, mutta ei höyrynsulkua.

**Ominaisuus** Ks. toimivuusominaisuus

### **Painovoimainen ilmanvaihto**

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilman liike perustuu ulko- ja sisäilman lämpötilaeroon ja tuulen vaikutukseen. Lämmin sisäilma kevyempänä virtaa poistoilmakanavista ylöspäin ja ulos

rakennuksesta. Tilalle tulee ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmapuotoina.

**Rakennuskosteus** Rakennuskosteus eli valmistuskosteus. Rakennusvaiheen aikana tai sitä ennen rakennusaineisiin tuleva tasapainokosteuden ylittävä kosteus, jonka tulee voida poistua rakenteesta.

**Sijoittajaomistaja** Sijoittajaomistaja ei käytä rakennusta (kiinteistöä) omaan toimintaansa, vaan se on ainoastaan sijoituskohde.

**Stationääritila** Stationääritilassa (=jatkuvuustila) olevaan systeemiin tuodaan ja sieltä poistuu vakiomäärä ainetta ja lämpöenergiaa samassa ajassa. Stationääritilassa lämpötilat ja eri aineiden pitoisuudet ovat saavuttaneet tasapainotilan eivätkä muutu ajan kuluessa.

**Tekninen ominaisuus** Koko rakennuksen, tilaryhmän, huonetilan, teknisen järjestelmän, rakennusosan tai LVIST-osan yleensä fysikaalisia tai kemiallisia suureita mitaten todettu ominaisuus.

**Tiivis rakenne** Tiiviissä rakenteessa on ehjä ilmansulku ja riittävän tiivis höyrynsulku.

**Toiminta** Rakentamistalouden käsitteenä toiminta tarkoittaa rakennusta käyttävän yrityksen liiketoimintaa tai julkisen organisaation vastaavaa toimintaa.

**Toimintaympäristö** Ympäristö, jossa yritys toimii ja jonne yritys yhtäältä markkinoi tuotteensa ja toisaalta saa panoksia toimintansa ylläpitämiseksi.

**Toimivuusominaisuus** Koko rakennuksen, tilaryhmän, huonetilan, teknisen järjestelmän, rakennusosan tai LVIST-osan ominaisuuksien yläkäsite, joka jakaantuu

- käytettävyysominaisuuksiin
- koettavuusominaisuuksiin
- teknisiin ominaisuuksiin

Käytettävyysominaisuudet tarkoittavat samaa kuin toiminnalliset ominaisuudet. Koettavuusominaisuudet tarkoittavat samaa kuin arkkitehtoniset ominaisuudet.

**Tuulensuoja** Tuulensuoja on ainekerros, jonka pääasiallisena tehtävänä on estää tuulen aiheuttama haitallinen ilmavirtaus rakenteen lämmöneristekerroksessa. Tuulensuojamateriaalin tulee olla hyvin vesihöyryä läpäisevä.

**Vesihöyrynläpäisevyys** Vesihöyrynläpäisevyys ilmoittaa vesimäärän, joka stationääritilassa läpäisee aikayksikössä pintayksikön suuruisen ja

pituusyksikön paksuisen homogeenisen ainekerroksen, kun ainekerroksen eri puolilla olevien ilmapitoisuuksien ero (tai vesihöyryn osapaine-ero) on yksikön suuruinen. Kosteus voi siirtyä materiaalissa muissakin olomuodoissa kuin vesihöyrynä, jolloin voidaan puhua materiaalin kosteudenläpäisevyydestä.

**Ylipaine**

Kun tietyn tilan absoluuttinen paine on suurempi kuin ympäröivä ilmanpaine, tilassa vallitsee ylipaine.

**Ylläpito**

Ylläpito tarkoittaa sitä osaa kiinteistönpidosta, jonka tarkoituksena on käytettävyys-, koettavuus- ja teknisten ominaisuuksien sekä taloudellisen arvon säilyttäminen. Ylläpito jakaantuu kiinteistön hoitoon ja kunnossapitoon.

# 1. Johdanto

## 1.1 Tausta

Puurakenteita ja puurakennuksia on Suomessa kehitetty tehokkaasti viime vuosina. Asiantuntijoiden kesken käydään keskustelua eri ratkaisujen oikeellisuudesta ja hyvyydestä. Monista korjausrakentamisen kokemuksista tiedetään, että rakentamisen aikana tapahtuu paljon virheitä, joilla on rakennuksen käyttöikä lyhentävä vaikutus. Paljon on keskusteltu myös siitä, että rakennuksia ei osata käyttää ja ylläpitää oikein. Rakennusten ylläpidon laiminlyönti voidaan perustella myös säästösyillä. Erityisesti ilmanvaihdon on monissa kohteissa todettu toimineen puutteellisesti aiheuttaen mm. kosteusongelmia. Rakennusten korjaus- ja ylläpitokustannukset lisääntyvät rakennusvirheiden ja ylläpidon laiminlyönnin seurauksena.

Rakennuksen pitkäikäisyyttä voidaan tarkastella eri lähtökohdista. Rakennuksen pitkäikäisyyden tekniseen tarkasteluun kuuluvat mm. hyvin suunnitellut ja varmat rakenneratkaisut. Pitkäikäinen rakennus on toteutettu hyviksi havaituilla ja toimivilla rakenneratkaisuilla. Rakennuksen taloudellisuustarkasteluun kuuluvat mm. elinkaari-, investointi-, kunnossapito- ja energiakustannukset. Tarkastelun lähtökohtana voi olla myös terveellisyysnäkökulma, johon kuuluvat mm. rakennuksen sisäilman tai kosteusvaurioiden terveydelliset vaikutukset. Pitkäikäisyyttä voidaan tarkastella myös koettavuusnäkökulmasta, jolloin merkittäviä ominaisuuksia ovat mm. rakennuksen ja sen tilojen muunneltavuus.

TTY:ssa on tehty jo yli 15 vuoden ajan systemaattisesti korjausrakentamiseen liittyvää tutkimusta. Eräänlaisena tutkimustuloksista ja kokemuksista saatuna näkemyksenä on todettu, että rakentamisen aikana on viisi asiaa muita tärkeämpiä:

- **maata vasten olevat rakenteet** on tehtävä huolella.
- **vesikattoja** rakennettaessa on noudatettava erityistä tarkkuutta vuotojen välttämiseksi.
- **julkisivut** on tehtävä detaljeiltaan sellaisiksi, että kosteusongelmat vältetään.
- **märkätilojen** rakentaminen vaatii erityistä ammattitaitoa.
- **ilmanvaihtoon** on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta voidaan varmistua sen toimivuudesta ja ennen kaikkea siitä, että järjestelmää osataan myös käyttää.

Uudessa kohteessa on tärkeää, että edellä kuvatut rakennuksen kosteustekniseen toimintaan vaikuttavat rakenteet suunnitellaan elinkaaren kannalta mahdollisimman varmoiksi. Helposti toteutettavaan ylläpitoon ja myös rakenteiden korjattavuuteen kiinnitetään huomiota. Kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeät kohdat toteutetaan huolella ja toteutusvaihe dokumentoidaan huolellisesti. Dokumentit luovutetaan osaksi rakennuksen huoltokirjaa. Erittäin tärkeää on, että käyttäjää opastetaan teknisten järjestelmien oikeaan käyttöön ja rakennuksen hyvään ja säilyttävään ylläpitoon käytön alkuvaiheessa.

TTY:n Talonrakennustekniikan laboratorio on ollut mukana yhdessä kuvatun kaltaisessa asuinkerrostaloprojektissa. Samoja ajatuksia on selvitetty mm. Mäkelänrinteen uimahallin kohdalla, jossa rakennuksen sisäilman tavoitearvojen saavuttaminen vaati käyttäjiltä paljon oppimista.

Tässä tutkimuksessa on sovellettu edellä kuvattua ajatusmallia rakennuksen kokonaisvaltaisesta tarkastelusta puurakenteiseen hallirakennukseen. Tyypillisesti hallirakennus on pilari-palkkirunkoinen. Puurakenteisen hallin seinä- ja kattorakenteet ovat puuta, joko paikalla rakennettuja tai elementtirakenteita. Runkorakenteet voivat olla betonia, terästä tai puuta. Hallien katteena käytetään yleensä jatkuvia yksi- tai monikerroskatteita.

## 1.2 Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää miten puurakenteinen hallirakennus tulee suunnitella, toteuttaa ja miten rakennusta tulee ylläpitää ja käyttää, jotta se on elinkaarinäkökulmasta ja kosteustekniseltä toimivuudeltaan mahdollisimman hyvä ja riskitön.

**Ensimmäisenä osatavoitteena oli kartoittaa rakennuksen oikean kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeät kohdat**, joiden suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota, sekä rakenteisiin liittyviä riskejä.

**Toisena osatavoitteena oli toteutuksen dokumentoinnin ohjeistuksen suunnitteluprosessin kartoitus.** Rakennuksen toteutusvaiheessa on kiinnitettävä huomiota kosteusteknisen toiminnan kannalta oleellisten rakenteiden toteutukseen ja toteutuksen seurannan dokumentointiin.

**Kolmantena osatavoitteena oli rakennuksen selkeän käyttöohjeen suunnittelu.** Rakennuksen käyttäjää tulee elinkaaren alussa opastaa käyttämään ja ylläpitämään oikein rakennustaan ja ennen kaikkea sen teknisiä järjestelmiä.

## 1.3 Rajaus

Tässä tutkimuksessa on keskitytty puurakenteisen hallirakennuksen maata vasten olevien rakenteiden sekä ulkoseinä- ja vesikattorakenteiden tarkasteluun ja nimenomaan kosteusteknisesti turvallisten ja toimivien ratkaisujen etsimiseen. Esitetyissä ratkaisuissa ei puututa rakenteiden kantavuuteen. Mukaan on otettu rakenteiden kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeimmät ja useimmin ongelmia aiheuttaneet kohdat. Kaikkia mahdollisia kohtia ei ole käsitelty, koska on haluttu kiinnittää huomiota tärkeimpiin yksityiskohtiin. Esitetyt ratkaisut eivät ole ainoita oikeita, vaan samaan tulokseen on mahdollista päästä myös toisenlaisilla rakenneratkaisuilla. Osa esitetyistä ratkaisuista on jo yleisesti käytössä, mutta niiden merkitystä on haluttu korostaa.

Rakennuksen pitkään elinkaareen vaikuttavista tekijöistä on tarkasteltu vain teknisiä ominaisuuksia. Elinkaarikustannukset riippuvat oleellisesti myös rakennuksessa tapahtuvasta toiminnasta ja hallirakennusten käyttötarkoitukset vaihtelevat suuresti. Tämän vuoksi elinkaarikustannuksia on tarkasteltu tässä tutkimuksessa ainoastaan esimerkinomaisesti.

## 1.4 Suoritus

Tutkimusmenetelminä käytettiin tutkimusryhmän ideariihityöskentelyä, tutkimusryhmän ja elementtivalmistajan vuorovaikutteista kehitystyötä sekä kirjallisuus-, haastattelu- ja havainnointitutkimusta.

**Rakennuksen pitkäikäisyys** –luvussa (luku 2) tarkennettiin tutkimushankkeen lähtökohtia rakennuksen teknisen elinkaaren, energiatalouden, korjaustarpeiden, käyttäjän toimenpiteiden sekä rakennuksessa tapahtuvan toiminnan näkökulmasta. Tutkimusvaihe suoritettiin tutkimusryhmän ja elementtivalmistajan vuorovaikutteisena kehitystyönä sekä kirjallisuustutkimuksena.

**Puurakenteisen hallin suunnittelu** –luvussa (luku 3) laadittiin suositeltavia, kosteustekniseltä toiminnaltaan turvallisia suunnitteluratkaisuja. Tutkimusmenetelminä käytettiin tutkimusryhmän ideariihityöskentelyä sekä tutkimusryhmän ja elementtivalmistajan vuorovaikutteista kehitystyötä. Tulokset on esitetty korttimuodossa.

Toimintamallia, jossa selvitettiin suunnittelijoiden ja tutkijoiden yhteistyönä suunnitteluratkaisuihin mahdollisesti liittyvät riskit ja kehitystarpeet, sovellettiin case-kohteeseen.

**Elementtituotannon ja –asennuksen dokumentointiohjeistus** –luvussa (luku 4) selvitettiin laadunvarmistamiseen liittyviä kysymyksiä kirjallisuus-, haastattelu- ja havainnointitutkimuksena. Dokumentoinnin ohjeistuksen kehitystyö tehtiin esimerkki-yrityksessä. Dokumentoinnin ohjeistuksen kehitystyö on esitetty vaiheittain etenevästi.

**Rakennuksen käyttö-, hoito ja kunnossapito** –luvussa (luku 5) laadittiin tarkistuslista rakennuksen oikean käytön, hoidon ja kunnossapidon pohjaksi. Tarkistuslistat on esitetty kolmella eri tasolla: rakennuksen käyttäjän, hoidosta vastaavan sekä omistajan näkökulmasta. Esityksessä on keskitytty rakennuksen oikean kosteusteknisen toiminnan kannalta oleellisiin tehtäviin. Tulokset on esitetty taulukkoina. Tutkimusvaihe toteutettiin kirjallisuustutkimuksena sekä tutkimusryhmän ja elementtivalmistajan vuorovaikutteisena kehitystyönä.

**Tutkimusraportti.** Tutkimuksesta on laadittu tutkimusraportti, jonka avulla puurakenteisia halleja suunnittelevat ja rakentavat tahot voisivat parantaa rakennustensa oikeaa suunnittelua, toteutusta sekä käyttöä lisäten samalla merkittävästi rakennuksen elinkaaren pituutta. Raportoinnissa kiinnitettiin erityistä huomiota tutkimuksessa mukana olevien yritysten käytäntöä palvelemaan näkökulmaan.



## 2. Rakennuksen pitkäikäisyys

**Rakennuksen pitkäikäisyyden ja oikean kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi on tärkeät asiat tunnistettava ja tehtävä huolella.**

**Pitkäikäinen hallirakennus on mahdollista toteuttaa ilman investointikustannusten merkittävää nousua.**

**Energiankulutusta ja ylläpitokustannuksia voidaan pienentää rakennuksen tiiviiden ja oikean ilmanvaihdon avulla.**

**Rakennusta oikein ja kohtuullisesti käyttäen on mahdollista saavuttaa pitkä käyttöikä.**

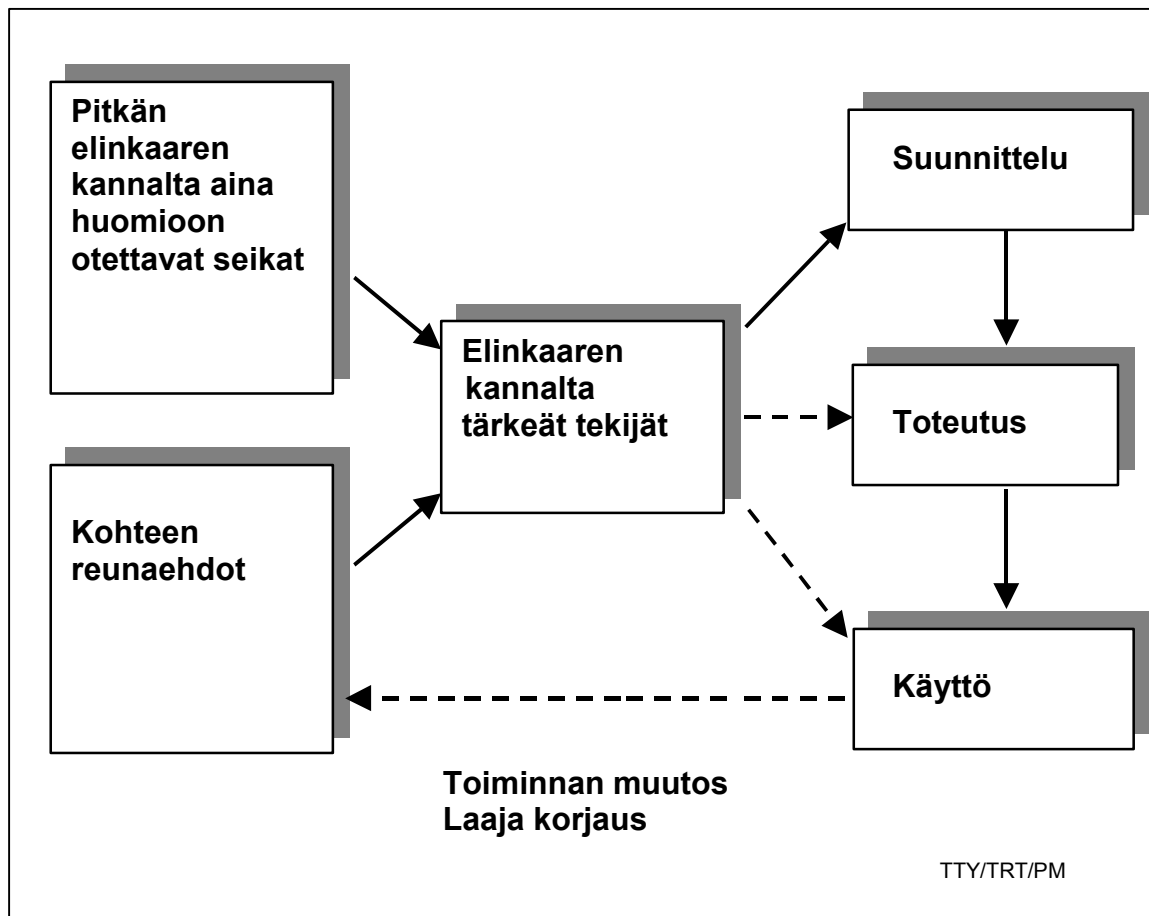
### 2.1 Rakennuksen pitkän elinkaaren varmistaminen

Tutkimuksessa on rakennuksen pitkäikäisyyttä tarkasteltu teknisestä näkökulmasta. Tarkasteluissa on keskitytty puurakenteiseen hallirakennukseen, joka toimii kosteusteknisesti oikein. Tämän tarkastelukulman valintaan vaikutti se, että kosteus on lähes aina rakenteiden vaurioitumisessa oleellinen tekijä ja suunnitteluratkaisut vaikuttavat merkittävästi rakennuksen kosteusteknisen toiminnan onnistumiseen.

**Tärkeät asiat on tunnistettava ja tehtävä huolella.** Rakennuksen pitkäikäisyyteen vaikuttavat jo suunnitteluvaiheessa tehdyt päätökset. Hankkeen alkuvaiheessa on tärkeää tunnistaa suunnitelmien kohteena olevan rakennuksen kriittiset kohdat ja käyttötarkoituksen asettamat erityisvaatimukset rakenteille. Suunnittelu- ja toteutusvaiheessa kiinnitetään erityistä huomiota näiden kohtien toteutukseen ja huolellisuuteen, jotta rakennuksen kosteustekninen toiminta olisi halutun kaltainen ja saavutettaisiin mahdollisimman pitkäikäinen rakennus. Huolella suunniteltu ja tehty rakennus antaa paremmat lähtökohdat pitkän elinkaaren varmistamiseksi kuin nopeasti ilman erityiskohtien tarkempaa suunnittelua toteutettu rakennus. Suunnittelu- ja toteutusvaiheessa oleellisiin asioihin panostaminen ei vielä riitä pitkän elinkaaren saavuttamiseksi, maltillinen ja oikea rakennuksen käyttö on avainasemassa.

Kuvassa 2.1 on yksinkertaistetusti esitetty suunnittelu-, toteutus- ja käyttövaiheessa tarvittavat lähtötiedot sekä eri vaiheiden riippuvuudet, kun tavoitellaan rakennuksen pitkää käyttöikä. Kuvan otsikoiden sisältö on esitetty tarkemmin otsikoittain:

**Pitkän elinkaaren kannalta aina huomioon otettavat seikat.** Pitkäaikaisen tutkimuksen ja kokemuksen myötä on vahvistunut käsitys seuraavien seikkojen merkityksestä rakennuksen pitkäikäisyyteen: maata vasten olevat rakenteet, julkisivut, yläpohja, märkätilat ja ilmanvaihto



**Kuva 2.1** Rakennuskohteen asettamien reunaehtojen tunnistusjärjestys ja eri vaiheissa tarvittavat lähtötiedot, kun tavoitellaan rakennukselle pitkää käyttöikää.

**Kohteen reunaehdot.** Rakennuspaikka ja rakennuksessa tapahtuva toiminta antavat suunnittelulle ja rakentamiselle reunaehdot. Tällaisia toiminnasta tai rakennuspaikasta riippuvia reunaehtoja ovat mm:

- Merenranta tai sisämaa
- Tavoiteltava sisälämpötila
- Tavoiteltava sisäilman kosteus
- Rakennuksen korkeus
- Rakenteiden altistuminen eri aineille

**Elinkaaren kannalta tärkeät tekijät.** Pitkän elinkaaren kannalta huomioon otettavien seikkojen sekä kohteen reunaehtojen pohjalta voidaan valita oikeat suunnitteluratkaisut, materiaalit ja toteutustavat, välttää karkeat suunnittelu- ja toteutusvirheet sekä kiinnittää erityistä huomiota tärkeiden kohtien toteutukseen ja edelleen rakennuksen oikeaan käyttöön.

Yrityskohtaisen toimintatavan mukaisesti tuotetaan hankekohtainen tärkeiden kohtien lista, joka ohjaa suunnittelua, toteutusta ja hankekohtaisen käyttöohjeen laadintaa.

**Suunnittelu.** Rakennuksen suunnitteluvaiheessa kiinnitetään huomiota rakenteiden oikeaan kosteustekniseen toimintaan, rakenteiden toteutuskelpoisuuteen ja

korjattavuuteen. Suunnittelun lähtötietoina käytetään aiemmin määriteltyjä ”Elinkaaren kannalta tärkeitä tekijöitä”.

**Toteutus.** Rakennuksen toteutusvaiheessa noudatetaan suunnitelmia, kiinnitetään erityistä huomiota kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeiden kohtien toteutukseen ja dokumentoidaan toteutusvaihe huolellisesti. Dokumentointia tarvitaan sekä urakoitsijan omiin tarpeisiin että rakennuksen käyttäjän tarpeisiin.

**Käyttö.** Rakennuksen käyttäjä opastetaan oikeaan ja säilyttävään käyttöön. Rakennuksen käyttöön liittyy aina normaali kuluminen. Käyttäjän on tärkeä jo alkuvaiheessa omaksua eri järjestelmien huoltojaksot ja säännöllisen huollon merkitys. Vaikka suunnittelu- ja toteutusvaiheessa on kiinnitetty erityistä huomiota kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeisiin kohtiin, voi suunnittelun ja toteutuksen aikana tulla virheitä, joiden mahdollisimman aikainen huomaaminen ja korjaaminen ovat tärkeitä seikkoja pitkää käyttöikää tavoiteltaessa.

**Toiminnan muutos, laajennus.** Rakennuksessa tapahtuvan toiminnan muuttuessa tai laajaa korjausta suunniteltaessa noudatetaan samaa toimintamallia kuin uuden rakennuksen suunnitteluvaiheessa, kohteen reunaehdot muuttuvat usein.

## 2.2 Energiatalous

### 2.2.1 Yleistä

Energiansäästön tavoittelu investoinneilla ei välttämättä ole kokonaistaloudellisesti kannattavaa, mutta energiansäästöön on pyrittävä kaikin mahdollisin keinoin ja hoitokustannuksissa on mahdollista saada säästöjä.

Yhtenä vahvana perusteluna on käytetty energiansäästöä, kun rakennusten lämmöneristysmääräyksiä on tiukennettu. Pelkästään rakenteiden läpi johtuvan energiamäärän tarkastelu ei anna kuitenkaan oikeaa tulosta, kun tarkastellaan rakennusten energiankulutusta. Mukaan tarkasteluun on otettava myös ilmanvaihdon ja vuotoilmanvaihdon vaikutus. Kun kiinnitetään huomiota rakennuksen tiiviyyteen sekä tarkoituksen mukaiseen ilmanvaihtoon lämmöntalteenottolaitteistolla varustettuna, rakennuksen käytönaikainen lämmitysenergiankulutus on huomattavasti alhaisempi kuin rakennuksessa, jossa kyseisiä asioita ei ole otettu huomioon. Ilmanvaihtolaitteen ja lämmöntalteenottolaitteen tehot sekä laitteiden huolto ja puhtaus vaikuttavat luonnollisesti energiankulutukseen, samoin vaikuttaa rakennuksen tiiviyyden pysyvyys. Ilman merkittävää investointikustannusten kasvua on kuitenkin mahdollista toteuttaa energiataloudellinen rakennus.

Rakennuksen ilmanvaihtoa suunniteltaessa on otettava huomioon halutun sisäilmaston lisäksi myös rakenteiden kosteustekninen toiminta ja sen vaatima ilmanvaihto. Jotta rakennuksessa saavutetaan määräysten mukainen hallittu ilmanvaihto kaikissa olosuhteissa, on se suunniteltava koneelliseksi. Koneellinen ilmanvaihto lisää rakennuksen energiankulutusta ja energiataloudellisesti katsottuna poistoilmasta on otettava lämpöenergia talteen. Lokakuussa 2003 voimaan tuleva Rakentamismääräyskokoelman uusittu D2 ”Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto” edellyttää, että poistoilmasta on otettava talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 30 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta energiamäärästä. Jotta lämmöntalteenottolaitteistolla

saavutetaan mahdollisimman korkea kokonaishyöty, on vuotoilmanvaihto pyrittävä estämään kokonaan.

## 2.2.2 Tiiviiden vaikutus lämmitysenergian kulutukseen

Liitteessä 1 on tarkemmin esitetty tarkastelun lähtötiedot ja lämmitysenergian kulutuslaskelmat esimerkkirakennuksessa. Esimerkkirakennuksena käytettiin hallirakennusta, jonka tilavuus on 6760 m<sup>3</sup>. Tarkastelussa oli mukana vaipan läpi johtuva lämpöenergia, ilmanvaihdon tarvitsema ja lämmöntalteenotolla takaisin saatava energia sekä hallitsemattoman vuotoilmanvaihdon osuus. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin tiiviiden vaikutus sisälämpötilaan sekä ilmaisenergiat.

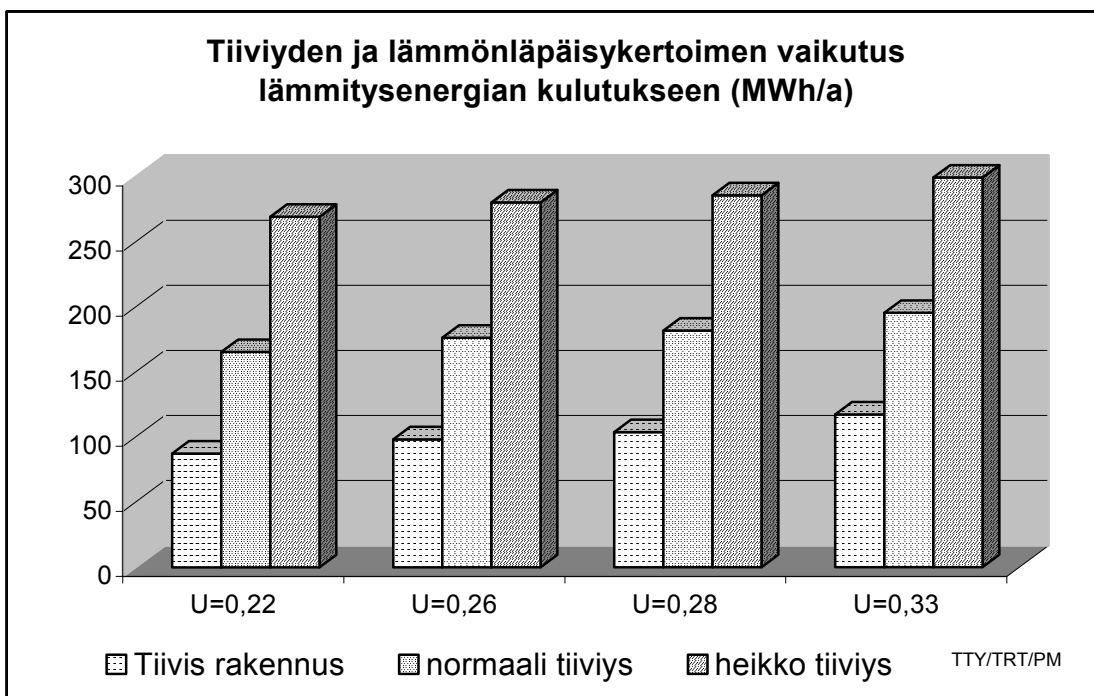
Laskelmissa otettiin huomioon rakennuksen keskimääräisen lämmönläpäisykertoimen vaikutus rakennuksen energiankulutukseen sekä rakennuksen tiiviiden vaikutus energiankulutukseen. Tiiviissä rakennuksessa ei ole lainkaan hallitsematonta vuotoilmanvaihtoa, normaalin tiiviiden rakennuksessa hallitsemattoman vuotoilmanvaihdon suuruus on 0,35 1/h ja läpäisevässä rakennuksessa ilmaa vaihtuu hallitsemattomasti 0,75 1/h. Rakennuksen lämmitysenergiankulutus on pienin yhdistelmällä tiivis vaippa sekä koneellinen tulo- ja poistoilma varustettuna lämmöntalteenottolaitteistolla.

**Taulukko 2.1** Rakennuksen tiiviiden ja lämmönläpäisykertoimen vaikutus lämmitysenergian kulutukseen. Nykyisin voimassa olevien määräysten mukainen  $U_{keskim.}$  esimerkkirakennuksessa on 0,28. 1.10.2003 voimaan tulevien määräysten mukainen  $U_{keskim.}$  esimerkkirakennuksessa on 0,26.

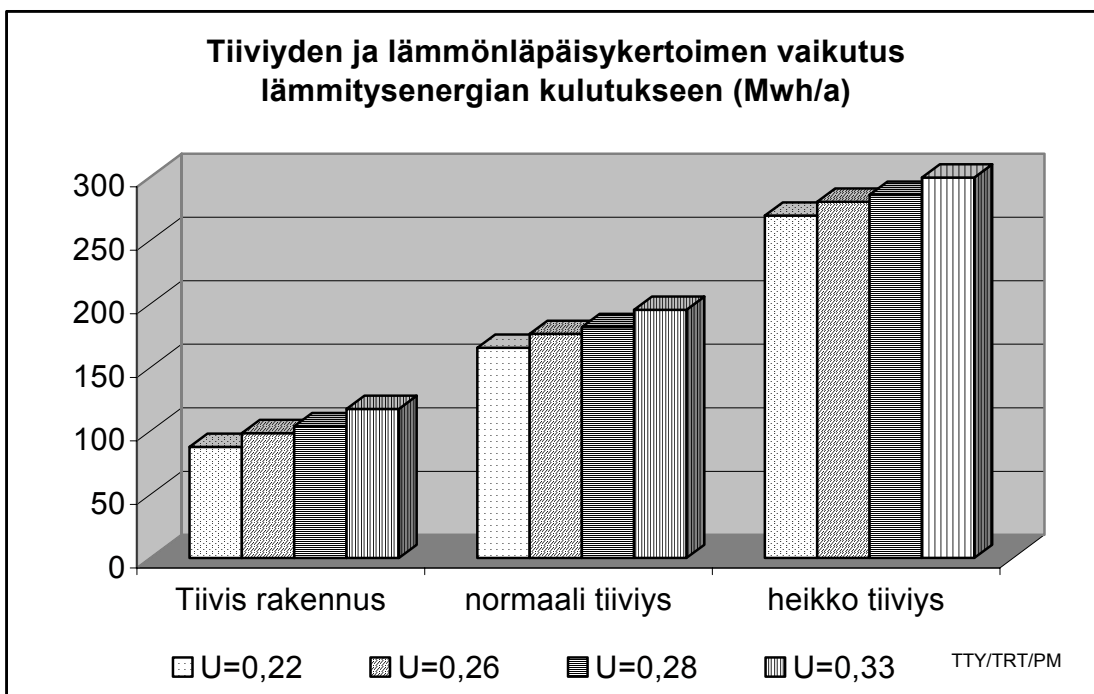
Lämmitysenergian kulutus MWh/a	$U_{keskim.}=0,22$	$U_{keskim.}=0,26$	$U_{keskim.}=0,28$	$U_{keskim.}=0,33$
Tiivis rakennus $n_{50} = 1$	87,5	98,4	103,8	117,4
Normaali tiivis $n_{50} = 7$	165,5	176,4	181,8	195,4
Tiiviydeltään heikko $n_{50} = 15$	269,5	280,4	285,8	299,4

Laskelmista voidaan päätellä, että rakennuksen tiiviiden parantaminen vähentää energiankulutusta enemmän kuin rakenteiden lämmöneristävyyden parantaminen. Lämmöneristysmääräysten tiukentamisen on laskettu nostavan rakennuksen investointikustannuksia muutaman prosentin. Rakennuksen tiiviiden parantaminen vaatii ensisijaisesti hyviä suunnitelmia ja huolellista työnsuoritusta, kustannusvaikutus ei ole merkittävä.

Lämmitysenergian kulutus on esitetty kuvassa 2.2 lämmönläpäisykertoimen mukaan ryhmiteltyinä pylväinä ja kuvassa 2.3 tiiviiden mukaan ryhmiteltyinä pylväinä.



**Kuva 2.2**  $U_{keskim.}=0,28$  on nykyisten lämmöneristysmääräysten ja  $U_{keskim.}=0,26$  uusien 1.10.2003 voimaan tulevien määräysten mukainen keskimääräinen lämmönläpäisykerroin esimerkkirakennuksessa.

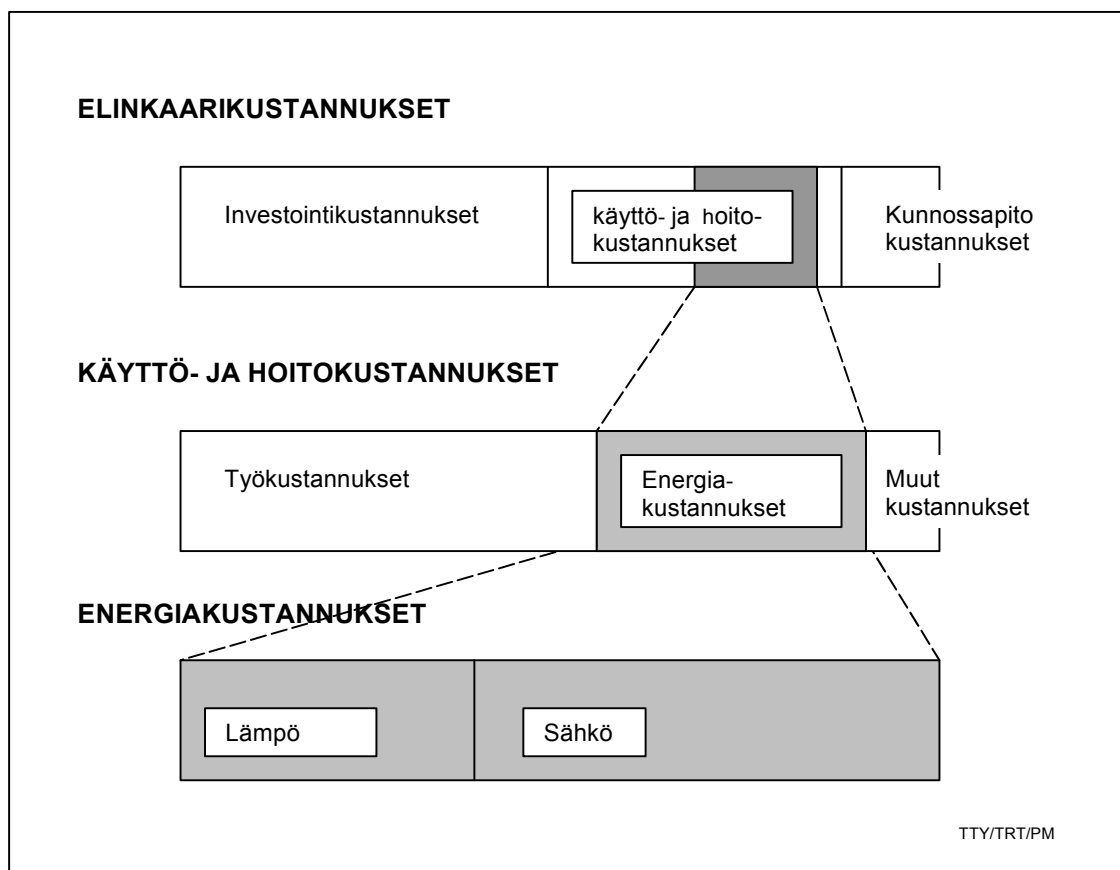


**Kuva 2.3**  $U_{keskim.}=0,28$  on nykyisten lämmöneristysmääräysten ja  $U_{keskim.}=0,26$  uusien 1.10.2003 voimaan tulevien määräysten mukainen keskimääräinen lämmönläpäisykerroin esimerkkirakennuksessa.

### 2.2.3 Elinkaarikustannusten jakautuminen

Tarkasteltaessa rakennuksen pitkää elinkaarta mukaan tarkasteluun on otettava myös elinkaarikustannukset. Rakennusalalla lasketaan hyvin yleisesti eri vaihtoehtojen välisiä elinkaarikustannuksia ja laskelmissa käytetään lähes poikkeuksetta investointilaskentamenetelmiä, nykyarvo- tai annuiteettimenetelmää. Näissä tarkasteluissa on syytä ottaa huomioon se, että kumpikin menetelmä on erittäin herkkä laskelmaan otetun pitoajan, tuottojen ja kustannusten muutoksille. Hankintameno on reaalin, mutta pitoaika, tuotot ja kustannukset riskialttiita ennusteita. Mitä pitempi on pitoaika, sitä epävarmemmalla pohjalla laskelmat ovat.

Tässä tutkimuksessa ei edellä mainituista syistä johtuen olekaan laskettu eri vaihtoehtojen elinkaarikustannuksia. Tutkimuksessa on keskitytty energian kulutuksen erojen selvittämiseen ja niiden kustannusvaikutuksiin vuositasolla. Esimerkkinä kuitenkin esitämme palloiluhallin elinkaarikustannukset ja niiden jakautumisen rakentamiseen, ylläpitoon ja korjaukseen, sekä edelleen energiakustannusten osuuden kokonaiskustannuksista.



**Kuva 2.4** Energiakustannusten osuus palloiluhallin elinkaarikustannuksista on tiiviissä rakennuksessa noin 15 %.

Palloiluhallin elinkaarikustannusten jakauma (kuva 2.4) perustuu Opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisussa 60: ”Liikuntarakennusten elinkaarikustannukset” esitettyihin elinkaarikustannuslaskelmiin. Lämpöenergian kulutuslaskelmat on tehty RakMK:n D5 mukaista laskentamenetelmää käyttäen, lämmönläpäisykertoimet ovat olleet nykyisin voimassa olevien (1.10.2003 asti) määräysten mukaiset. ”Liikuntarakennusten elinkaarikustannukset” -julkaisussa on lämpöenergiatarvelaskelmissa käytetty

vuotoilmanvaihtokertoimenä 0,075 1/h ( $n_{50} = 1,5$ ), eli laskelmat osoittavat mihin energiankulutukseen on mahdollista päästä kun rakennus on tiivis. Liitteessä 2 on esitetty neliökustannukset ja kustannusten prosentuaalinen jakauma. Tiiviissä rakennuksessa lämmitys- ja sähkökustannukset ovat noin 37 % käyttö- ja hoitokustannuksista ja noin 15 % elinkaarikustannuksista. Mikäli kyseessä olisi normaalirakentamista vastaava tiivisyys, vuotoilmanvaihtuvuus olisi suuruusluokkaa 0,35 1/h ( $n_{50} = 7$ ). Tällöin lämpöenergian kulutus kasvaisi kertoimen 1,72 mukaisesti ja lämpö ja sähkökustannusten osuus käyttö- ja hoitokustannuksista olisi noin 43 % ja elinkaarikustannuksista noin 17 %./3/

Energiakustannusten osuus on pieni investointikustannuksiin tai liiketoiminnan kustannuksiin verrattuna. Energiansäästötoimien kustannusvaikutus on muutamien prosenttiyksiköiden luokkaa. Tämä ei tarkoita sitä, etteikö energiansäästöön tulisi pyrkiä. Tarkoitus onkin esittää, että samalla investointikustannuksella saadaan vähemmän energiaa kuluttava rakennus, joka olisi myös pitkäikäinen. Tähän tulokseen on mahdollista päästä tärkeiden asioiden tunnistamisella ja niiden huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella.

## 2.2.4 Ympäristövaikutukset

Elinkaarianalyysin (LCA = Life Cycle Assessment) avulla voidaan arvioida tuotteen, tuotantoprosessin tai toiminnon aiheuttamat ympäristövaikutukset sen elinkaaren aikana. Tarkastelu voidaan tehdä ympäristövaikutusten lisäksi myös taloudellisesta tai sosiaalisesta näkökulmasta. Elinkaarianalyysi voidaan tehdä suppeampana tarkastellen vain yhtä elinkaaren vaihetta tai laajemmin tarkastelemalla koko elinkaarta ja sen ympäristövaikutuksia. Elinkaarianalyysin tekemiseen on olemassa erilaisia kaupallisia laskentaohjelmia ja tietokantoja. Vaikka elinkaarianalyysin ja ympäristövaikutusten arvioinnin edistämiseksi ja analyysimallien parantamiseksi on viime vuosina tehty paljon työtä, ei tarkkoja yhteisiä pelisääntöjä ole löydetty. /12/

Elinkaarianalyysien käyttöä vaikeuttaa käytettyjen menetelmien keskinäiset erot. Rakennusten ympäristövaikutusten arviointi ja elinkaarianalyysin hyödyntäminen päätöksenteossa edellyttää perehtymistä käytettyihin lähtötietoihin sekä analyysin sisältöön. Rakennus- ja kiinteistöalalle kehitetään parhaillaan yhtenäistä elinkaarimittaristoa.

Rakennusten elinkaaren merkittävimpiä ympäristöhaittoja ovat uusiutumattomien energiavarojen käyttö sekä ilman saasteiden ja jätteiden tuottaminen. Rakennustuotteiden valmistuksen ympäristöprofiili arvioidaan laskennallisesti ympäristöhaittoina, jotka kootaan luokitelluiksi ympäristöprofiileiksi. Nämä ympäristöprofiilit ovat suunnittelijan käyttöön soveltuvimpia arvioita, sillä rakennuksen myöhemmän elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset eivät ole enää yksiselitteisesti laskettavissa, koska ne riippuvat rakennuspaikasta, rakennuksen käyttötavasta ja käyttöolosuhteista /8/. Rakennuksen käytön aikaisia ympäristövaikutuksia voidaan kuitenkin arvioida ja hyödyntää esimerkiksi verrattaessa eri rakennevaihtoehtoja tai vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja keskenään.

Tarkasteltaessa rakennuksen koko elinkaarta rakennuksen käyttö kuluttaa yli kymmenkertaisen määrän energiaa verrattuna materiaalin valmistukseen ja rakentamiseen. Energian käyttö kuluttaa pääasiassa uusiutumattomia luonnonvaroja ja päästöt syntyvät pääosin fossiiliseen polttoaineeseen perustuvasta energiantuotannosta.

Talonrakennuksen osuus useimpien raaka-aineiden kulutuksesta on marginaalisen pieni verrattuna rakennusalan raaka-aineiden kokonaiskulutukseen. Talonrakennuksen ensisijainen ekologistekijä onkin elinkaaren energiatalous, kun taas maa- ja vesirakennuksen keskeisiä ekologistekijöitä ovat uusiutumattomien raaka-aineiden käyttö ja kuljetukset. /8/

Energiantuotannon ympäristöhaitat päästöinä ilmaan vaihtelevat käytetyn energialähteen mukaan. Rikkidioksidi- ja typenoksidipäästöt aiheuttavat maaperän ja vesistöjen happamoitumista. Hiilidioksidipäästöt edistävät nykyisen tiedon mukaan kasvihuoneilmion etenemistä, minkä vuoksi niitä pyritään kansainvälisillä sopimuksilla rajoittamaan. Taulukossa 2.2 on esitetty joidenkin lämmitysmuotojen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä.

**Taulukko 2.2** Eri energialähteiden ympäristöhaitat hiilidioksidipäästöinä. Sähkön ja kaukolämmön arvot ovat valtakunnallisia keskiarvoja. /1/, /8/

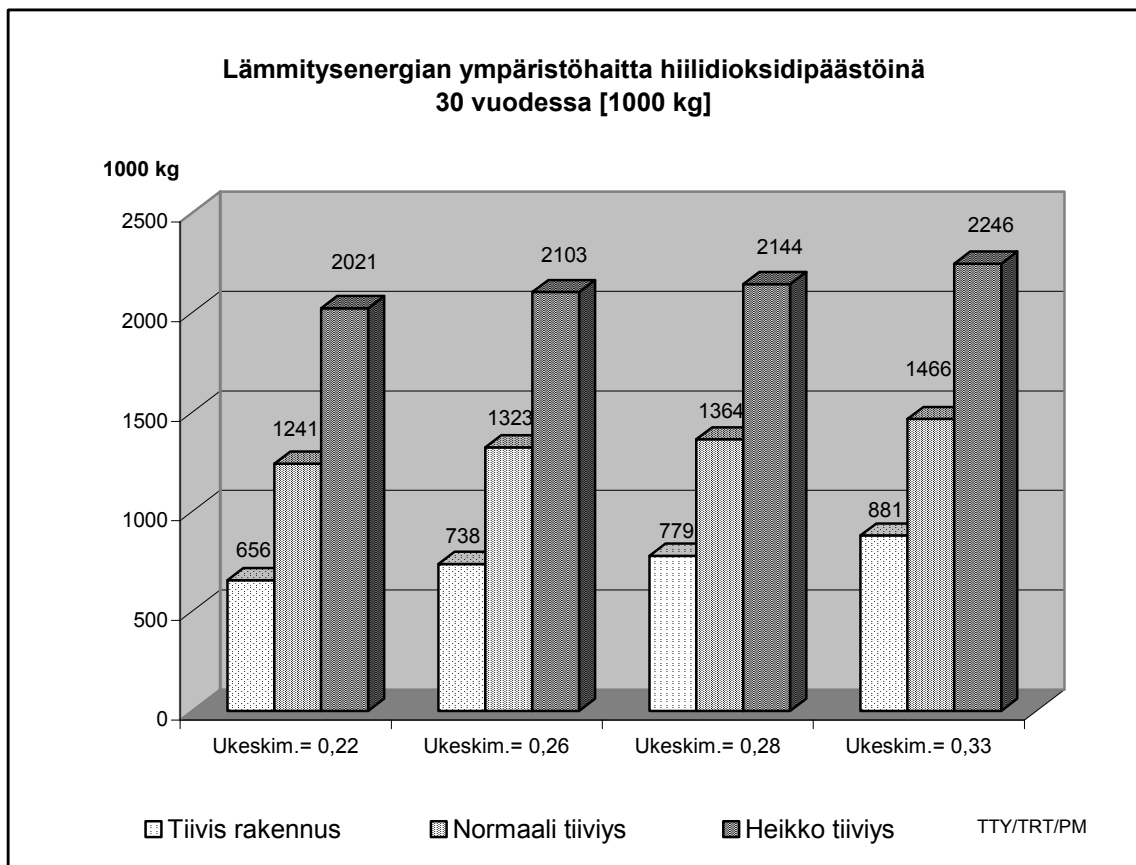
Päästöt	sähkö	kauko- lämpö	kevyt polttoöljy <sup>1)</sup>	kivihiili	turve	maakaasu
hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> ) [g/kWh]	250	350	300	335	390	200

1) CO<sub>2</sub>-ekvivalentti 3600 g/kg, SO<sub>2</sub>-ekvivalentti 6 g/kg, polttoöljyn lämpöarvo on 43 MJ/kg

Eri lämmitysmuotojen tarkkaan vertailuun tarvitaan edellä esitettyjen vaihtoehtoisten polttoaineiden ympäristövaikutusten lisäksi tiedot myös polttoaineiden kulutuksesta tarvittavaa lämpö määrää kohti. /8/

Kuvassa 2.5 on esitetty kohdassa 2.2.2 laskettujen lämmitysenergian kulutusarvojen ympäristövaikutuksia, jotka arvioitiin hiilidioksidipäästöjen mukaan. Ympäristövaikutusten arvioinnin tarkoitus oli osoittaa rakennuksen tiiviiden ja toisaalta rakennuksen lämmöneristyksen parantamisen vaikutukset ympäristöhaittojen määrään. Hallirakennusten käyttöikä vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. Laskelmissa käytetty 30 vuoden käyttöikä on esimerkiksi varasto-, teollisuus- ja myymälähallien kohdalla jo pitkä. Hallirakennusten lämmitysmuodot vaihtelevat suuresti hallien käyttötarkoituksen ja paikkakunnan mukaan. Laskelmissa päädyttiin käyttämään hiilidioksidipäästöille kevyen polttoöljyn CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia 300 g/kWh, joka on taulukossa 2.2 esitettyjen hiilidioksidipäästöjen keskimääräinen arvo.





**Kuva 2.5** Tiiviyden ja keskimääräisen lämmönläpäisykertoimen vaikutus rakennuksen lämmitysenergian kulutuksen aiheuttamiin ympäristöhaittoihin hiilidioksidipäästöinä 30 vuoden aikana.

### 2.3 Yllättävän korjaustarpeen välttäminen

Huolella ja hyvin tehden voidaan vähentää yllättäviä korjauskuluja. Pitkäikäisyyden ja rakennuksen oikean kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeät rakennuksen osat tehdään huolella sellaisilla ratkaisuilla, joilla voidaan saavuttaa mahdollisimman hyvä kestävyys.

Kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeät kohdat tehdään helposti ylläpidettäväksi ja korjattavaksi. Mahdolliset vauriot on voitava helposti havaita. Rakennusmateriaaleja valittaessa on tunnettava kyseisten materiaalien kosteustekninen käyttäytyminen pitkällä aikavälillä. Rakenteita ja rakennedetaljeja suunniteltaessa on otettava huomioon materiaalin ominaisuudet ja varmistettava rakenteiden kuivumismahdollisuus. Rakenteissa, esim. maata vasten olevissa betonirakenteissa, on aina rakennuskosteutta, jonka on päästävä poistumaan. Huolimatta huolellisesti tehdystä kosteusteknisestä suunnittelusta on huomioitava myös mahdollisten kosteusvuotojen kuivumismahdollisuus. Rakenteet on suunniteltava siten, ettei niihin synny kasvavaa kosteuskertymää. Rakentamisen aikana seurataan erityisesti näiden kohtien valmistamista. Rakentamisolosuhteet ja kriittisten vaiheiden toteutus dokumentoidaan mahdollista myöhempää tarvetta varten.

Huolellisella rakennustyön toteutuksella ja hyvällä dokumentoinnilla pyritään vähentämään suunnittelemattomien, yllätyksellisten korjausten määrää. Huolellisesti rakentaen ja tärkeisiin kohtiin erityistä huomiota kiinnittäen saadaan rakennus, jonka hoito- ja korjaustoimenpiteet on helppo suunnitella tarpeen mukaisiksi ja ylläpitokustannukset on helpompi ennakoita.

Hallirakennusten tavoiteltu käyttöikä vaihtelee hyvinkin paljon käyttötarkoituksen mukaan. Pyrkimys pitkään käyttöikään puolustaa asemaansa myös lyhyemmän toiminnan tarpeisiin suunnitelluissa halleissa. Mikäli rakennuksessa tapahtuva toiminta muuttuu, kaikki korjaukset ja muutostyöt ovat kannattavampia hyvin tehtyyn ja pidettyyn rakennukseen. Rakennus voidaan alunperin suunnitella esimerkiksi sellaisten kosteusteknisten rasitusten tai palonkestoluokan mukaan, jotka mahdollistavat suuremmatkin toiminnan muutokset. Rakennuksen muunneltavuus ja mahdollinen siirrettävyys kuuluvat rakennuksen pitkän elinkaaren tarkasteluihin, mutta niihin ei tässä tutkimuksessa ole puututtu.

## 2.4 Käyttäjän vaikutus rakennuksen pitkäikäisyyteen

Pitkäikäisen rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on pyritty ratkaisuihin, jotka kestävät käyttöolosuhteet mahdollisimman hyvin, jolloin mahdollisista kosteus- ym. rasituksista ei seuraisi vakavia ongelmia ja vaurioita. Huolellisesti tehtyä rakennusta on myös käyttövaiheessa pidettävä kunnossa ja huollettava säännöllisesti, jotta rakennuksen pitkä käyttöikä saavutetaan.

Yleisesti on rakennusten elinkaaresta puhuttaessa unohdettu käyttäjän vaikutus ja vastuu pitkäikäisyyden saavuttamiseksi. Esimerkiksi auton pitkän käyttöiän riippuvuus käyttäjästä, huolellisesta hoidosta ja määräaikaishuolloista tunnustetaan yleisesti. Samalla tavalla rakennuksen pitkäikäisyys riippuu käyttäjästä. Rakennuksen käyttäjälle onkin annettava ”työkalut” rakennuksen pitkäikäisyyden varmistamiseksi. Viisaalla hoidolla on mahdollista saada säästöjä käyttö- ja ylläpitokustannuksissa ja pitkittää rakennuksen elinkaarta. Toisaalta rakennuksen oikea käyttö vaatii panoksia, sekä taloudellisia että ajallisia.

Rakennuksen huoltokirja on tullut pakolliseksi rakennuksiin, joissa säännöllisesti asutaan tai työskennellään. Huoltokirjan sisältökin on suhteellisen tarkkaan määrätty. Ohjeen mukaan laadittujen huoltokirjojen laajuus on suuri ja niissä ei ole eroteltu selkeästi merkitykseltään suuria ja pieniä tehtäviä toisistaan. Tästä on vaarana se, että rakennuksen pitkäikäisyyden kannalta oleellisten hoito- ja korjaustoimien merkitys hämärtyy ja hukkuu pienempien ”ei niin oleellisten” toimenpiteiden joukkoon. Tarkasti määrättyssä huoltokirjassa on hyvät puolensa. Rakennuksen piirustukset, teknisten järjestelmien käyttöohjeet ja seurantaraportit ovat kaikissa rakennuksissa huoltokirjan määräämällä tavalla arkistoitu ja siten helposti löydettävissä.

Tässä tutkimuksessa onkin ollut yhtenä tavoitteena antaa perusteet, joiden pohjalta käyttäjä opastetaan rakennuksen ja erityisesti sen teknisten järjestelmien oikeaan käyttöön siten, että pitkäikäisyyden ja rakennuksen oikean kosteusteknisen toiminnan kannalta käyttäjälle oleelliset asiat on selkeästi esitetty.

Perusasioiden ymmärtäminen ja niistä huolehtiminen edistävät rakennuksen pitkäikäisyyttä. Pystyäkseen hoitamaan ja kunnossapitämään rakennusta viisaasti,

#### RAKENNUKSEN KÄYTTÄJÄN ON

1. Ymmärrettävä ja hallittava käytöstä rakennukselle aiheutuvia rasituksia
2. Tarkkailtava rakennuksen kuntoa sekä sisä- että ulkopuolelta.
3. Ymmärrettävä ja käytettävä oikein taloteknisiä järjestelmiä, erityisesti ilmanvaihtojärjestelmää
4. Osattava toimia vahinko- ja vaaratilanteissa.

## 2.5 Rakennuksen pitkäikäisyys rakennuksessa tapahtuvan toiminnan kannalta

### 2.5.1 Yleistä

Rakennuksen pitkäikäisyyden merkitystä voidaan tarkastella useasta näkökulmasta, kuten

- toimintaympäristön näkökulmasta
- liikeyrityksen tai julkisyhteisön näkökulmasta
- yksittäisen hankkeen näkökulmasta

**Toimintaympäristön** kansantaloudellisten ja sosiaalis-kulttuuristen näkökohtien suhteen rakennusten pitkäikäisyys on tärkeää. Kansantalouteen kuuluvasta kansallisvarallisuudesta keskeisen osan muodostavat rakennukset, joten niiden pitkäikäisyys on keskeistä. Ihmisen sosiaalis-kulttuurisessa toimintaympäristössä rakennukset ovat yksi oleellinen tekijä. Arkkitehtonisen ympäristön merkitys kansallisella, paikallisella ja yksittäisen ihmisen tasolla on suuri.

**Liikeyrityksen tai julkisyhteisön** näkökulmasta rakennukset ovat toiminnan yksi resurssi. Perinteisen käsityksen mukaan rakennuksen on luotava olosuhteet toiminnalle. Nykyisin rakennukselta vaaditaan myös lisäarvon tuottamista liiketoiminnalle. Tarkastelu on erilaista riippuen siitä, onko kyseessä

- käyttäjäomistaja
- sijoittajaomistaja
- käyttäjä (vuokralainen)

Käyttäjäomistajan kannalta rakennusten pitkäikäisyys on useimmiten tärkeä tavoite. Hyvin suunnitellut ja toteutetut sekä oikein käytetyt ja ylläpidetyt hallirakennukset ovat edullisia omassa käytössä. Hyvän suunnittelun ja toteutuksen sekä oikean käytön ja ylläpidon vaatimat panostukset ovat investointina vähäisiä. Elinkaaritalouden kannalta ne ovat merkityksettömiä. Panostukset pitkäikäisyyteen uudisrakentamisvaiheessa vähentävät korjaus- ja muutoshankkeita, jotka aiheuttavat tarpeettomia investointikustannuksia, tuottojen menetyksiä tai lisäkustannuksia väliaikaisten tilojen vuokrana.

Sijoittajaomistajilla on erilaisia strategioita hallirakennusten elinkaaren ja pitkäikäisyyden suhteen. Vuokralaisten irtisanoutuessa uuden vuokralaisen löytymistä helpottaa, jos rakennukset ovat monikäyttöisiä ja helposti muunneltavia eikä niihin tarvitse tehdä merkittäviä muutoksia. Panostukset pitkäikäisyyteen uudisvaiheessa vähentävät korjaus- ja muutoshankkeita kuten käyttäjäomistajankin suhteen. Jos rakennus myydään, sen pitkäikäisyyteen liittyvät elinkaarituotot ja -kustannukset sekä niihin vaikuttavat ominaisuudet osataan yhä useammin ottaa huomioon kauppahinnassa.

Käyttäjän kannalta rakennuksen pitkäikäisyys on lähtökohtaisesti merkityksetön, koska tiloista maksetaan vain markkinaehtoinen vuokra. Liiketoimintayritysten keskeinen kiinteistöstrateginen trendi on ulkoistaa kiinteistöt ja toimia vuokratiloissa. Elinkaareen liittyvät kysymykset siirtyvät yhä enemmän sijoittajaomistajalle.

**Yksittäisen hankkeen** suhteen liike-elämä toimii lyhyellä aikajänteellä, millä on suuri vaikutus hankkeen elinkaarisuunnitteluun. Kymmenen vuoden ja sadan vuoden käyttöikätaivoitteisiin perustuva elinkaarisuunnittelu on luonnollisesti lähtökohdiltaan erilaista, joten rakennuksen käyttöikätaivoite on keskeinen lähtökohta elinkaarisuunnittelussa.

## 2.5.2 Yksittäisen hankkeen elinkaaritalous

**Yleistä.** Yksittäisen hankkeen elinkaaritalouden rakenne riippuu suuresti käyttötarkoituksesta, toimialasta, omistusmuodosta sekä hankkeen erityispiirteistä. Käyttäjääomistajan hankkeen elinkaaritaloutta voidaan tarkastella

- toiminnan näkökulmasta
- hankkeen lopputuotteen näkökulmasta
- hankeprosessin näkökulmasta

Kustakin näkökulmasta elinkaaritalous käsittää elinkaarituotot ja –kustannukset sekä niiden epävarmuuden eli mahdollisuudet ja uhat.

**Toiminta** käsittää rakennuksessa tapahtuvan liiketoimintayrityksen tai julkisyhteisön toiminnan. Sen merkitys on esimerkiksi tuotantorakennuksessa niin suuri, että rakennuksen talous jää elinkaaritarkastelussa toisarvoiseen asemaan.

**Hankkeen lopputuote** jakautuu sijaintiin, tonttiin ja rakennukseen. Sijainti liittyy usein läheisesti toimintaan: toiminta on järkevää vain tiettyyn sijaintiin yhdistettynä. Sijainnin merkitys esimerkiksi myymälärakennuksissa on keskeinen. Tontin ja rakennuksen merkitys hankkeen elinkaaritaloudessa vaihtelee hankekohtaisesti.

**Hankeprosessin** keskeisiä tekijöitä ovat käyttöönottoajankohta ja toteutusmuoto, joiden merkitys investoinneissa voi olla huomattava. Varhainen käyttöönottoajankohta yhtäältä aikaistaa tuottojen alkamista ja vähentää tilaajan korkokustannuksia sekä toisaalta pienentää työmaajohdon ja –palveluiden aikasidonnaisia kustannuksia. Hankkeeseen sopiva toteutusmuoto voi nopeuttaa hanketta ja siten pienentää investointikustannuksia.

### 2.5.3 Käyttötarkoituksen ja omistusmuodon merkitys elinkaaritaloudessa

**Yleistä.** Toiminnan elinkaaritalous on toimitilahankkeissa keskeinen kysymys. Yhdessä sijainnin kanssa se usein muodostaa tekijän, jonka mukana hanke menestyy tai kaatuu. Tontti ja rakennus ovat toimitilarakennuksissa yleensä vähäisemmässä roolissa: niiden keskeinen tehtävä on luoda puitteet organisaation toiminnalle. Hankeprosessilla on toimitilahankkeessa korostunut merkitys mm. tuottojen alkamisajankohdan kannalta. Pyrittäessä hankkeen nopeaan läpivientiin sopivan toteutusmuodon valinta on keskeinen kysymys.

**Käyttäjäomistajan** hankkeessa rakennuksen teknisten ominaisuuksien pitkäikäisyys vähentää tarpeettomia kunnossapito- ja korjauskustannuksia. Pitkäikäisyyden vaatimat panostukset ovat usein edullisia, koska tarvittavat investoinnit ovat vähäisiä. Ne käsittävät ainoastaan huolellisen suunnittelun ja toteutuksen sekä oikean käytön ja ylläpidon.

**Sijoittajaomistajan** hankkeessa käyttäjän toiminta vaikuttaa sijoittajaomistajan talouteen vain välillisesti. Sijoittajaomistajan elinkaaritalous perustuu siten hankkeen lopputuotteeseen ja hankeprosessiin. Sijoittajaomistajan intressinä on monenlaiseen toimintaan sopiva sijainti, tontti ja rakennus. Käyttäjän vaihtuessa vaatimukset toiminnalle muuttuvat, joten investointeja joudutaan tekemään usein muista kuin teknisistä syistä. Käyttäjän toiminnan lyhytjänteisyyden takia teknisten ominaisuuksien pitkäikäisyys on toissijainen tekijä. Rakennuksen keskeisiä ominaisuuksia ovat monikäyttöisyys, muunneltavuus ja laajennettavuus, mahdollisesti jopa koko rakennuksen siirrettävyys toiseen paikkaan.

**Tuotantorakennuksessa** toiminnan elinkaaritalous on pääsääntöisesti keskeinen tekijä, joille sijainti, tontti ja rakennus luovat vain olosuhteet. Tuotantorakennuksen sijainnin, tontin ja rakennuksen ominaisuuksien sekä elinkaaritalouden merkitys on hankekohtainen. Ne eivät aina ole hankkeen strategia kysymyksiä.

**Logistiikkarakennuksessa** korostuu sijainti, joka on yhteydessä toimintaan: tietty toiminta vaatii oman toimialansa mukaisen optimaalisen sijainnin. Hyväkään sijainti ei kuitenkaan aiheuta suuria kustannuksia, jos rakennus voi olla haja-asutusalueella. Tontin koko on usein suuri ja sen on sovittava raskaalle liikenteelle. Rakennuksen elinkaaritalouden ja ominaisuuksien merkitys on vähäisempi tai ei ainakaan erityisen ongelmallinen. Jäähdytetyt varastot ovat oma lukunsa, koska niiden rakennusfysiikka poikkeaa lämmitetyistä rakennuksista.

**Myymälärakennuksessa** tärkeitä tekijöitä ovat toiminnan elinkaaritalous sekä sijainti, joiden yhdistelmä on keskeisin tekijä liiketoiminnassa: tietty toiminta on liiketaloudellisesti järkevää vain tietyssä paikassa. Tontin ja rakennuksen ominaisuudet sekä elinkaaritalous ovat yleensä vähäisemmässä roolissa, mutta eivät merkityksettömiä. Suurmyymälä vaatii ison pysäköintipaikan ja laajennusmahdollisuuden. Rakennuksen arkkitehtuuri on osa yrityksen julkista kuvaa ja kytkeytyy siten toimintaan.

**Liikuntarakennuksen** elinkaaritalouteen vaikuttavat useat osatekijät. Toiminnan rooli hankkeen elinkaaritaloudessa on hankekohtainen. Liikuntarakennus toimii usein myös monitoimitilana, jossa voi olla erilaisia yleisötilaisuuksia. Yksityiselle liikuntarakennukselle sijainti on tärkeä, koska hyvä saavutettavuus vaikuttaa

kävijämäärään. Tontille asettaa lisävaatimuksia suuri pysäköintipaikka, joka on välttämätön liikuntarakennuksen kohdalla. Rakennuksen merkitys korostuu yksityisessä liikuntarakennuksessa. Ylläpidon talous on tärkeä tekijä elinkaaritaloudessa. Arkkitehtoniset ominaisuudet ovat mahdollisesti keskeinen osa yrityksen julkista kuvaa.

### 3. Puurakenteisen hallin suunnittelu

**RAKENNUKSEN PITKÄIKÄISYYDEN KANNALTA ON TÄRKEÄÄ  
Tunnistaa rakennusosiin ja rakenneratkaisuihin liittyvät riskit.  
Välttää riskit suunnittelu- ja toteutusvaiheen aikana.  
Varautua mahdollisiin vaurioihin.**

#### 3.1 Yleistä puurakenteisesta hallirakennuksesta

Rakennuksen toimivuuden ja kestävyyskannalta rakennuksen viisi kriittistä kohtaa yleisesti ovat:

- Maata vasten olevat rakenteet,
- Vesikatto,
- Julkisivut,
- Märkätilat ja
- Ilmanvaihto.

Näiden rakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa on kiinnitettävä erityistä huomiota ylimääräisten kosteusrasitusten välttämiseen. Tavallisimpia kosteuden aiheuttamia vaurioita ovat pakkasvauriot, puun lahoaminen, mikrobivauriot ja metallien korrosio, jään aiheuttamat muut vauriot, lämmöneristyskyvyn heikkeneminen sekä aineiden muodonmuutoksista johtuvat vauriot.

Tässä tutkimuksessa esitetyissä ratkaisuihin ei ole puututtu rakenteiden kantavuuteen. Mukaan on otettu tärkeimmät ja yleisimmät ongelmia aiheuttaneet kohdat rakenteiden kosteusteknisen toiminnan kannalta. Kaikkia mahdollisia kohtia ei ole käsitelty, koska on haluttu kiinnittää huomiota eniten vaurioita aiheuttaviin yksityiskohtiin. Esitetyt ratkaisut eivät ole ainoita oikeita, vaan samaan tulokseen on mahdollista päästä myös toisenlaisilla rakenneratkaisuilla. Osa esitetyistä ratkaisuista on jo yleisesti käytössä, mutta niiden merkitystä on haluttu korostaa.

Rakenneratkaisuissa on esitetty toiminnallinen tavoite, keinot tavoitteen saavuttamiseksi sekä perustelu, miksi kyseinen asia on tärkeä rakenteiden pitkäikäisyyden kannalta. Tekstiä on pyritty havainnollistamaan yksinkertaistetuin kuvin.

Eri rakennevaihtoehdoissa on tarkasteltu hallirakennuksissa yleisesti käytettäviä ratkaisuja. Hallirakennukset ovat yleensä pinta-alaltaan suuria ja niille on tyypillistä suuri kerroskorkeus. Hallien käyttötarkoitus asettaa lisäksi omat ehtonsa rakenteiden suunnittelulle. Rakenteita on tarkasteltu normaalin sisälämpötilan ja ilmankosteuden pohjalta. Käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset normaalia korkeammalle sisäilmankosteudelle tai poikkeukselliselle lämpötilalle on mainittu, mikäli niiden

merkitys tarkasteltavan rakenteen yksityiskohdalle on merkittävä. Tarkemmin poikkeavien sisäilmaolosuhteiden vaikutusta on tarkasteltu luvussa 3.6 Erikoistilat.

Korkeissa rakennuksissa ilmanpaine-erot kasvavat termisen paine-eron vaikutuksesta normaalia suuremmiksi. Vaikka rakennuksen sisätila olisi suunniteltu pidettäväksi alipaineisena ilmanvaihtolaitteiden avulla, sisätilojen yläosaan saattaa muodostua ylipainetta. Ulkoilmaan nähden ylipaineisissa yläosissa sisäilma pyrkii ulospäin ja alipaineisissa alaosissa ulkoilma sisään. Jos sisäilmaa pääsee virtaamaan rakenteiden läpi ulos, vie se mukanaan kosteutta sekä lämpöenergiaa ja aiheuttaa vedon tunnetta. Rakenteen läpi kulkeutuva kosteus voi aiheuttaa rakenteiden vaurioitumista tai toimivuuspuutteita. Tämä asettaa erityisvaatimuksia rakenteiden ilmatiiviydelle ja höyrynpitävyydelle.

Erittäin korkeiden tilojen ja rakennusten yhteydessä on kiinnitettävä erityistä huomiota seuraaviin seikkoihin:

- Ilma- ja vesihöyrytiivis kerros asennetaan mahdollisimman lähelle rakenteiden sisäpintaa.
- Kaikki sisäpuoliset saumat (ikkunat, ovet, elementtien väliset saumat, läpiviennit jne.) tehdään ilma- ja höyrytiiviksi.
- Valitaan sopiva lämmöneriste.
- Valitaan sopiva lämmöneristystapa, eriste on asennettava kauttaaltaan kiinni lämpimään pintaan.
- Varmistetaan lämmöneristyksen tuulensuojaus, ilmanpitäviä eristeitä käytettäessä ei tarvita erillistä tuulensuojaa.
- Tehdään tuulensuojan saumat tiiviiksi.

Hallirakennusten suuri pinta-ala vaikuttaa maata vasten olevien rakenteiden sekä yläpohja- ja vesikattorakenteiden kosteustekniseen käyttäytymiseen ja suunnitteluun. Suurialaisissa rakennuksissa maaperän lämpötila pyrkii nousemaan lämmöneristyksestä huolimatta, jolloin kosteusvirta maanvaraisessa laatussa suuntautuu maaperästä rakenteisiin. Kattojen suuri pinta-ala aiheuttaa merkittäviä muodonmuutoksia ja asettaa vaatimuksia katteen kestäväydelle. Kattojen suuri pinta-ala vaikuttaa lähinnä katemateriaalin ja vedenpoistojärjestelmän valintaan. Vesikatteen tarkastelussa on keskitytty jatkuviin yksi- tai monikerroskatteisiin.

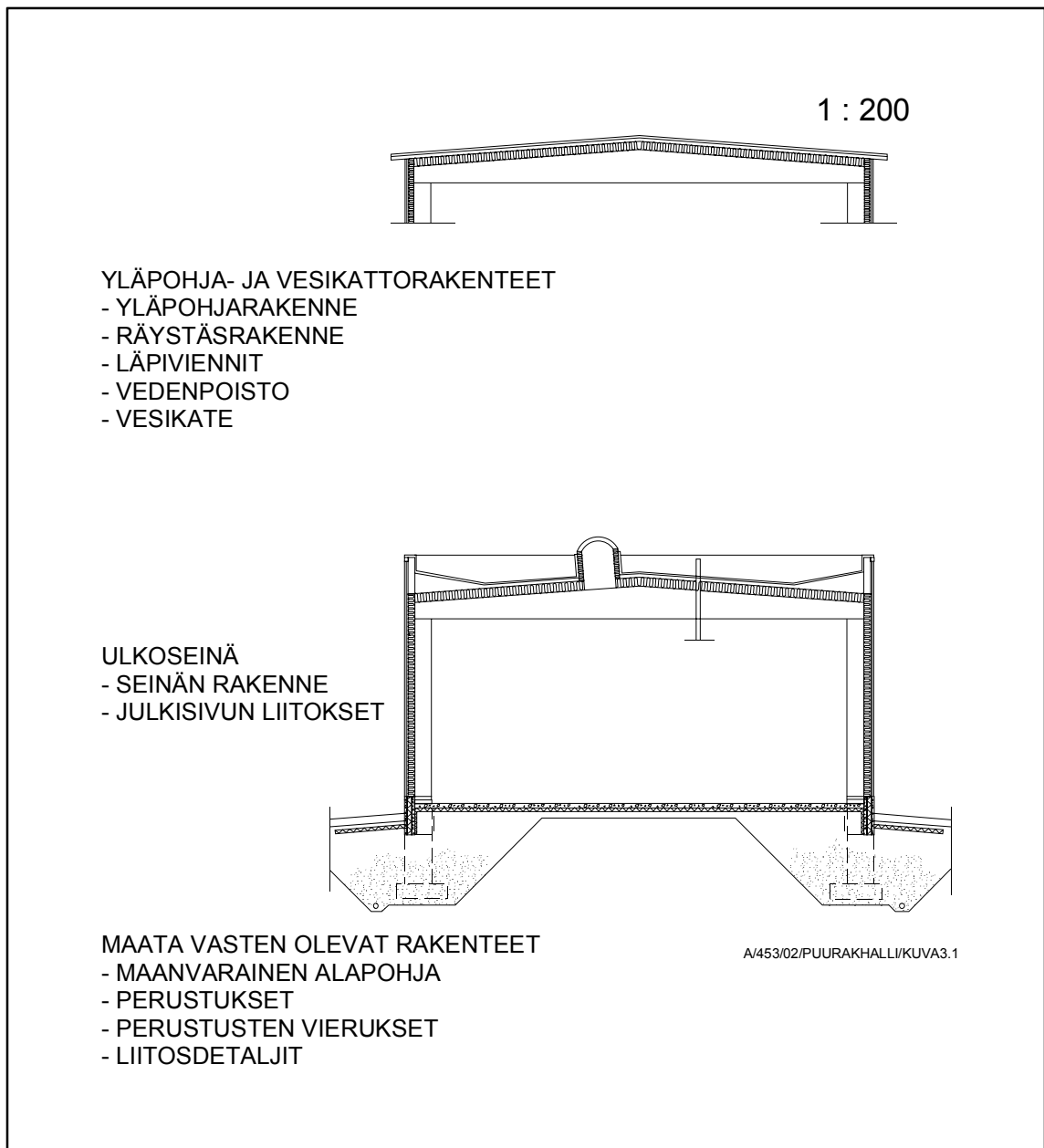
Esitetyille rakenneratkaisuille vaihtoehtoja etsittäessä on tärkeä ottaa huomioon valitun rakenteen toiminnallinen tavoite ja perusteluissa esille tulleet seikat, miksi asia on tärkeä rakennuksen oikean kosteusteknisen toiminnan kannalta. Tavoitteena on ollut löytää rakennuksen oikeaan kosteustekniseen toimintaan vaikuttavat rakenneyksityiskohdat. Niiden oikean toiminnan merkitystä on pyritty perustelemaan siten, että ammattitaitoiset suunnittelijat ja rakentajat oman kokemuksensa pohjalta löytävät hyväksyttävät ratkaisut.

Lisätietoa löytyy mm. seuraavista julkaisuista:

- RIL 107-2000 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet,
- Suomen rakentamismääräyskokoelma: C2, C3, C4
- Ympäristöministeriö. Kosteus rakentamisessa RakMK C2 opas, Rakennustieto Oy
- Matti Pentti, Tarja Hyypöläinen. Ulkoseinärakenteiden kosteustekninen suunnittelu, TTKK,



- RIL 155 Lämmön- ja kosteudeneristys
- Rakennuspohjien ja piha-alueiden maarakenne- ja kuivatusopas MaKu 2001, Rakennustieto
- RIL 183 –sarja: Rakennusmateriaalien ja rakenteiden käyttöikä
- RT-kortit



**Kuva 3.1** Leikkaus hallirakennuksen maata vasten olevista rakenteista sekä ulkoseinä- ja vesikattorakenteesta. Tässä tutkimuksessa on käsitelty kuvaan merkityt rakennusosat.

## 3.2 Maata vasten olevat rakenteet

### 3.2.1 Yleistä

Maata vasten oleviin rakenteisiin kohdistuu kosteusrasituksia sekä rakennuksen sisä-että ulkopuolelta.

Ulkopuolisia kosteuslähteitä ovat:

- Pinta-, sade- ja sulamisvedet
- Pohjavesi

Sisäpuolisia kosteuslähteitä ovat:

- Maaperän kosteus, josta voi nousta kosteutta rakenteisiin kapillaarisesti ja/tai diffuusiolla vesihöyrynä.
- Sisäilman kosteus, joka riippuu kosteustuotosta ja poistosta (ilmanvaihto).
- Rakennuskosteus
- Käyttövesi, erityisesti märkätiloissa
- Putkivuodot

Rakennuksen ja rakenteiden kosteusrasitukset ja lämpötilaolot vaihtelevat. Maata vasten oleva rakenne on aina kosketuksissa kostean maan kanssa (RH 100 %). Uudessa ja vanhassa rakenteessa kosteusolot ovat erilaiset maata vasten olevien rakenteiden alapuolisen maaperän lämpenemisen vaikutuksesta. Maaperän lämpötila on erittäin olennainen tekijä rakenteen toiminnan kannalta. Lattiapinnoitteen vesihöyryn läpäisevyydellä (tiivis/läpäisevä) on myös suuri vaikutus rakenteen toimivuuteen. Myös vuodenaajat ja sääilmiöt vaikuttavat rakenteiden kosteusoloihin.

Maanvaraisessa alapohjassa esiintyvät vauriot aiheutuvat lähes poikkeuksetta rakenteisiin eri tavalla joutuneesta ylimääräisestä kosteudesta (maaperän diffuusio ja kapillaarisuus, rakennuskosteus, putkivuodot). Maanvastaisten rakenteiden kosteustekninen toimivuus varmistetaan seuraavin keinoin:/4/

Ulkopuolinen kosteusrasitus minimoidaan siten, että veden pääsy maakerrokseen ja rakenteisiin on mahdollisimman vähäistä.

- Rakennuspaikka ja pinnan muotoilu
- Kattovesien viemärointi
- Hyvät salaojituskerrokset
- Hyvät kapillaarikatkot rakenteissa
- Toimiva salaojitus rakenteiden alapuolelle
- Ulkopuoliset vedeneristeet

Sisäpuolinen kosteusrasitus minimoidaan.

- Hyvä ilmanvaihto
- Toimiva vedeneristys märkätiloissa
- Putkivuotojen vaikutusten minimointi.

### 3.2.2 Uuden ja vanhan rakenteen eroja

Uuden ja vanhan rakenteen kosteusolojen eroja ja vaikutuksia rakenteen toimivuuteen lyhyesti ja yksinkertaistettusti.

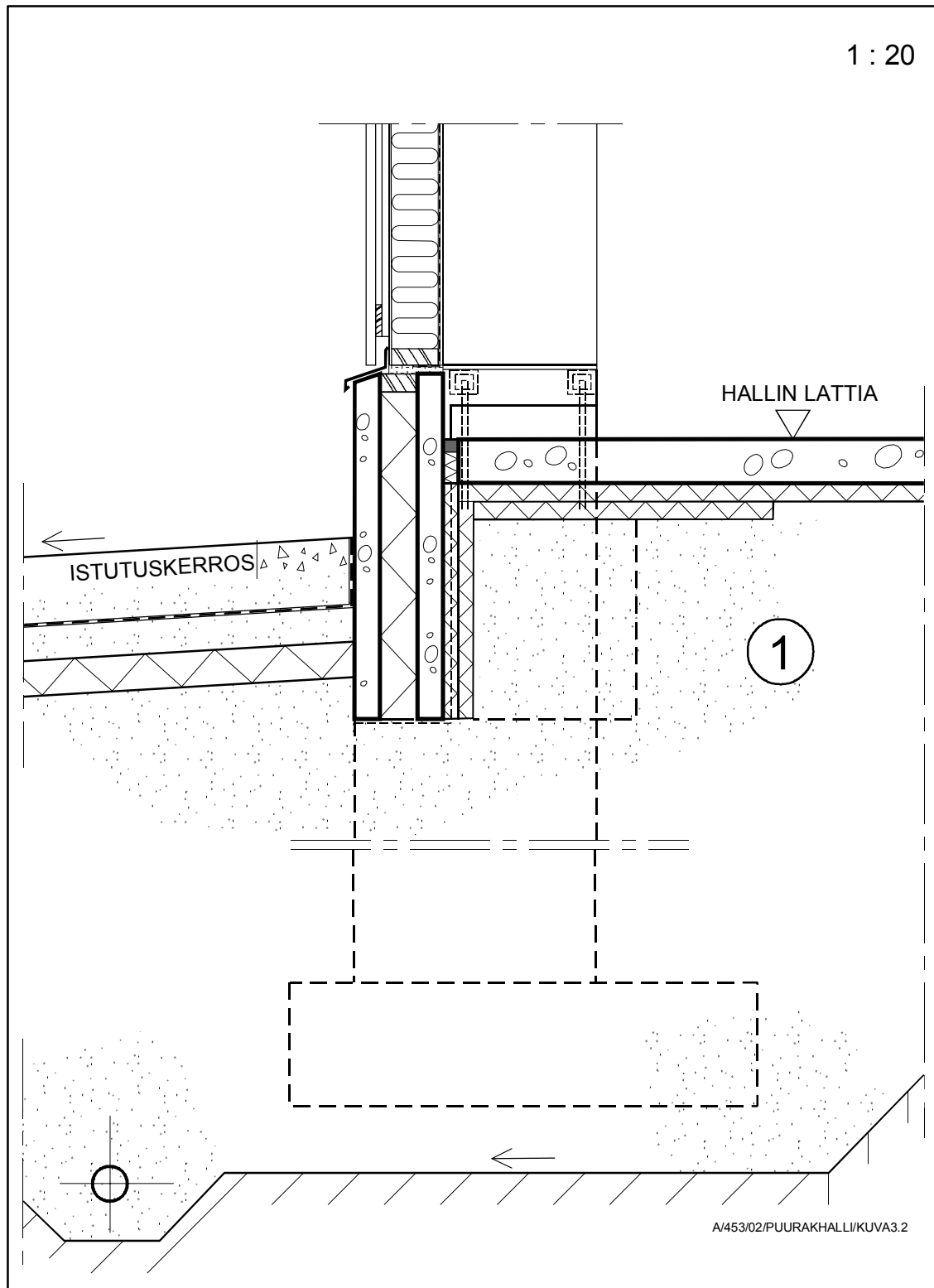
**Uusi rakenne.** Sisälämpötila on  $+20\text{ °C}$  ja rakennuksen alla maan lämpötila on alhaisempi esim.  $T_{\text{maa}} = +10\text{ °C}$ , eli maapohja on aluksi kylmempi kuin sisäilma. Maanvarainen rakenne kuivuu aluksi sekä alas- että ylöspäin.

Rakenne kuivuu ainoastaan alaspäin tiiviin lattiapäällysteen (matto, epoksointi jne.) asentamisen jälkeen. Rakenteen on oltava riittävän kuiva ennen tiiviin lattiapäällysteen asentamista. Esim. maton alle jäävä kosteus voi vaurioittaa liimaa.

**Vanha rakenne.** Maaperä on edelleen kylmempi kuin sisäilma, ( $T_s = +20\text{ °C}$ ,  $T_{\text{maa}} = +15\text{ °C}$ ). Rakennuskosteus on poistunut rakenteesta. Kosteusvirta suuntautuu maaperästä rakenteeseen (alhaalta ylöspäin), koska sisäilman kosteussisältö on pienempi. Kosteusvirran määrä on kuitenkin aluksi pieni. Mikäli lattiapäällyste on tiivis, päällysteen alapinnassa suhteellinen kosteus nousee. Rakenne kuitenkin toimii, vaikka lattiassa olisi tiivis sisäpinta, kun maaperän lämpötila on alhaisempi kuin sisälämpötila.

Maapohja lämpiää ajan kuluessa sisälämpötilan kanssa samalle tasolle. ( $T_s = +20\text{ °C}$ ,  $T_{\text{maa}} = +20\text{ °C}$ ). Maapohjan lämpeneminen sisälämpötilan kanssa samalle tasolle on lämmöneristeistä huolimatta mahdollista suurialaisissa alapohjissa. Lämmöneristys hidastaa, mutta ei estä maan lämpenemistä. Kosteusvirta suuntautuu maaperästä ylöspäin. Esim. vesivahinkotapauksessa ja korjauksissa rakennuskosteus ei voi kuivua alaspäin, koska maaperän suhteellinen kosteus on 100 %. Rakenne toimii, kun lattiapäällyste on vesihöyryä läpäisevää. Tiiviin lattiapäällysteen alapinnassa kosteuspitoisuus nousee lähes samalle tasolle kuin maaperässä. Kondenssi tai yksittäisen rakennusosan kriittisen kosteuspitoisuuden ylittyminen on mahdollista, jos lattiapinnan lämpötila on pienempi kuin maaperän lämpötila.

Vanhassa rakenteessa tilanne on erilainen maanvaraisen lattian reuna-alueilla kuin keskellä. Reuna-alueella maaperän lämpötila seuraa ulkolämpötilaa, mutta suurilla runkosyvyyksillä lattian keskialueella tapahtuu maaperän pysyvää lämpenemistä. Kosteusolot ja niiden vaikutukset rakenteen toimintaan vaihtelevat myös eri vuodenaikojen mukaan sisäilman suhteellisen kosteuden vaihdellessa.



**Kuva 3.2** Maata vasten olevat rakenteet pilarien välissä sokkelin kohdalla.

### 3.2.3 Maanvarainen alapohja

#### 1 Maanvaraisen laatan alustäyttö (kapillaarikatkokerros)

##### *Toiminnallinen tavoite*

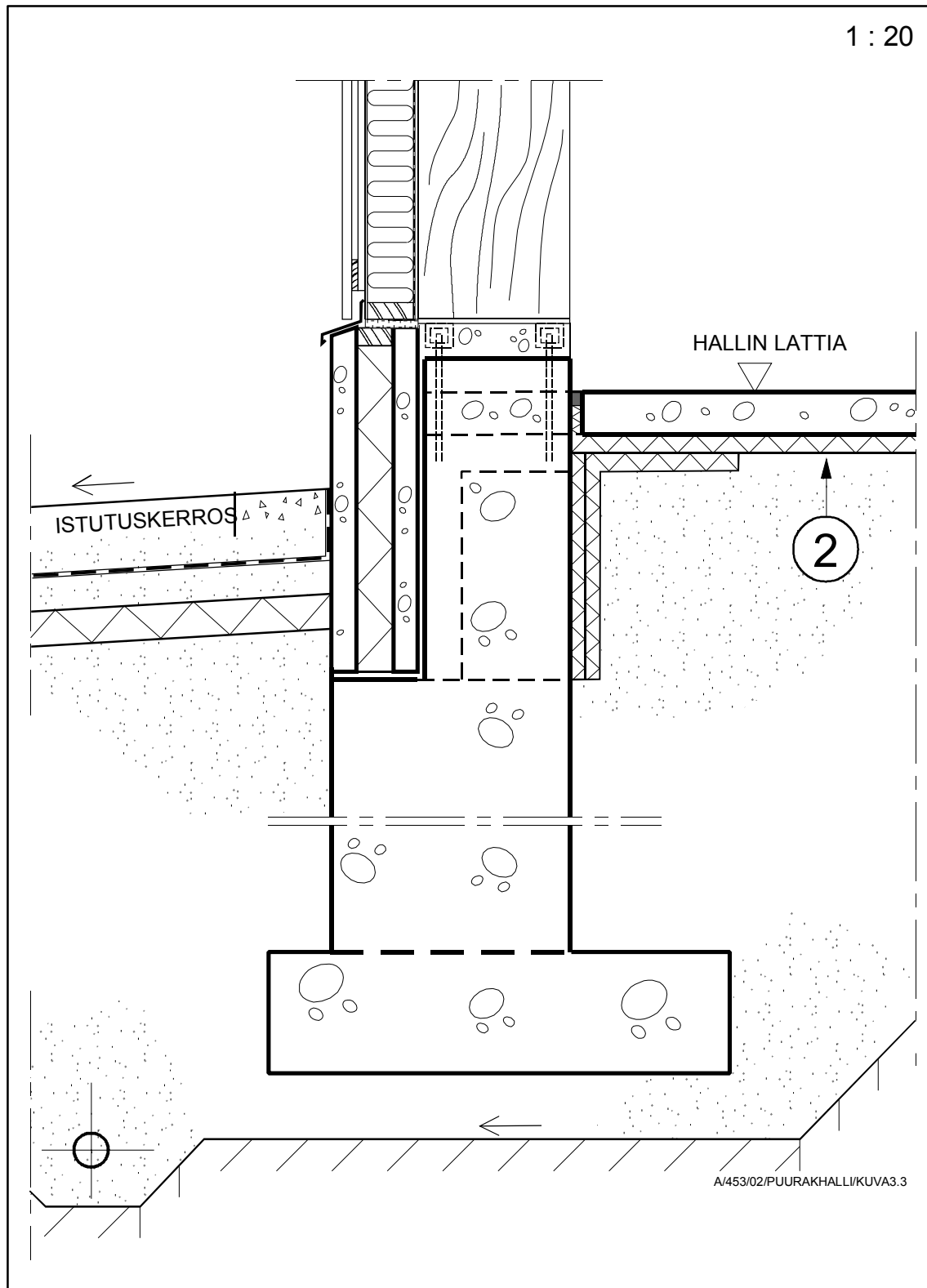
- Katkaisee kapillaarisen veden nousun maasta rakenteeseen.
- Johtaa rakennuksen alle täyttökerrokseen kulkeutuvat vedet salaojiin.
- Estää vaakasuoran kapillaarivirtauksen.

##### *Keinot*

- Maanvaraisen lattiarakenteen alle kapillaarikatkokerros riittävän karkearakeisesta materiaalista ohjeen mukaan (esim. RakMK C2, RIL 107), kerroksen paksuus väh. 200 mm.
- Koko alapohjassa perusmaa kallistetaan salaojaputkea kohti. Mikäli perusmaa on savea tai silttiä, salaojituskerroksen alle asennetaan suodatinkangas. Perusmaahan ei saa jäädä vettä kerääviä syvänteitä (esim. kalliopohjaan tarvittaessa louhinta tai betonointi).

##### *Perustelu*

- Muutamana metrin syvyydessä on aina kapillaarista vettä (esim. pohjavesi)
- Sorakerros kapillaarikatkona estää maaperän kosteuden nousemisen kapillaarisesti alapohjarakenteisiin ja johtaa kerrokseen tulleet vedet salaojiin.
- Huom! Oikein tehdyissä täyttökerroksissa ei tapahdu veden kapillaarista siirtymistä, mutta kaikista toimenpiteistä huolimatta laatan alustäytön suhteellinen kosteus on lähes aina 100 %.



**Kuva 3.3**

*Maata vasten olevat rakenteet pilarin ja sokkelin kohdalla*

## 2 Laatan lämmöneristys

### *Toiminnallinen tavoite*

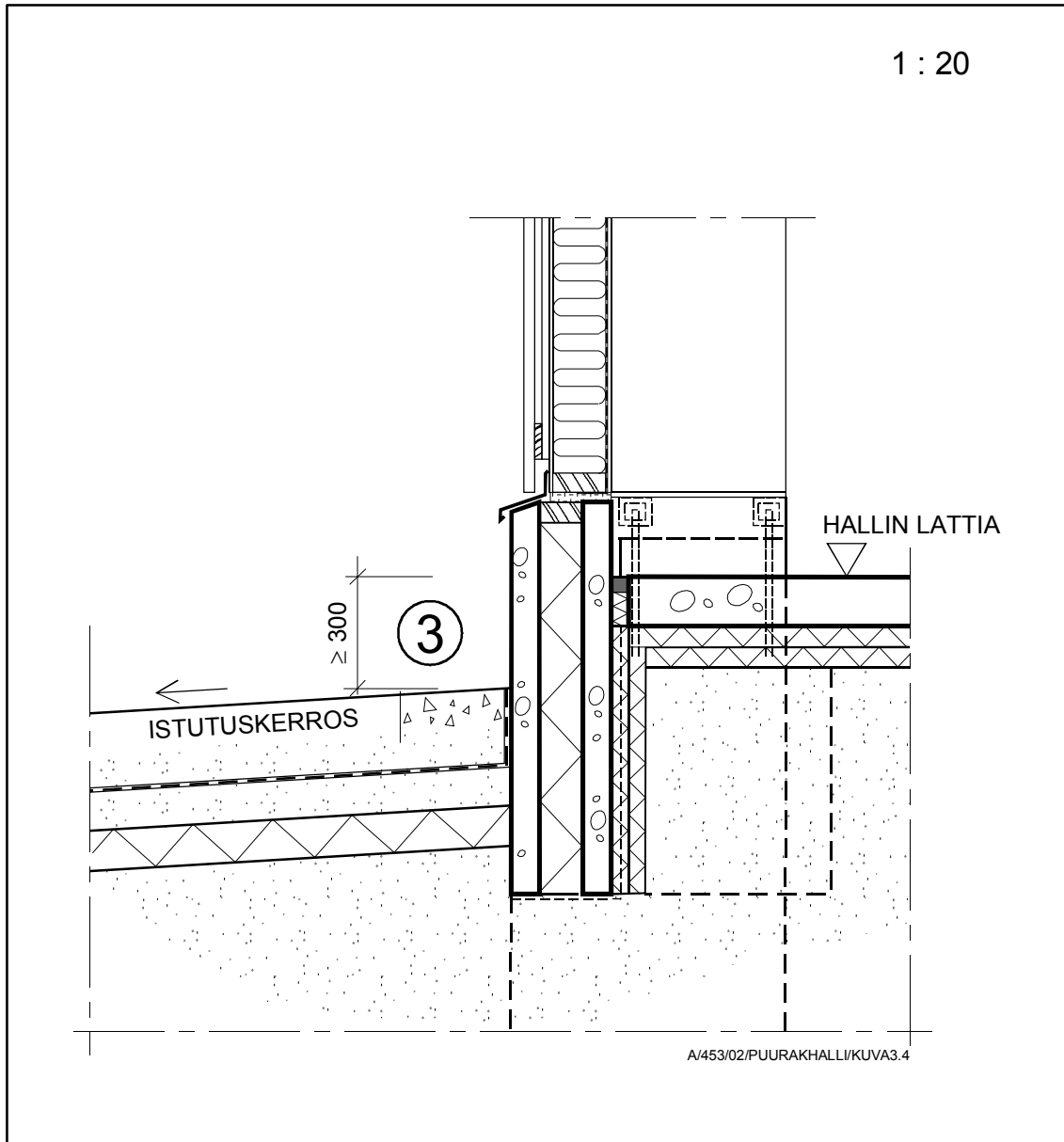
- Vähentää lämpövirtaa alapohjan kautta.
- Vähentää maaperästä diffuusiolla ylöspäin nousevaa kosteutta (toimii vesihöyrynvastuksena)
- Toimii osaltaan myös kapillaarikatkona.

### *Keinot*

- Maanvarainen laatta lämmöneristetään laatan alapuolisella kosteutta kestäväällä eristeellä koko laatan alueella.
- Mikäli laattaan on tehty vahvennuksia kantavien linjojen kohdalle, ei niiden kohdalla yleensä käytetä lämmöneristystä. Tällöin on huolehdittava siitä, että kapillaarisuuden katkaiseva sorakerros on riittävän paksu.
- Suurilla runkosyvyyksillä on kiinnitettävä erityistä huomiota maan lämpenemisestä johtuvan diffuusion mahdollisuuteen lattianpäällysteitä ja pinnoitteita valittaessa (ei tiivistä pinnoitetta).
- Lämmöneristysmateriaali valitaan kuormituksen mukaan.
- Huom! Maanvaraisen laatan tai lämmöneristyksen alle ei saa asentaa muovikalvoa höyrynsulkuksi.

### *Perustelu*

- Lämmöneristys hidastaa rakennuksen alapuolisen maan lämpenemistä ja vähentää lämpenemisestä johtuvaa ylöspäin suuntautuvaa kosteuden kulkua.
- Pienillä runkosyvyyksillä maaperä jäähtyy hieman talvella, joten diffuusiovaara pienenee. Suurilla runkosyvyyksillä maaperä ei ehdi jäähtyä talvella. Rakenne kuitenkin toimii, jos lattiapäällyste on vesihöyryä läpäisevä.
- Laatan ja lämmöneristeen alle asennettava höyrynsulku estäisi diffuusion maaperästä rakenteisiin, mutta myös uuden rakenteen rakennuskosteuden ja rakenteiden kuivumisen alaspäin (esim. putkivuodon jälkeen). Muovin yläpintaan voisi tiivistyä kosteutta. (Vrt. Alapohjan toiminnallinen kuvaus luvut 3.2.1 ja 3.2.2)



**Kuva 3.4** Maanvaraisen laatan korkeusasema maanpintaan nähden



### 3 Laatan korkeusasema maanpintaan nähden

#### *Toiminnallinen tavoite*

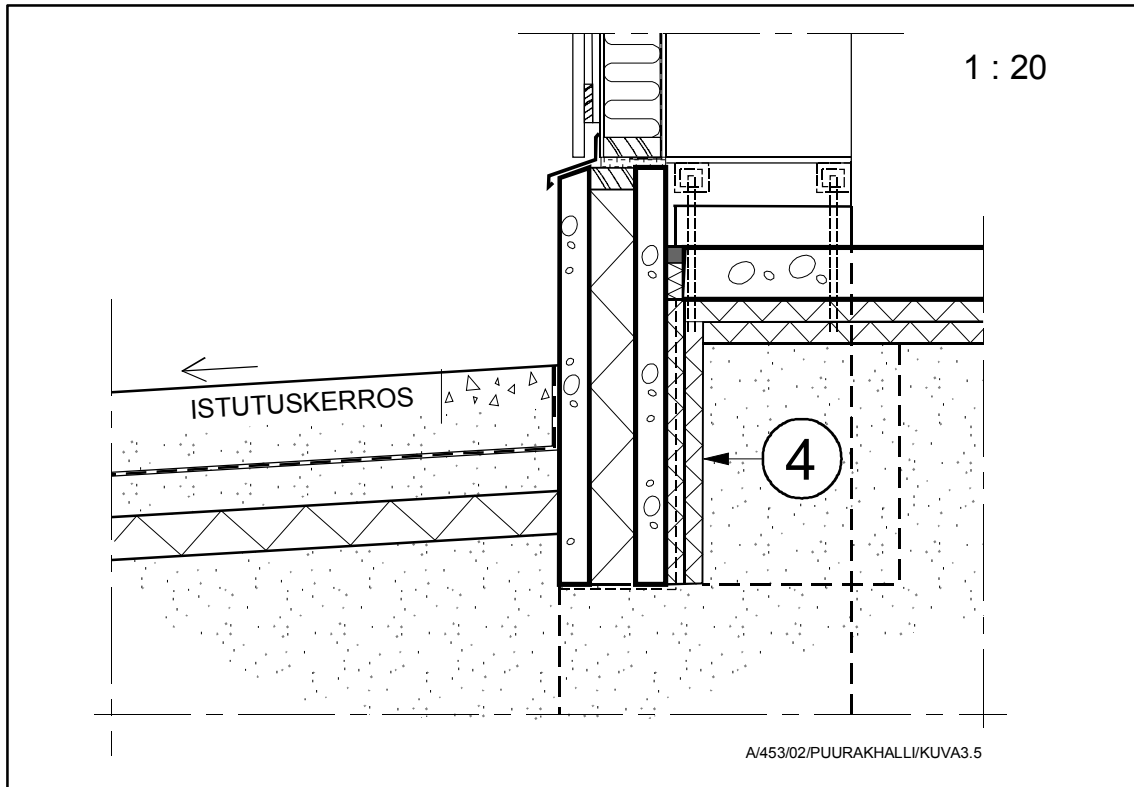
- Estetään sade- ja sulamisvesien painovoimainen tunkeutuminen lattia- ja seinärakenteisiin.

#### *Keinot*

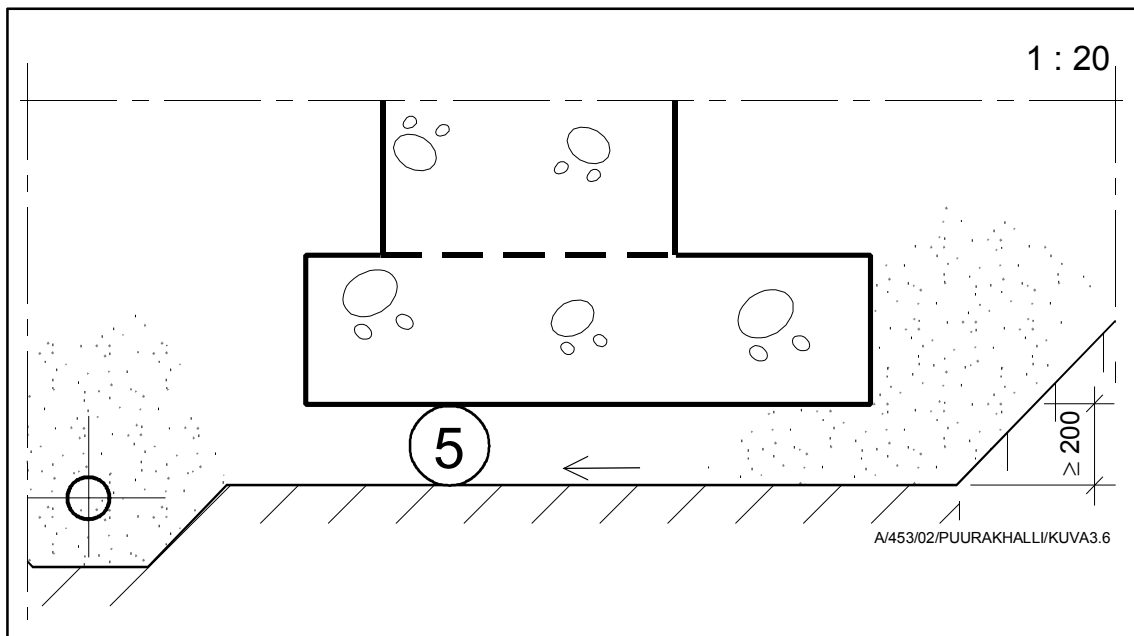
- Maanvaraisen lattian on oltava vähintään 300 mm rakennusta ympäröivän maanpinnan yläpuolella.
- Tästä voidaan erityisestä syystä poiketa vähäisessä määrin (RakMK C2).

#### *Perustelu*

- Maanvaraisen lattian riittävä korkeus vähentää sade- ja sulamisvesien aiheuttamien kosteusvaurioiden riskiä. Kertyneen lumen ja jään sulaminen lämpötilan noustessa voi aiheuttaa paineellisen veden virtausta perustuksiin ja edelleen sisälle lattiarakenteisiin.
- Rakennuksen toiminnasta johtuen voi olla mahdoton toteuttaa vaadittua korkeuseroa rakennusta ympäröivän maan ja lattian välillä. Tällöin on perustusten kuivatuksen ohella huolehdittava sokkelin suojaamisesta ulkopuoliselta kosteudelta mm. pintavesien tehokkaalla poisjohtamisella.
- Mikäli maanvaraisen lattian korkeusasema rakennusta ympäröivään maahan nähden on alle suositellun, olisi puurakenteet aloitettava ylempää: suurempi sokkelikorkeus ja mahdolliset väliseinien alaosat kivirakenteisina.
- Puurakenteiden tulee aina olla maanvaraisen betonilaatan yläpuolella, ne on erotettava betonirakenteesta kosteuden nousun katkaisevalla kerroksella.



**Kuva 3.5** Sokkelin sisäpuolinen lämmöneristys.



**Kuva 3.6** Perustusten alapuolinen täyttökerros.

### 3.2.4 Perustukset

#### 4 Sokkelin sisäpuolinen lämmöneristys

##### *Toiminnallinen tavoite*

- Kylmäsiltojen katkaisu ulos ja kylmään maaperään

##### *Keinot*

- Lämmöneristys asennetaan maata vasten myös sokkelin sisäpuolelle.

##### *Perustelu*

- Lämmöneristys katkaisee kylmäsilan ja vähentää kosteus- ja lämpövirtoja rakenteen kautta.
- Vähentää kapillaarisen imun ja diffuusion mahdollisuutta.

#### 5 Perustusten alapuolinen täyttökerros

##### *Toiminnallinen tavoite*

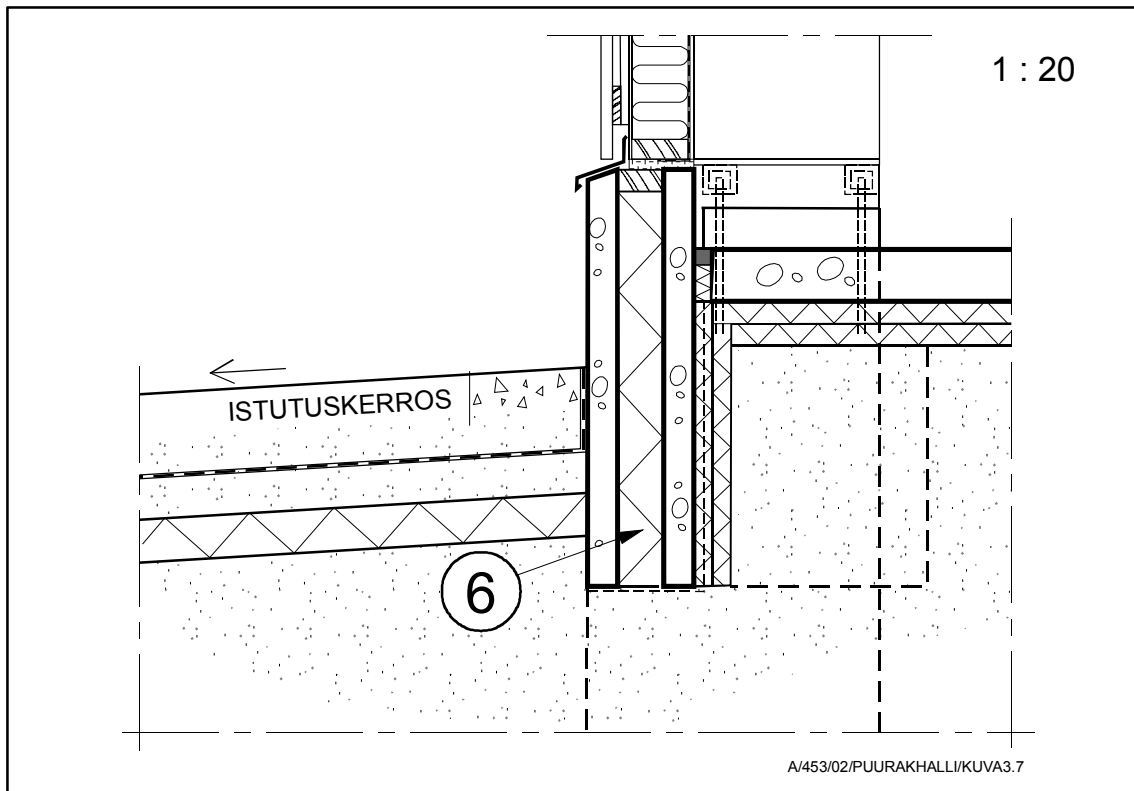
- Kapillaarinen veden nousu perusmaasta rakenteeseen estettävä
- Perustusten ja lattian alle mahdollisesti kertyvän veden poisjohtaminen edelleen salaojiin.

##### *Keinot*

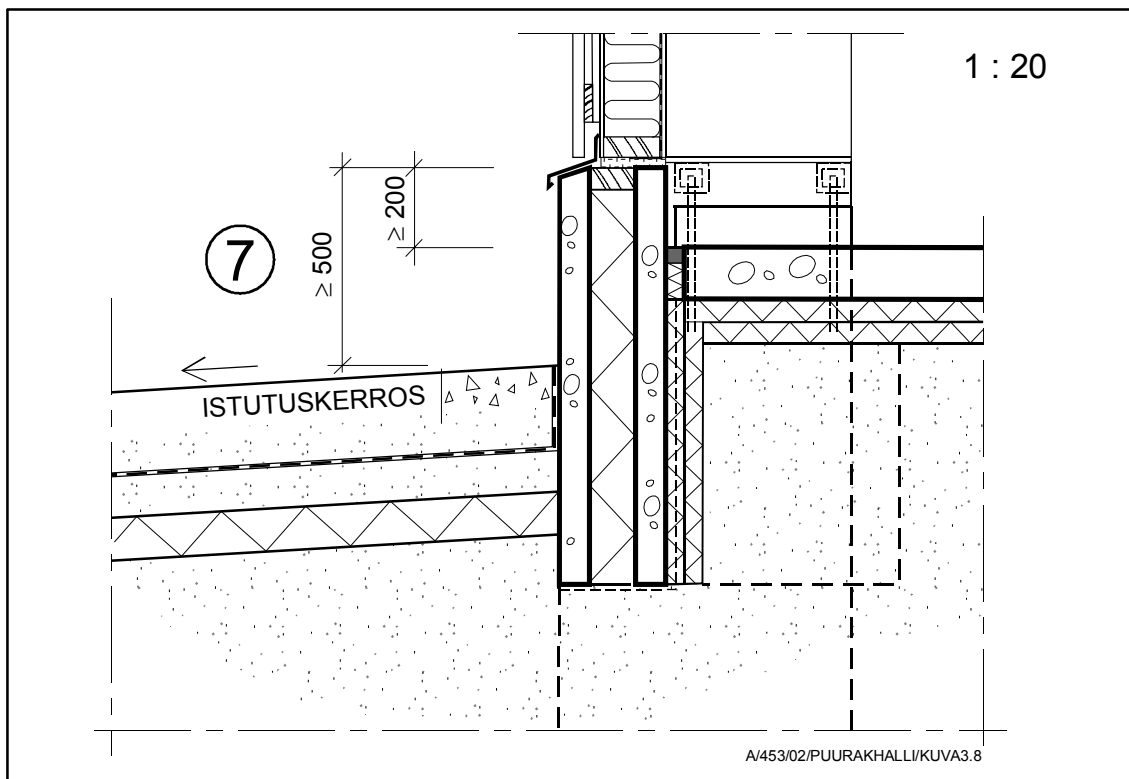
- Perustusten alle asennetaan salaojituskerros ohjeiden mukaisella materiaalilla (esim. RIL 107). Kerroksen paksuus on vähintään 200 mm.

##### *Perustelu*

- Maanvaraisen laatan alle mahdollisesti joutuva vesi pääsee valumaan perustusten alapuolisen täyttökerroksen kautta salaojiin.
- Salaojituskerroksen alapuolinen perusmaa tulee olla kallistettu ohjeiden mukaan, jotta maanvaraisen lattian alle ei jää vettä kerääviä syvennyksiä.



**Kuva 3.7** Sokkelipalkin lämmöneristys ja eristetilaan mahdollisesti päässeeseen veden poisjohtaminen.



**Kuva 3.8** Riittävällä sokkelikorkeudella vähennetään sokkeliin kohdistuvia kosteusrasituksia, joita voivat aiheuttaa mm. pinta- ja roiskevedet sekä lumen sulamisvedet.

## 6 Sokkelin lämmöneristys

### *Toiminnallinen tavoite*

- Kylmäsiltojen ehkäiseminen.
- Sokkelin lämmöneristys on osa vaipan (seinät ja katto) lämmöneristystä.

### *Keinot*

- Sokkelissa on käytettävä vettä imemätöntä eristettä. Sokkelin eristetilaan mahdollisesti kertyvien vuotovesien poistuminen on varmistettava.
- Sokkelipalkkien välisiin saumoihin asennetaan bitumieristyskaista maanpinnan alle jääviin kohtiin.

### *Perustelu*

- Sokkelin lämmöneristykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Mikäli sokkelin eristys on huono, kondenssivaara kasvaa.
- Sokkelin eristyskyky säilyy käytettäessä vettä imemätöntä eristettä.
- Sokkelin eristetilaan kertyvien vuotovesien poistuminen varmistetaan esim. asentamalla vedenpoistoputket eristetilan alaosaan tai sokkelin alapää on auki.
- Sokkelin ulottuminen tarpeeksi syvälle ehkäisee ulkopuolisten vajojesien kulkeutumista lattian alle.

## 3.2.5 Perustusten vierukset

## 7 Sokkelikorkeus

### *Toiminnallinen tavoite*

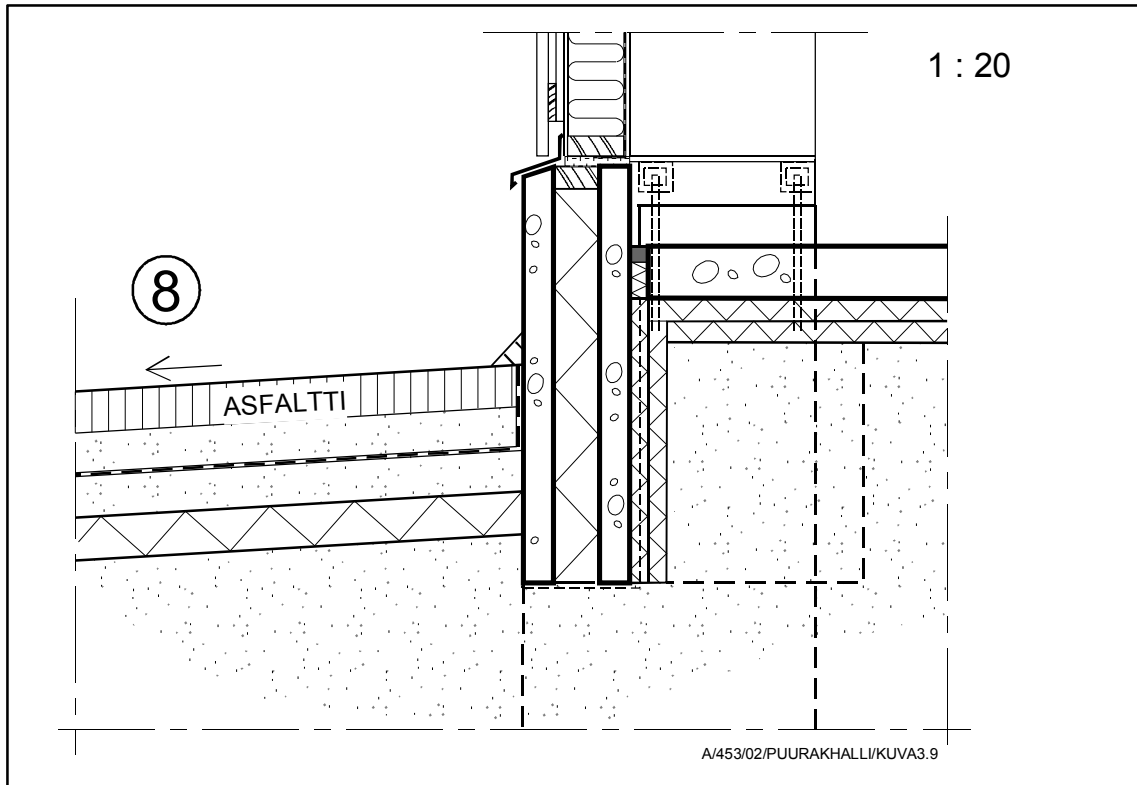
- Pinta- ja roiskevesien aiheuttamien vaurioiden vähentäminen julkisivumateriaaleille ja seinärakenteelle.

### *Keinot*

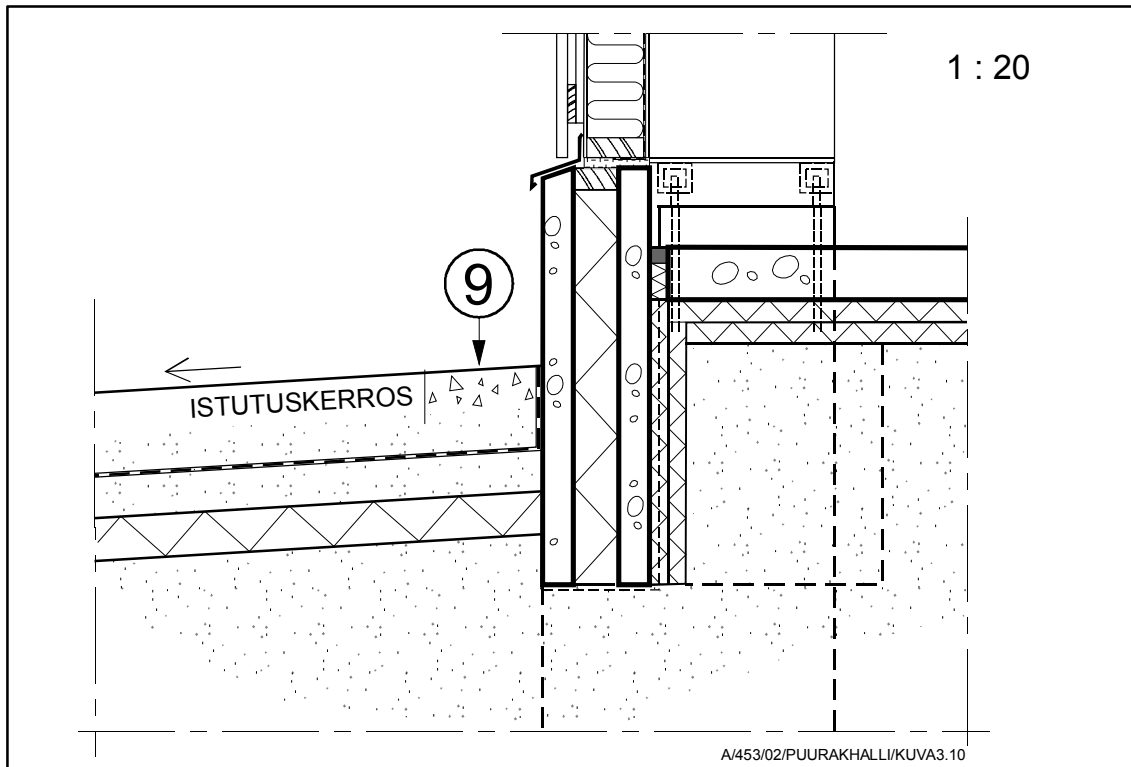
- Sokkelin yläreunan korkeusaseman tulee määräysten mukaan olla maanpinnan yläpuolella vähintään 300 mm. Suositeltavaa on käyttää suurempaa sokkelikorkeutta ( $\geq 500$  mm)
- Vaatimukset iskunkestävyydelle voivat edellyttää vielä korkeampaa sokkelikorkeutta tai muuta rakenteellista suojausta.

### *Perustelu*

- Sokkelikorkeuden ollessa vähintään 300 mm roiskevesien pääsy seinärakenteisiin vähenee ja niiden aiheuttamien kosteusongelmien todennäköisyys pienenee.
- Mikäli julkisivu on arka kosteudelle tai seinien kolhiintumisvaara on suuri, suurempi sokkelikorkeus olisi suositeltava.



**Kuva 3.9** Maanpinnan kallistus rakennuksen ympärillä.



**Kuva 3.10** Sokkelin kosteusrasitusta ja likaantumista voidaan vähentää vettä helposti läpäisevällä materiaalilla.

## 8 Maanpinnan kallistus

### *Toiminnallinen tavoite*

- Pintavesien aiheuttamien haittojen vähentäminen
- Johdetaan pintavedet pois rakennuksen ympäriltä.

### *Keinot*

- Rakennuksen vierellä maanpinta kallistetaan 3 metrin matkalla, vähintään 1:20 jolloin korkeuseroksi tulee 0,15 m (RakMK C2 ohje). Suurempi kallistus on suositeltava.

### *Perustelu*

- Hyvin tiivistettynä kallistus estää sade- ja valumavesien pääsyä perustuksiin. Pintavedet johdetaan kallistusten avulla sadevesikaivoihin.
- Rakennuksen vierustäytössä on käytettävä routimatonta maainesta, jotta kallistukset säilyvät riittävinä ja oikeasuuntaisina.
- Maanpinnan materiaali vaikuttaa pintavesien imeytymiseen/poisjohtumiseen (esim. sorastus/ asfaltti)

## 9 Sokkelin vierustäyttö

### *Toiminnallinen tavoite*

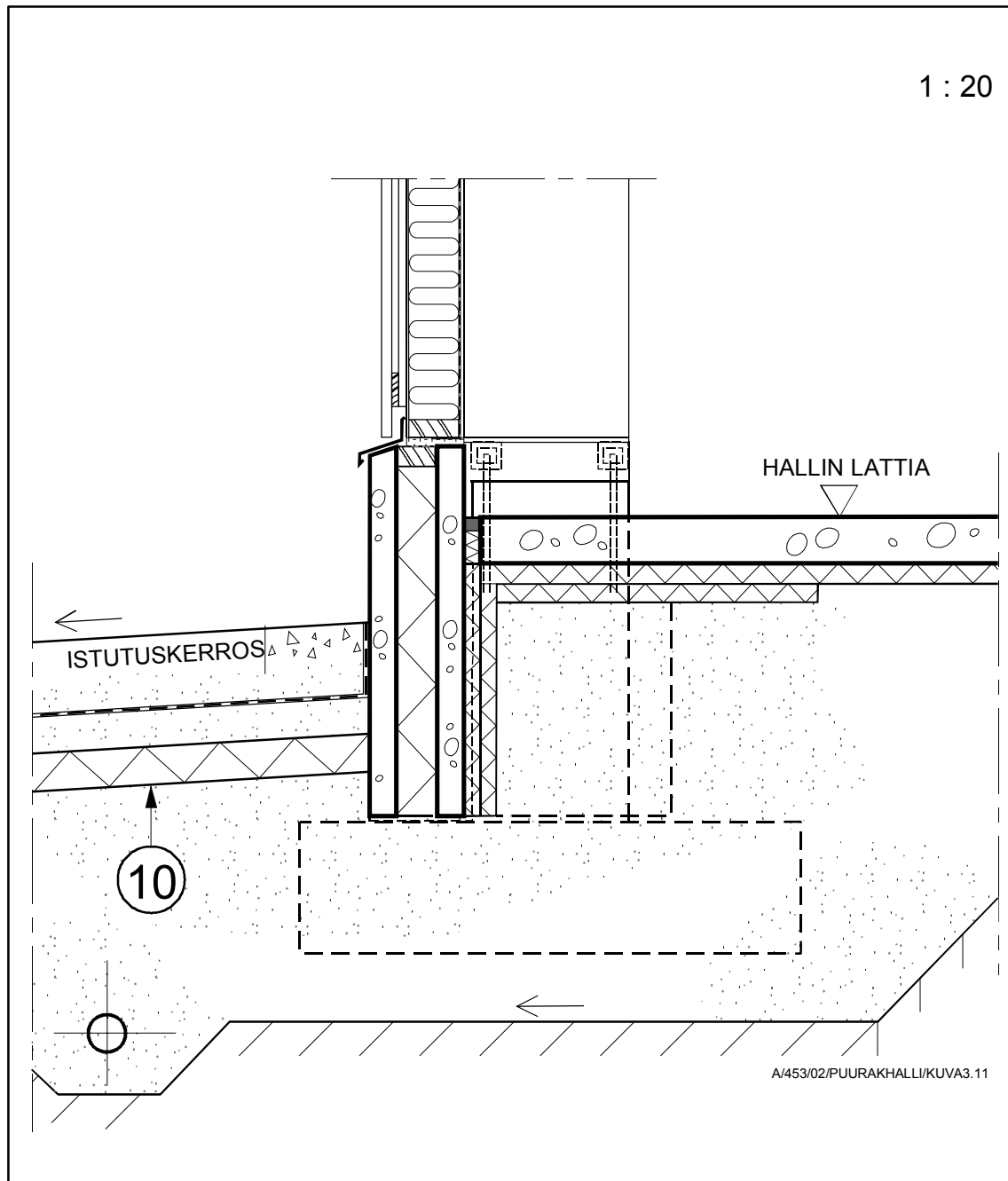
- Sokkelin alaosan ja julkisivurakenteen alaosan kosteusrasitusten ja likaantumisen vähentäminen

### *Keinot*

- Vettä helposti läpäisevää materiaalia (esim. sepeliä tai mukulakiviä) 300-500 mm leveä kaista rakennuksen ulkoseinän viereen.

### *Perustelu*

- Vettä hyvin pidättävä maa-aines rakennuksen vieressä lisää sokkelin kosteusrasitusta. Mahdollinen roiskevesi lisää seinän likaantumista.
- Vesi ei saa jäädä perustusten viereen, veden kulkeutuminen kauemmas rakennuksesta on varmistettava. kts. kohdat (10) ja (11).
- Hallirakennusten yhteydessä piha asfaltoidaan usein sokkelin viereen. Tämä ei aiheuta ongelmia, mikäli pihan maakerrokset on suunniteltu ja toteutettu siten ettei roudan vaikutuksesta maanpinta kallistu kohti rakennusta (sulamis- ja valumavedet).



**Kuva 3.11** Perustusten ulkopuolinen routaeristys.



10

## Routaeristys

### *Toiminnallinen tavoite*

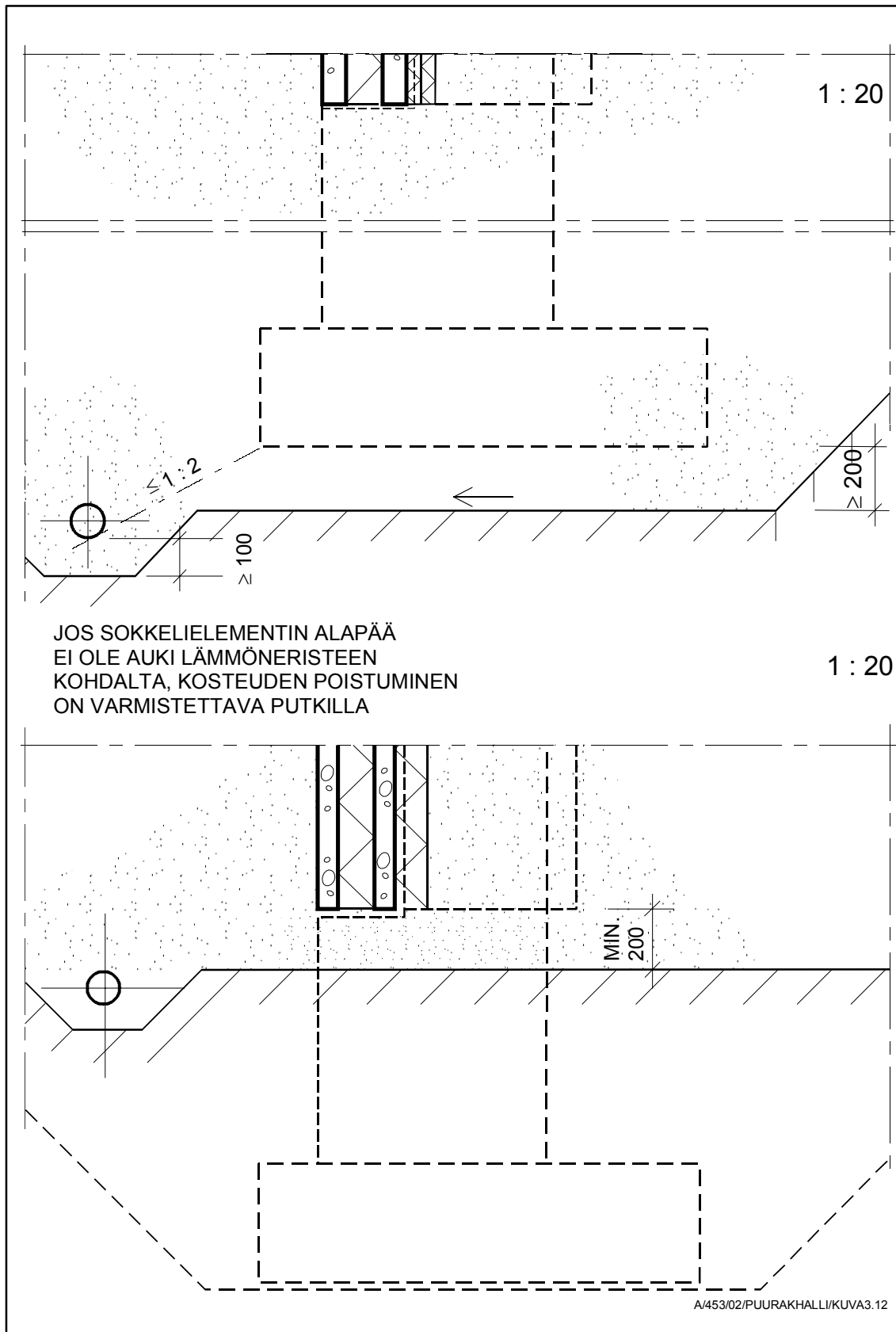
- Perustuksen routimisen estäminen.
- Lattian reuna-alueen lämpötilan nostaminen.
- Salaojan suojaaminen jäätymiseltä.

### *Keinot*

- Perustusten vierelle asennetaan routaeristys, eristyksen päälle vähintään 50 mm hiekkakerros ja hiekkakerroksen päälle 0,2 mm:n paksuinen muovikalvo, sora ja maan pintarakenteet. Eristys, hiekkakerrokset, muovikalvo ja pintarakenteet kallistetaan seinästä poispäin.
- Routaeristeen päällä oltava riittävän kantava/korkea maakerros. Routaeriste valitaan kuormituksen mukaan, huomioitava esim. kuorma-autoliikenne rakennuksen vierellä.

### *Perustelu*

- Muovikalvo estää vajovesien pääsyn eristeeseen ja eristeen kastumisen, mikä voi heikentää eristyskykyä. Välissä oleva hiekkakerros mahdollistaa eristeen päälle joutuneen veden poistumisen.
- Käytettäessä kevytsoraa routaeristeenä eristeen läpi menevä vesi ei heikennä sen eristyskykyä. Suodatinkankaan käyttö kevytsoran yhteydessä estää sen sekoittumisen ylä- ja alapuolisiin maa-aineksiin.
- Kaikilla maalajeilla ei välttämättä tarvita routaeristystä. Mikäli routaeristys jätetään pois on erityistä huomiota kiinnitettävä perustuksia ympäröivään maa-ainekseen. Se ei saa olla routivaa (ei saa sisältää hienoainesta).
- Lisätietoja mm. Suomen geotekninen yhdistys: Routaeristysten mitoitusohje.



**Kuva 3.12** Salaojaputken vaihtoehtoinen sijoittelu joko kokonaan perustusten alapuolelle tai sokkelipalkin alareunan alapuolelle.

11

## Salaojitus

Salaojitus on kokonaisuus, joka koostuu salaojaputkistosta ja maakerroksista. Maakerrokset johtavat vajovedet salaojaputkistoon. Perustusten vierus- ja alustäyttöjen maakerroksille on asetettu vaatimuksia, mm. ne eivät saa sisältää eloperäistä ainetta.

### *Toiminnallinen tavoite*

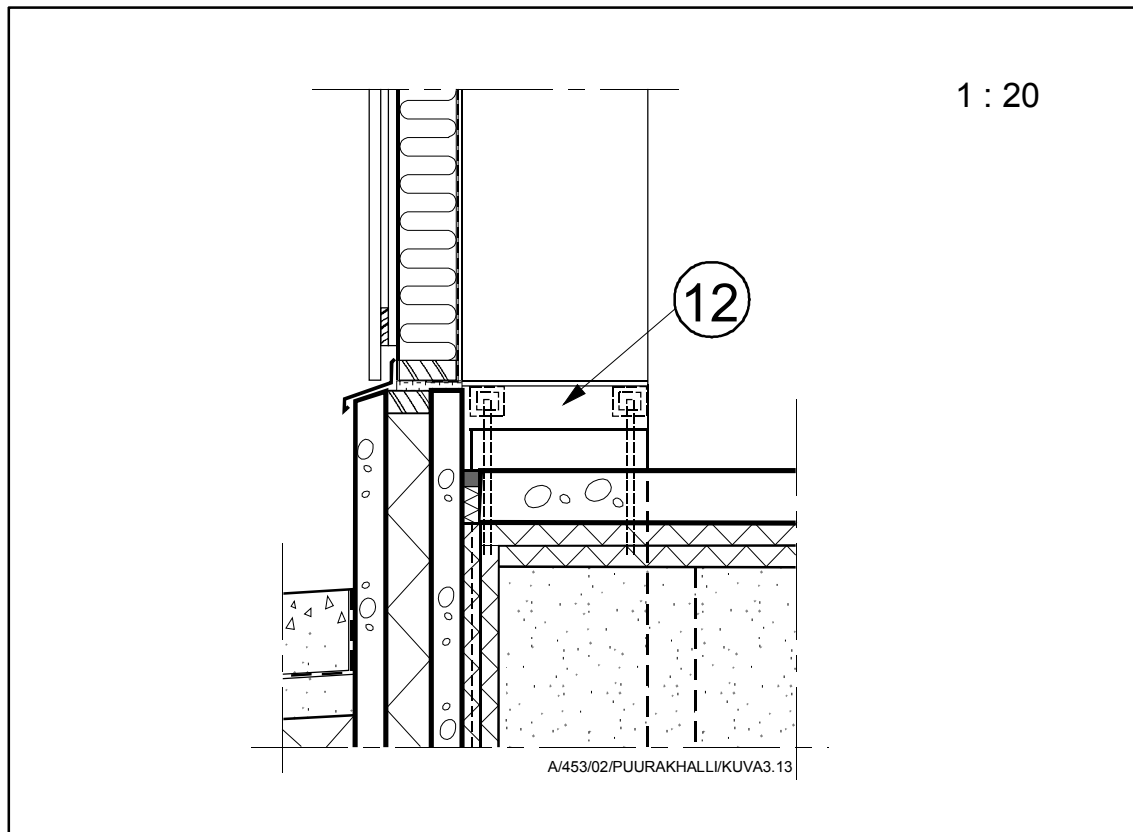
- Veden johtaminen pois perustusten läheisyydestä.
- Ehkäisee pohja- ja vajovesien pääsyn perustuksiin
- Estää vaakasuoran kapillaarivirtauksen.

### *Keinot*

- Salaojaputki asennetaan kauttaaltaan perustusten alapuolelle.
- Salaojaputken perustusten alapuolisen syvyyden suhde salaojan etäisyyteen perustuksista tulee olla vähintään 1:2, jolloin perustukset eivät kuormita salaojaputkea.
- Salaojituserroksen paksuus salaojaputken alla ja vieressä on vähintään 100 mm, salaojan yläpuolella vähintään 200 mm. Salaojan tulee viettää riittävästi kaivoon päin, kaltevuuden tulee olla vähintään 1:200, suositus 1:100.
- Suunnittelussa on otettava huomioon salaojien puhdistustarve ja tarkastusmahdollisuus.
- Pinta- ja kattovesiä ei saa johtaa salaojaverkostoon, vaan ne on viemäritävä erilliseen järjestelmään.

### *Perustelu*

- Salaojaputken ollessa perustusten alapuolella vähenee mahdollisuus veden kapillaariseen nousuun perustuksiin.
- Mikäli salaojaputkia ei voida asentaa kauttaaltaan perustusten alapuolelle (esim. syväälle menevä pilariperustus), voi perustusten alaosa olla pitkäaikaisesti märkä ja vesi nousee kapillaarisesti perustuksia ylöspäin ensimmäiseen kapillaarikatkoon asti. Ylempää rakenteita suunniteltaessa on tällöin otettava huomioon, että perustukset ovat kosteita.



**Kuva 3.13** *Peruspilarin ja pilarin välinen liitos*

### 3.2.6 Liitosdetaljit

12

#### Peruspilarin ja pilarin välinen liitos

##### *Toiminnallinen tavoite*

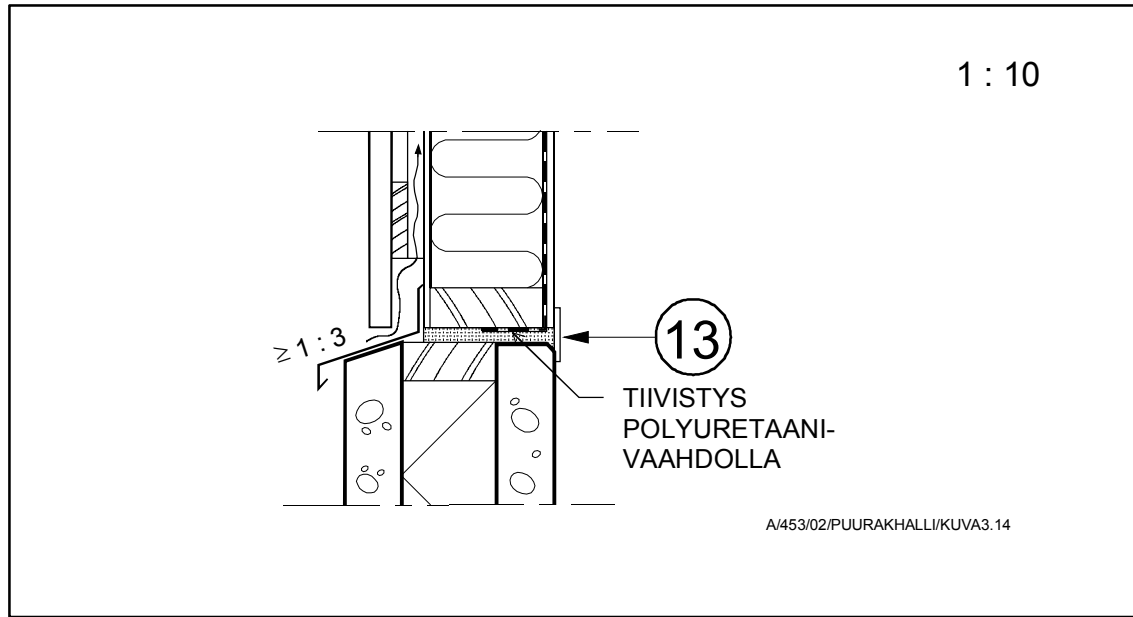
- Kapillaarinen veden nousu estettävä

##### *Keinot*

- Pilarin alapään ja peruspilarin väliin asennetaan kapillaarisen nousun katkaiseva kerros.
- Jos hallissa käsitellään vettä esim. teollisuusprosessissa tarvitaan tehokas katko peruspilarin ja pilarin väliin. Pilarin kokoinen teräskenkä on suositeltava ratkaisu.
- Peruspilarin ja pilarin välisen liitoskohdan on oltava lattiapintaa ylempänä.

##### *Perustelu*

- Peruspilarissa oleva kosteus nousee ilman kapillaarikatkoa pilariin.
- Puurakenteet eivät saa olla suorassa kosketuksessa betonirakenteisiin.
- Mikäli hallissa käsitellään vettä esim. lattian puhdistuksen yhteydessä, pilarin alapää on alttiimpi veden aiheuttamille vaurioille, ellei se ole lattiapintaa ylempänä (väh. 50-100 mm).



**Kuva 3.14**

*Ulkoseinän ja sokkelin välinen liitos, elementtirakenteinen seinä*

## Ulkoseinän ja sokkelin välinen liitos

### *Toiminnallinen tavoite*

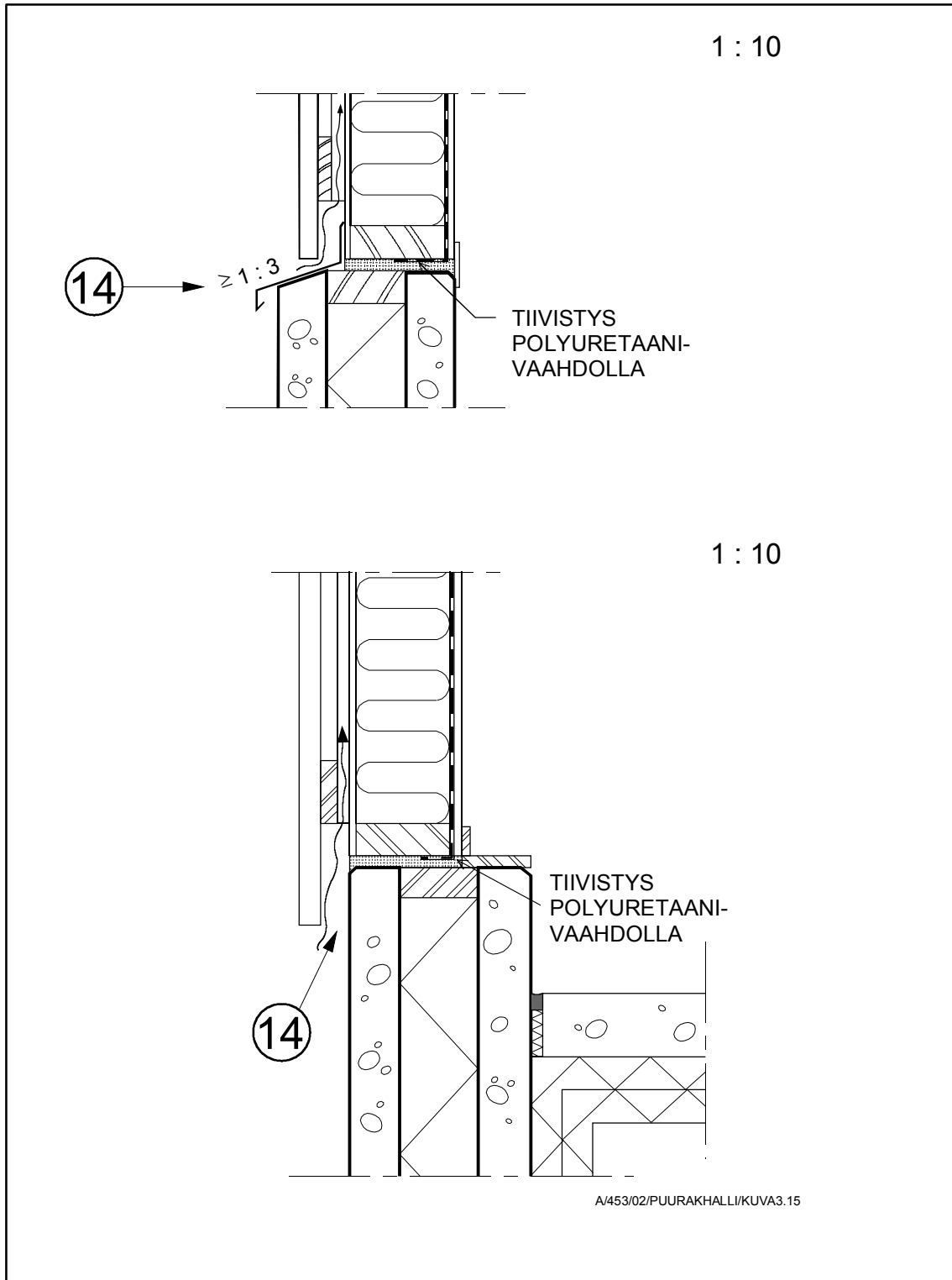
- Lämmöneristyksen yhtenäisyys liitoksessa ja kylmäsiltojen välttäminen.
- Kapillaarisen veden nousun estäminen.

### *Keinot*

- Puurakenteisen ulkoseinän ja sokkelin liitoskohdassa höyrynsulku asennetaan ilmatiiviisti.
- Kapillaarisen nousun katkaiseva kerros ei saa johtaa vettä rakenteen sisään.

### *Perustelu*

- Esim. bitumikermi estää veden kapillaarisen nousun sokkelista seinärakenteeseen, mutta ei ole täysin ilmatiivis vaakasuuntaan alustan epätasaisuuden vuoksi.
- Esim. ilmatiiviisti asennettu solumuovikaista estää kapillaarisen nousun sokkelista seinärakenteeseen sekä ilmavuodot rakenteen läpi. Solumuovikaistan mahdollinen painuminen kuormituksessa on otettava huomioon rakenteita suunniteltaessa.
- Puurakenteisten seinäelementtien yhteydessä polyuretaani-vaahdotus riittää kapillaarisuuden katkaisevaksi kerrokseksi. Vaahdotuksen yhteydessä on muistettava poistaa kiilat ja asennuspalat sokkelin ja seinäelementin välistä.
- Kts. myös kohta (20) Ulkoseinän aluspuu.



**Kuva 3.15**

*Julkisivupinnan ja sokkelin välinen liitos*



## Julkisivupinnan ja sokkelin välinen liitos

### *Toiminnallinen tavoite*

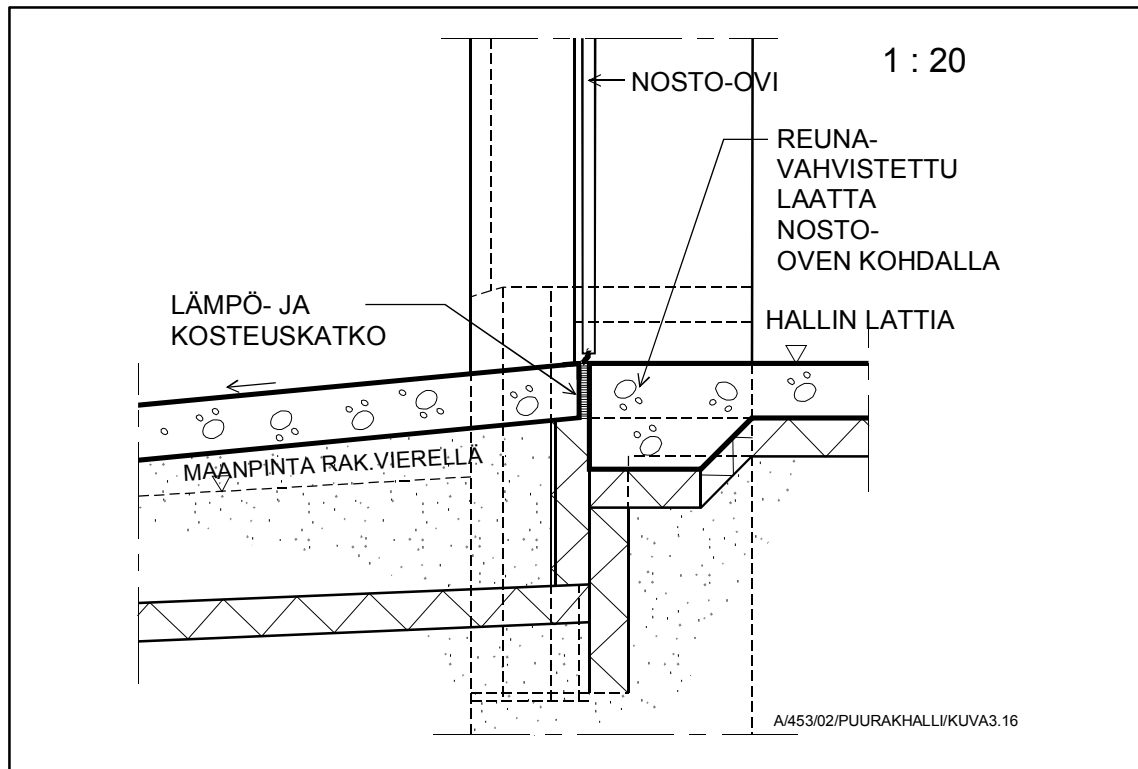
- Sadeveden aiheuttamien vaurioiden välttäminen
- Estää sadeveden joutumisen seinä- ja sokkelirakenteisiin.
- Seinärakenteen tuuletusvälin toiminnan varmistaminen

### *Keinot*

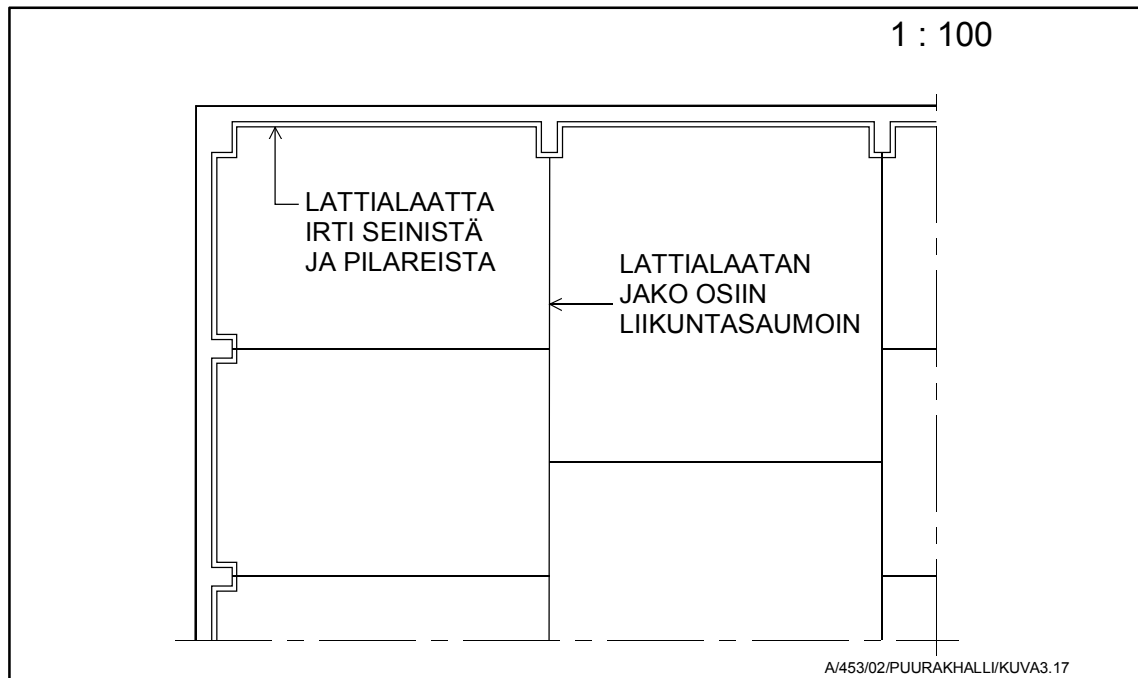
- Seinärakenteen ja sokkelin väliin asennetaan tippapelti, mikäli tuulensuojan ulkopinta on sisempänä kuin sokkelin ulkopinta. Pellin kallistuksen on oltava vähintään 1:3.
- Tippapelti on asennettava siten, että seinärakenteen tuuletusväli on alhaalta avoin. Pellin ylösnosto tulee asentaa tuuletusraon takapintaan eli tuulensuojan pintaan tai umpisoluisen eristeen ulkopintaan.

### *Perustelu*

- Tippapelti estää sadeveden pääsyn sokkelirakenteeseen. Vaakasuorille pinnoille kerääntyy sateella runsaasti vettä. Pellin kallistuksen ollessa riittävä ei vettä kerääntynyt seinän ja pellityksen liitoskohtaan ja edelleen seinärakenteen sisään. Myös sokkelielementin yläpäässä täytyy olla sama kallistus kuin tippapellissä.
- Kun tippapelti asennetaan siten, että seinärakenteen tuuletusväli on alhaalta avoin, pääsee tuuletusväliin mahdollisesti päässyt kosteus/vuotovesi poistumaan.
- Tuulensuojan ulkopintaa pitkin valuva vesi ohjautuisi paremmin ulos, mikäli pellityksen ylösnosto on asennettu tuulensuojan sisäpintaan. Tällöin pellin korjattavuus ja vaihdettavuus on kuitenkin huonompi. Lisäksi pellityksen asentaminen tuulensuojan sisäpintaan on vaikea toteuttaa elementtirakenteisessa seinässä.



**Kuva 3.16** Esimerkkiratkaisu, jossa nosto-oven kohdalle helposti muodostuva kylmäsilta on vältetty. Oven ulkopuolinen laatta on kallistettava ovelta lähtien, jotta oven eteen ei muodostu vettä keräävää kohtaa. Asentamalla kulmaraudat laatan reunan parannetaan sen kolhunkestävyyttä.



**Kuva 3.17** Maanvaraisen laatan kuivumiskutistuman aiheuttamat pakko-voimat voivat aiheuttaa laatan halkeilua, siksi laatta on erotettava seinistä ja pilareista esim. solumuovikaistalla. Laatta on jaettava osiin liikuntasaumoin.

15

## **Maanvaraisen alapohjalaatan ja perustusten välinen liitos**

### ***Toiminnallinen tavoite***

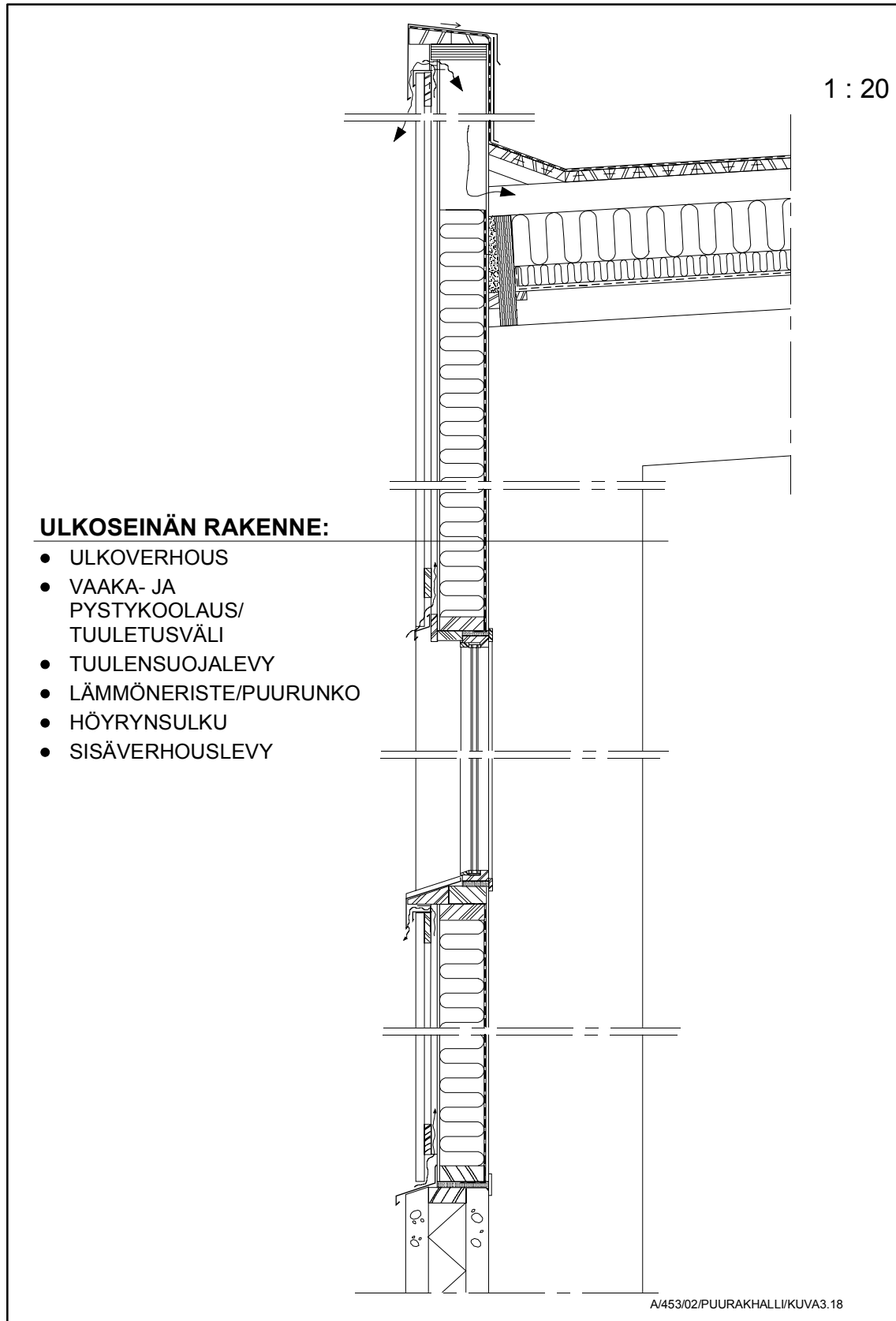
- Kylmäsillan ja kondenssiriskin pienentäminen
- Mahdollisten laatan kutistumisesta aiheutuvien pakkoliikkeiden hallinta.
- Sisäpuolisen kosteusrasituksen pienentäminen
- Radonin pääsyn estäminen rakennuksen sisätiloihin.

### ***Keinot***

- Maanvaraisen alapohjalaatan ja perustusten väliin asennetaan solumuovikaistale
- Elastinen saumaus solumuovikaistan yläpäässä estää radonin nousun rakennuksen sisätiloihin.

### ***Perustelu***

- Laatan ja perustusten väliin asennettu solumuovikaista sallii lattialaatan liikkeet ja vähentää halkeamia. Oleellimmat kohdat ovat pilarien sivut.
- Solumuovikaista pienentää kondenssiriskiä.
- Koska betonilaatta kutistuu, ei solumuovikaista yksin estä radonin nousua maaperästä, lisäksi tarvitaan elastinen kittaus (huollettava yksityiskohta).



**Kuva 3.18**

*Leikkaus ulkoseinä- ja räystäsrakenteesta.*

## 3.3 Ulkoseinä

### 3.3.1 Seinän rakenne

Ulkoseinä suojaa sisätiloja ulkopuolisen veden ja kosteuden haitallisilta vaikutuksilta ja mahdollistaa vaaditun sisäilmaston ylläpitämisen.

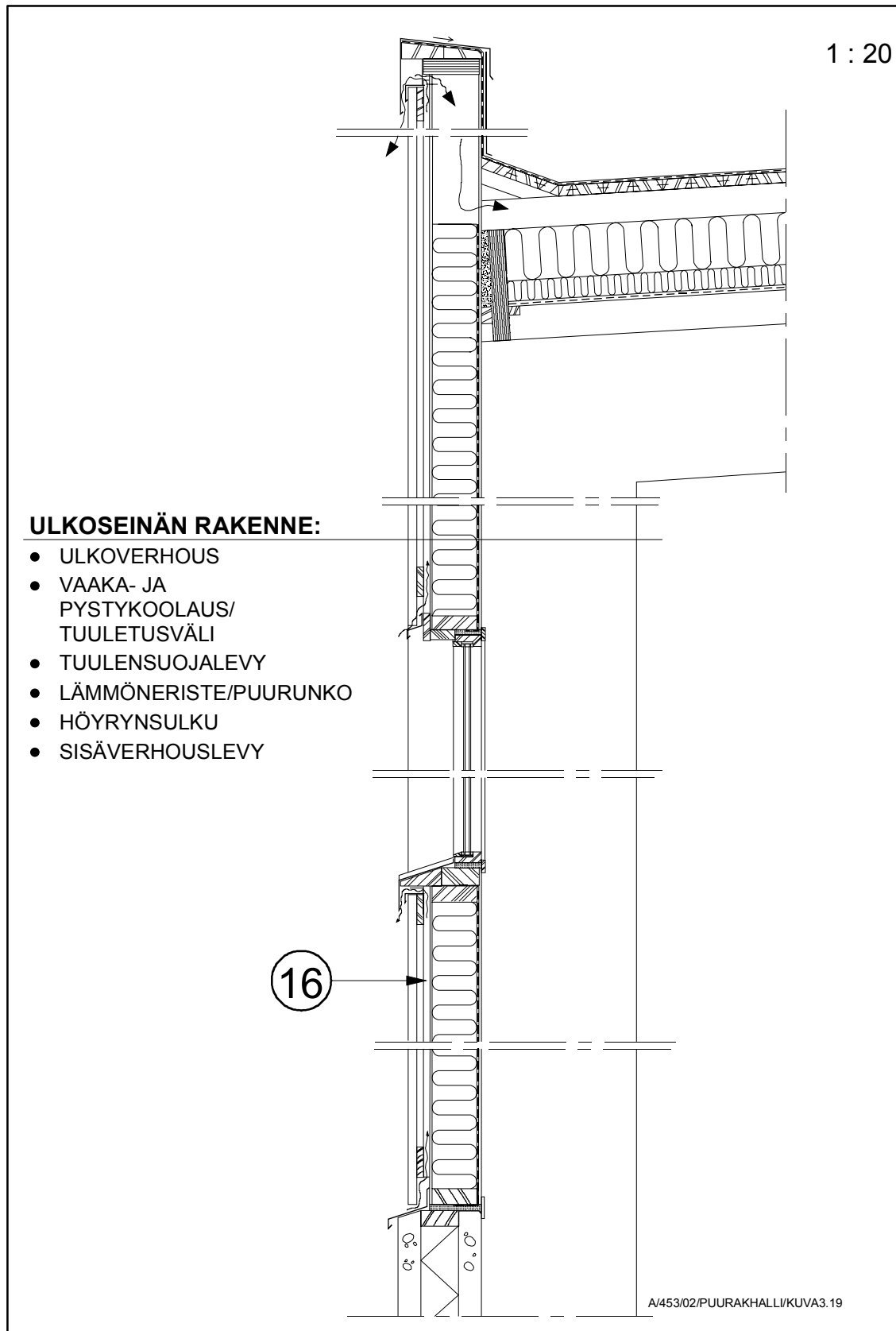
Ulkoseinän läpi ei saa tapahtua haitallista kosteuden tai ilman tunkeutumista eikä rakenteeseen saa haitallisesti kerääntyä kosteutta. Ulkoseinärakenteeseen päässeen kosteuden on päästävä kuivumaan rakenteelle tai käyttäjien terveydelle vaaraa aiheuttamatta. Seinärakenteen vesihöyrynläpäisevyyden ja ilmanpitävyyden on oltava sellainen, ettei seinään diffuusion tai ilmavirtausten vuoksi keräännä haitallisia määriä kosteutta. Ulkoverhouksen taustan tuulettumisen varmistaminen on erityisen tärkeää puurunkoisessa seinärakenteessa. Lämmöneristeen ulkopintaan tai eristeen ulommaiseksi kerrokseksi ennen tuuletusrakoa ja julkisivumateriaalia asennetaan tuulensuoja. Kun käytetään umpisoluisia eristeitä ei erillistä tuulensuojaa tarvita.

Liitosten, julkisivun saumakohtien ja läpivientien on oltava vesihöyry- ja ilmatiiviitä. Julkisivupinnan liitokset ja yksityiskohdat on suunniteltava siten, että vesivuodot julkisivupinnan taakse on mahdollisimman hyvin estetty. Suunnittelussa on kuitenkin otettava huomioon ulkoverhouksen taakse joka tapauksessa, esim. myrskytuulella, pääsevä vähäinen vuotovesi ja sen poistuminen rakennetta vaurioittamatta.

Viistosaderasituksen haitallisia vaikutuksia voidaan vähentää leveiden räystäiden avulla. Mikäli räystäitä ei käytetä, on suurempi viistosaderasitus otettava huomioon julkisivumateriaalin valinnassa. Vaakapintoihin ja viistoihin pintoihin kohdistuu suurempi sadevesirasitus kuin pystysuoraan pintaan. Seinäpinnan viistot ja vaakasuorat pinnat suositellaan pellitettäviksi. Vettä imemättömillä tai hitaasti imevillä julkisivupinnoilla on otettava huomioon nopea vesikalvon muodostuminen ja veden liikkuminen seinäpintaa pitkin, tuulen vaikutuksesta myös ylöspäin. Seinäpinnalla liikkuvan veden pääsy liitoskohdista seinärakenteen sisään mm. räystäiden kautta on estettävä.

Maanpinnalle ja vaakapinnoille (katokset, vesikatot ja parvekkeet) kertyvän veden pääsy ulkoseinäpinnalle ja ulkoseinärakenteen sisään on estettävä.

Seinän sisäpinnan suunnittelussa on otettava huomioon vaadittava kolhunkestävyys ja mahdollisesti tarvittavat suojaukset. Mahdollisten rasitusten aiheuttamat vauriot pyritään minimoimaan oikeilla materiaalivalinnoilla ja suojaustoilla.



**Kuva 3.19**

*Seinä rakenteen tuuletus.*

16

## Seinärakenteen tuuletus

### *Toiminnallinen tavoite*

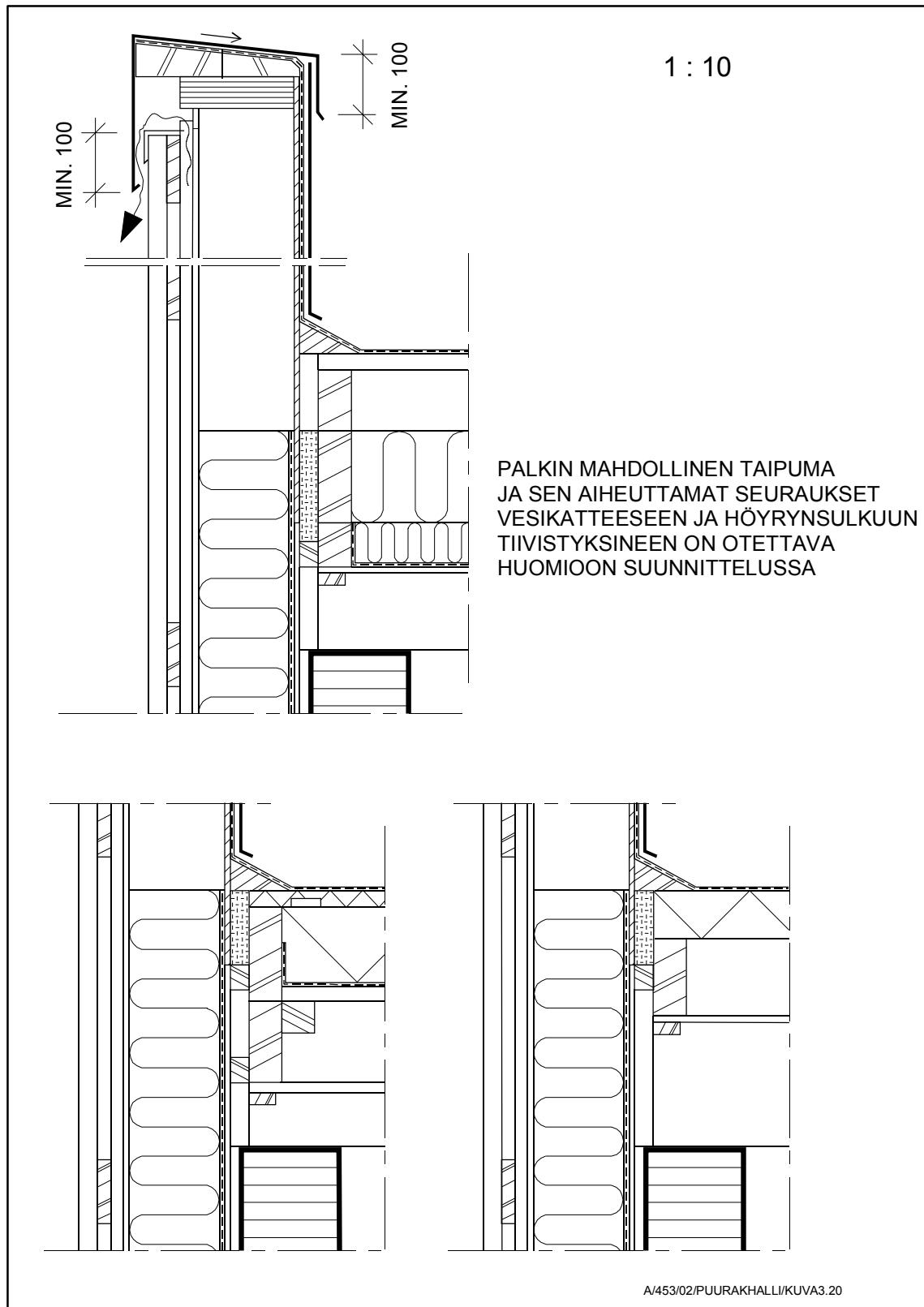
- Tuuletusväli mahdollistaa kosteuden poistumisen ja rakenteen kuivuminen nopeutuu: ulkoverhous ja eriste kuivuvat tuuletusvälin kautta.
  - o Mahdollistaa rakenteeseen pääsevän kosteuden poistumisen ilmakonvektiolla.
  - o Mahdolliset vähäiset vesivuodot ulkoverhouksen taakse pääsevät valumaan pois kastelematta koko seinärakennetta.

### *Keinot*

- Yhtenäinen tuuletusväli, joka on avoin alhaalta ja ylhäältä, myös ikkuna- ja oviaukkojen kohdalla.
- Tuuletusväli tulisi toteuttaa pystysuuntaisella rimoituksella.
- Tuuletusvälin tulee olla vähintään 30 mm syvä. (RakMK C2)
- Seinän tuuletusvälin tulee olla leveysuunnassa mahdollisimman yhtenäinen, myös nurkissa.
- Räystäällä on huolehdittava myös kattorakenteen tuuletuksesta.

### *Perustelu*

- Ulkoverhouksen takana oleva tuuletusrako estää saumavuotojen kautta mahdollisesti päässeeseen sadeveden pääsyä eristekerrokseen ja edelleen sisäpuolisiin rakenteisiin.
- Tuuletusrako mahdollistaa rakennuskosteuden kuivumisen.
- Tuuletusvälin yhtenäisyys varmistetaan tarvittaessa ristiinkoolauksella. Käytettäessä vaakasuuntaista profiilipeltiä julkisivumateriaalina ei ristiinkoolausta tarvita.
- Tuuletusväliin joutuneiden vuotovesien on päästävä poistumaan: tuuletusväli alhaalta avoin.
- Vuotovesien pääsy seinärakenteen sisään vaakaliitoksissa (esim. ikkunaliitoksessa) estetään käyttämällä tippapeltejä.
- Ilmavirta kulkee alhaalta ylöspäin. Yhtenäinen päistään avoin tuuletusväli mahdollistaa kostean ilman poistumisen.
- Mikäli sisäpuolista kosteutta on päässyt seinärakenteeseen vuotokohdista, pääsee rakenne kuivumaan ulospäin tuuletusrakoon.



**Kuva 3.20** Kuva päätyseinältä seinän ja katon liitoksesta. Kattorakennetta ei tuuleteta päätyräystäiden kautta vaan sivuräystäältä harjalle. Seinän sisäverhouksena käytettävää kipsilevyä ei saa ulottaa kattorakenteen kylmälle puolelle, materiaali on vaihdettava esimerkiksi vaneriksi.



## Rakenteen höyryn- ja ilmatiiviys

### *Toiminnallinen tavoite*

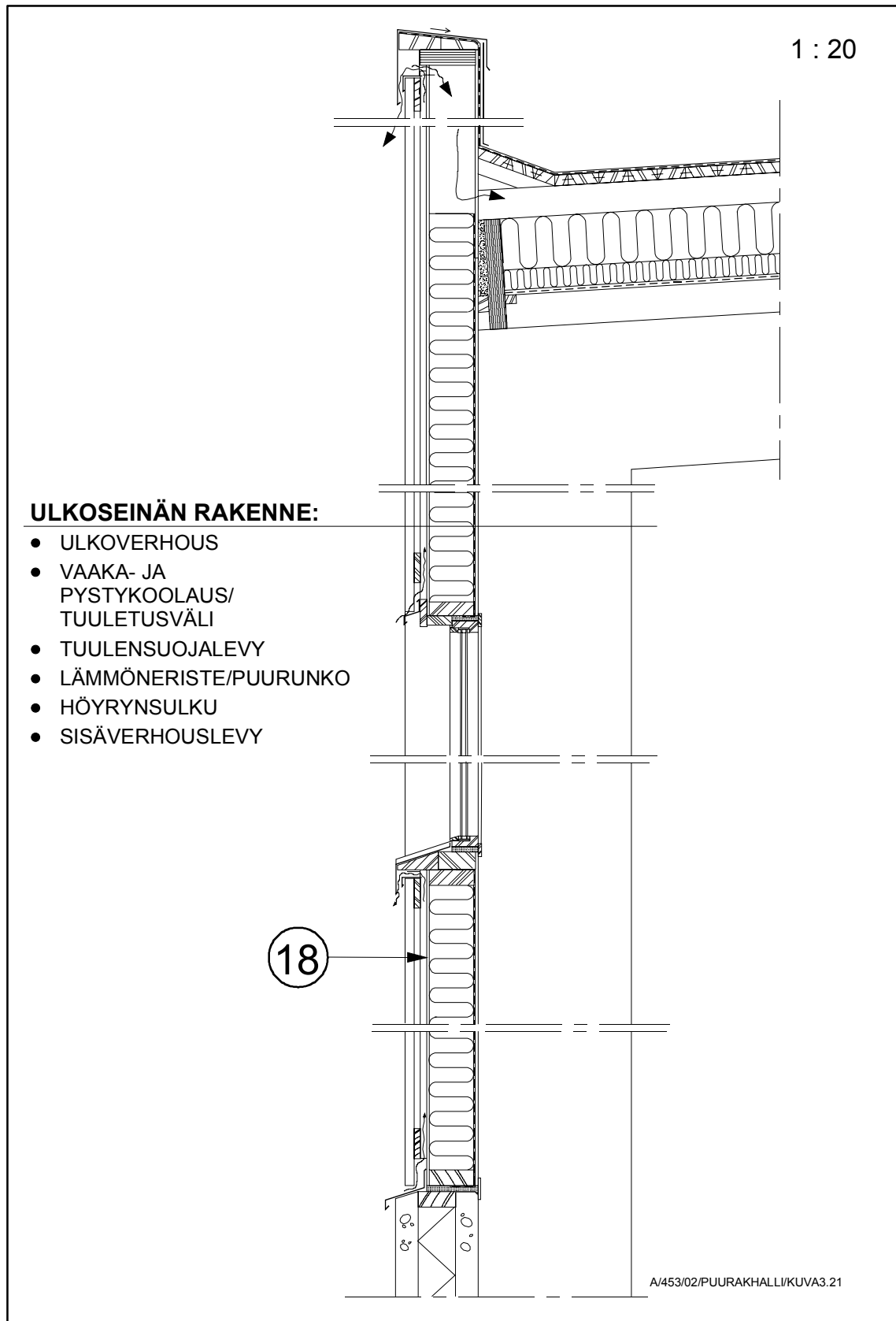
- Estää kostean sisäilman pääsyn ilmavuotojen ja diffuusion kautta seinärakenteeseen.
- Estää ilmavuodot, joilla olisi haitallinen vaikutus rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen ja sisäilmastoon.

### *Keinot*

- Seinärakenteen sisäpinnan on oltava höyry- ja ilmatiivis. Yhtenäinen höyrünsulku mahdollisimman lähelle rakenteen sisäpintaa (lämpimälle puolelle). Käytettäessä lämmöneristeenä riittävän läpäisemätöntä eristettä ei erillistä höyrünsulkua tarvita.
- Määräysten mukainen höyrünsulkumateriaali.
- Kiinnitettävä huomiota läpivienneissä ja liitoskohdissa saumoihin ja niiden tiiviyteen. Seinän ja yläpohjan liitoksessa esiintyy suurimpia liikkeitä.
- Kattorakenteen taipuma ja liike suhteessa seinään hoidettava siten, ettei tiiviys vaarannu. Kattorakenteen taipuma on estettävä.

### *Perustelu*

- Ilmanpitävästi asennettu höyrünsulku rakenteen lämpimällä puolella estää rakennuksen sisäpuolisen kosteuden pääsyn diffuusiolla ja konvektiolla eristekerrokseen.
- Rakennuksen sisätila suunnitellaan hieman alipaineiseksi, jolloin kostea ilma ei pyri sisältä ulospäin rakennuksen vaipan läpi. Mikäli sisätilan on jostain syystä oltava ylipaineinen, on höyryn- ja ilmatiiviys erittäin tärkeää. Tavanomainen suunnittelu ja rakentaminen ei siinä tapauksessa ole riittävä.
- Hallirakennukset ovat yleensä korkeita tiloja, jolloin rakennuksen yläosissa voi olla ylipainetta ja kosteus pyrkii konvektiolla rakenteen läpi ulkoilmaan. Riskejä voidaan vähentää rakennuksen vaipan tiiviydellä ja hyvin suunnitellulla koneellisella IV-järjestelmällä, jolla rakennuksen sisäpuoli varmistetaan alipaineiseksi.
- Mikäli ulkoseinän suuntainen yläpohjapalkki pääsee taipumaan, yhtenäinen höyrünsulku rikkoutuu (esim. polyuretaanivaaho irtoaa). Rakenne ei enää ole tiivis ja konvektion mahdollisuus kasvaa.
- Jäähdytetyissä tiloissa tilanne on toisenlainen, sillä niissä kosteuden kulku suuntautuu ulkoa sisälle, ks. luku 3.6.4.
- Seinärakenteen ilmatiiviys: lisätietoa mm. RIL 107-2000.



**Kuva 3.21** Huolellisella tuulensuojauksella estetään ilmavirtaukset ulkoa sisälle ja vähennetään kosteuden pääsyä seinärakenteisiin konvektiolla.

## Tuulensuojaus

### *Toiminnallinen tavoite*

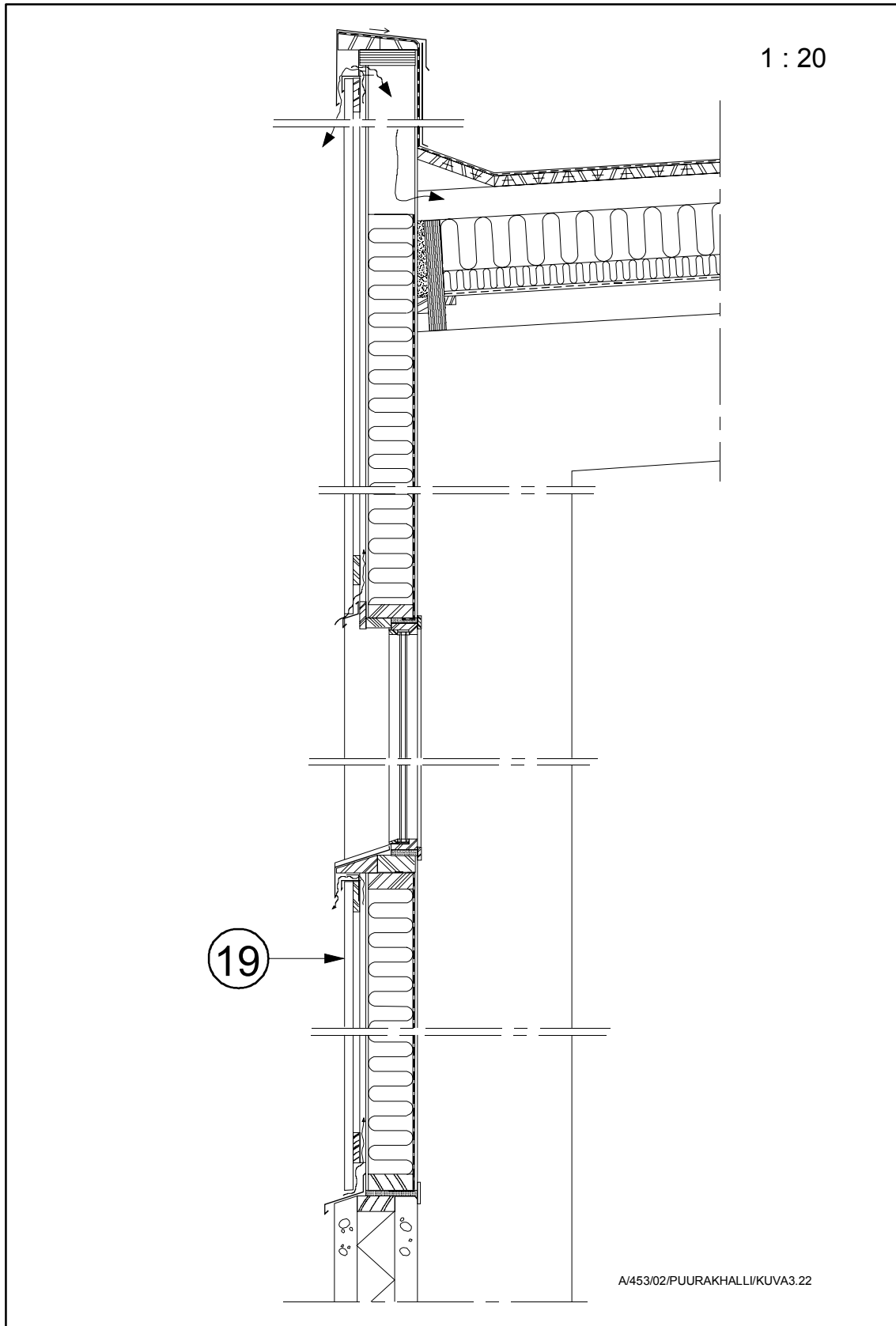
- Varmistaa lämmöneristeen eristyskyvyn säilyminen
- Parantaa rakenteen kokonaisilmanpitävyyttä, toinen ilmanpitävä kerros.
- Vähentää eristeen sisäistä konvektiota.
- Vähentää tuulenpaineen aiheuttamaa konvektiota rakenteen läpi.

### *Keinot*

- Puurungon ja lämmöneristeen ulkopuoli suojataan kosteuden kestäväällä, ilmanpitävällä ja vesihöyryä läpäisevällä tuulensuojamateriaalilla esim. tuulensuojapintainen lämmöneriste teipatuin saumoin. Käytettäessä kalvomaista tuulensuojamateriaalia, sen vesihöyryn läpäisykyvyn merkitys korostuu.
- Ilmanpitävät liitokset ja saumat.
- Tuulensuojalevy on oltava aina kiinni lämmöneristeessä.

### *Perustelu*

- Huolellisella tuulensuojauksella estetään ilmavirtaukset ulkoa sisälle (paikalliset kylmäsilat) ja vähennetään kosteuden pääsyä seinärakenteisiin konvektiolla.
- Kosteuden tiivistymistä tuulensuojan sisäpintaan voidaan välttää kiinnittämällä huomiota rakenteen ilmanpitävyyteen ja lämmöneristystyön huolellisuuteen.
- Sisäistä konvektiota voidaan välttää asentamalla lämmöneristeet tiiviisti tuulensuojaa sekä höyrynsulkua vasten.
- Elementtirakenteissa kiinnitettävä erityistä huomiota rakennuksen nurkkien tuulensuojaukseen ja paikalla tehtävissä seinärakenteissa tuulensuojan liitosten ilmatiiviyteen.



**Kuva 3.22** Julkisivumateriaaliin kohdistuvia kosteusrasituksia ovat mm. ulkoilman kosteus, sadevesi ja roiskevedet.

## Julkisivumateriaali

Eri rakennusmateriaalien pitkäaikaiskestävyyttä, materiaaleille ominaisia vaurioitumismekanismeja ja niihin vaikuttavia seikkoja ei ole käsitelty yksityiskohtaisesti. Materiaalikohtaista lisätietoa mm. RIL 183 –sarja: ”Rakennusmateriaalien ja rakenteiden käyttöikä” sekä TTY:n Talonrakennustekniikan luentomonisteesta ”Rakenteiden pitkäaikaiskestävyys”.

### *Toiminnallinen tavoite*

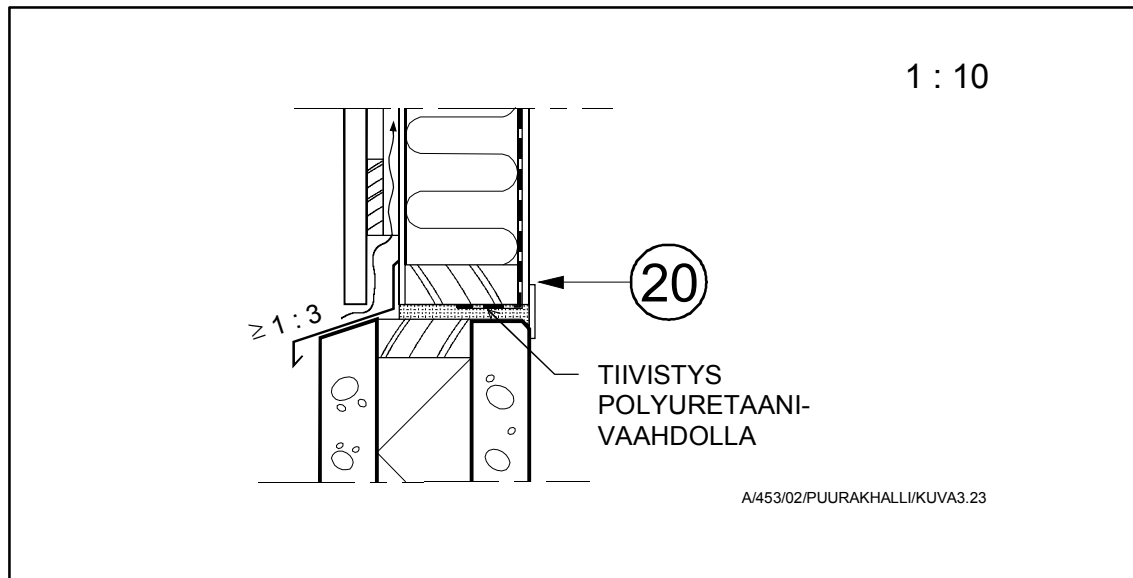
- Kestettävä säärasitusta (sade, säteily ja pakkasrasitus)

### *Keinot*

- Kiinnitettävä huomiota julkisivumateriaalin ja julkisivun saumojen sadevedenpitävyyteen.
- Leveillä räystäillä vähennetään seinän yläosaan tulevaa viistosadevesirasitusta.
- Vaikeissa julkisivumateriaalien liitoskohdissa ja liikuntasaumoissa on suositeltavaa käyttää esim. profiloituja tiivisteitä, tuuletusrakoa ei saa tukkia.
- Kiinnikkeet ruostumatonta terästä.
- Ruuviliitosten asianmukaiset tiivisteet

### *Perustelu*

- Mikäli räystäät ovat hyvin kapeat, on julkisivumateriaalia valittaessa kiinnitettävä erityistä huomiota materiaalin vedenpitävyyteen ja kosteusrasitusten sietokykyyn. Vettä hyvin imeviä materiaaleja tulisi välttää, vrt. kohta (27).
- Korkeammassa rakennuksessa seinäpinnalle tuleva viistosaderasitus on suurempi kuin matalissa, tämä on otettava huomioon julkisivumateriaalia valittaessa.
- Seinäpinnalla kulkevan veden poisohjaamiseen on kiinnitettävä huomiota.
- Ulkoseiniin kiinnitettävät varusteet eivät saa aiheuttaa korroosiota tai ohjata vettä ei-toivotulla tavalla.



**Kuva 3.23** *Ulkoseinän aluspuun on oltava sokkelin yläreunan yläpuolella ja toimivan tuuletusvälin kohdalla.*

## Ulkoseinän aluspuu

### *Toiminnallinen tavoite*

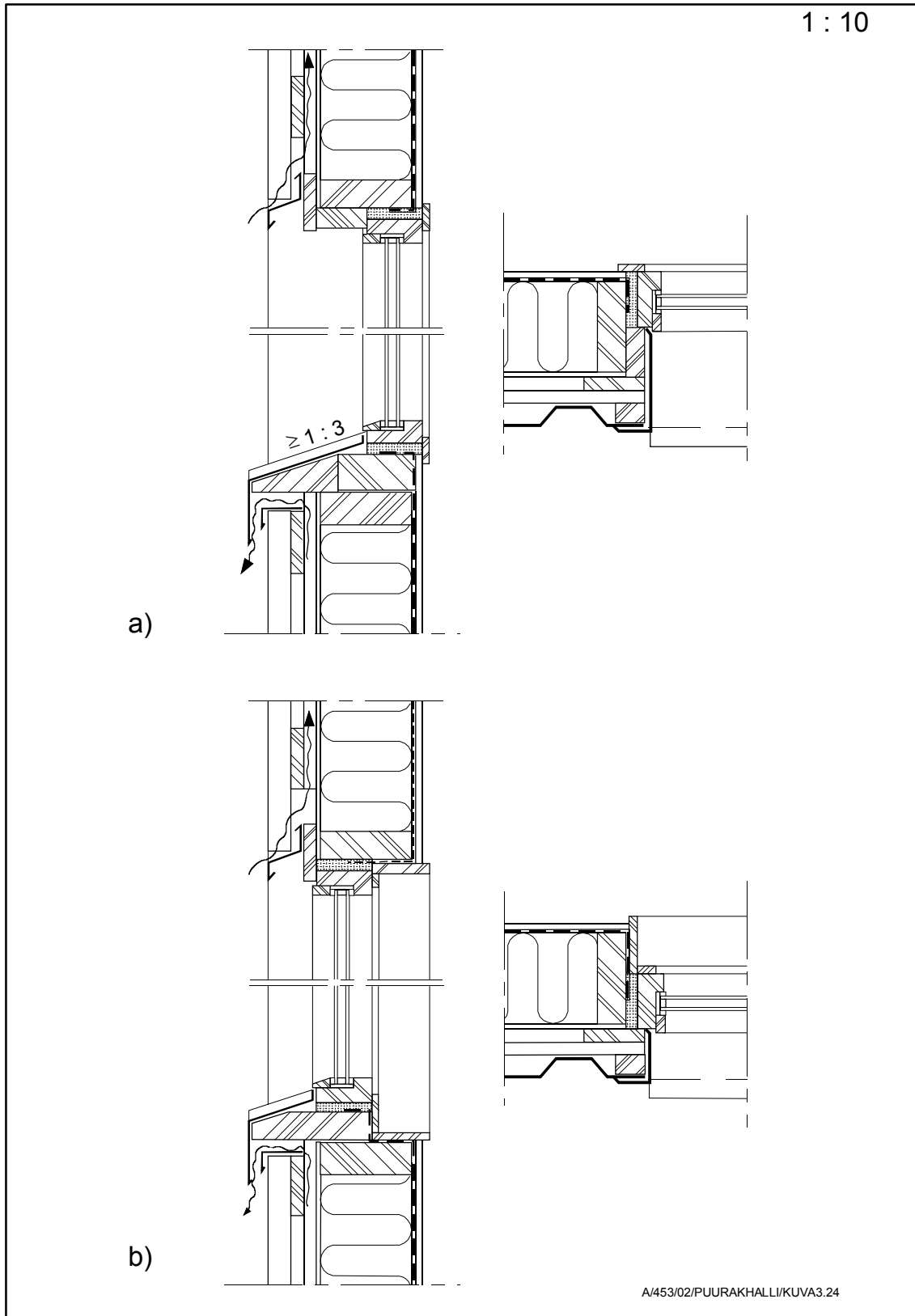
- Osa kantavaa seinärakennetta.
- Runkorakenteeseen kohdistuvan kosteusrasituksen minimointi

### *Keinot*

- Estettävä ilmavirtaukset betonirakenteen ja puurunkoisen seinärakenteen aluspuun liitoskohdassa.
- Puurunkoisen ulkoseinän aluspuu sijoitetaan maanvaraisen laatan yläpuolelle niin, ettei puuta jää valun sisään. Puurakenne erotettava kosteuden siirtymisen katkaisevalla kerroksella esim. bitumikermillä perustuksista. Aluspuu ei saa jäädä kahden tiiviin kerroksen väliin.
- Ilmavirtausten estämiseksi betonin ja seinän aluspuun välissä seinän höyrynsulku ulotetaan aluspuun alle. Höyrynsulun lisäksi käytetään kittausta.

### *Perustelu*

- Aluspuun oikealla korkeusasemalla maanvaraiseen laattaan ja tuuletusväliin nähden varmistetaan puurunkoisen seinän alareunan tehokas kuivuminen.
- Koko aluspuun on oltava sokkelin yläreunan yläpuolella ja toimivan tuuletusvälin kohdalla.
- Höyrynsulun ulottaminen liitoskohdan yli on tarpeellista, koska bitumikermi seinän ja betonirakenteen välissä ei ole tiivis vaakasuuntaan betonin pinnan epätasaisuuden vuoksi.



**Kuva 3.24** Ikkunaliitos, kaksi eri rakennetta puukarmi-ikkunalle a) ikkuna lähellä seinän sisäpintaa ja b) ikkuna lähellä seinän ulkopintaa.



### 3.3.2 Julkisivun liitokset

#### 21 Ikkunat, ovet

Ikkuna- ja oviliitoksista tarkemmin mm. RIL 107-2000

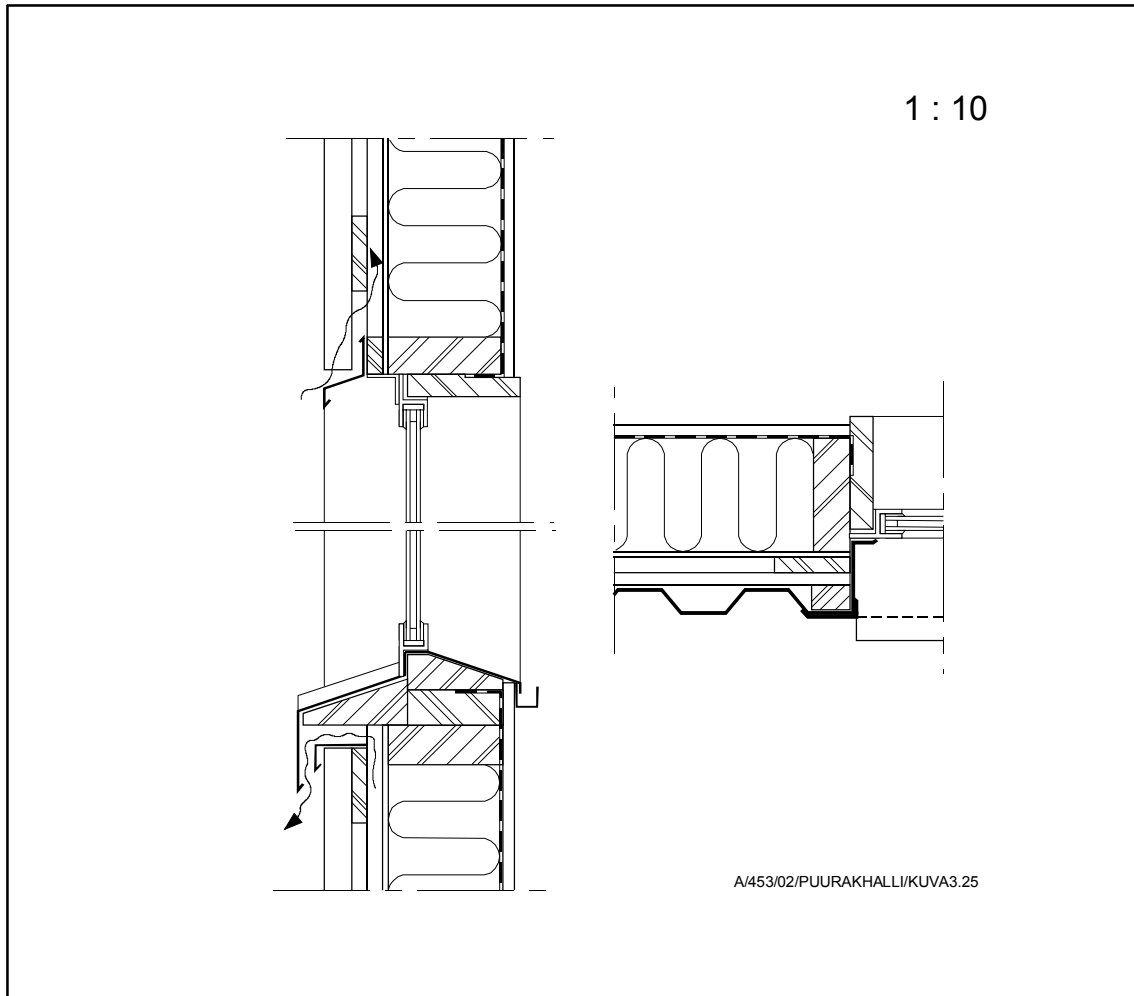
##### *Toiminnallinen tavoite*

- Julkisivun liitosten sadevedenpitävyyden oltava mahdollisimman hyvä.
- Minimoidaan sade- ja sulamisvesien tunkeutuminen seinärakenteisiin
- Tuuletusvälin jatkuvuuden varmistaminen.

##### *Keinot*

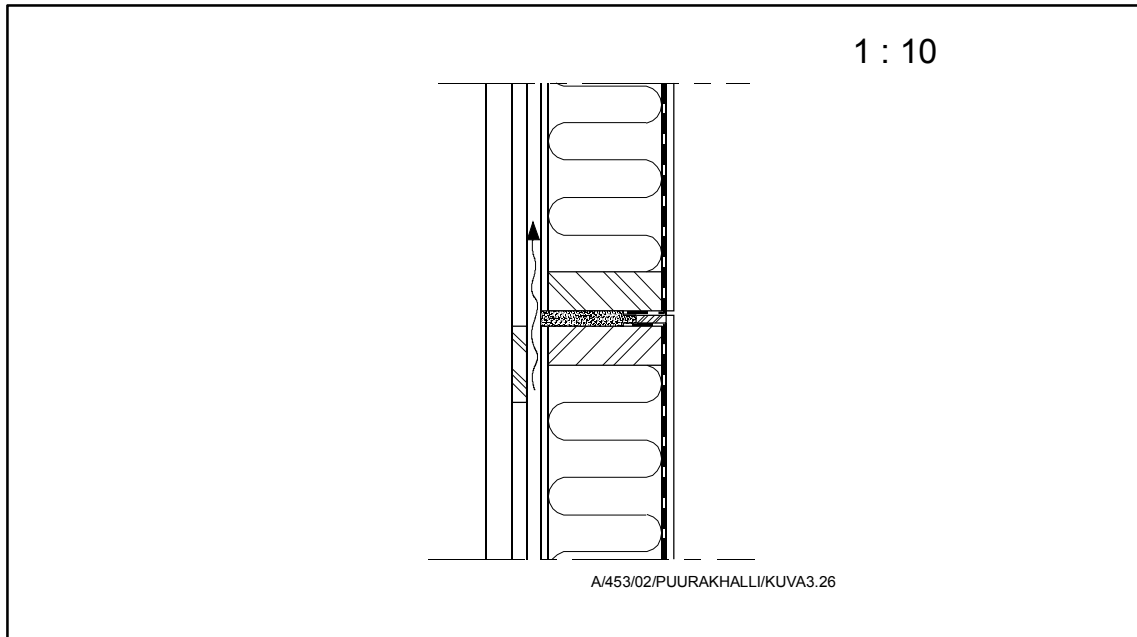
- Liitosten tulee olla sekä sadevesi- että ilmatiiviitä. Ikkunat ja ovet liitetään tiiviisti seinärakenteen höyrynsulkuun tai läpäisemätöntä eristettä käytettäessä eristeeseen.
- Tippapeltiliitokset julkisivun saumoihin:
  - o Pellitysten on ulotuttava riittävän ulos (väh. 30 mm seinäpinnasta).
  - o Pellityksissä oltava riittävä kaltevuus (väh. 1:3).
  - o Pellityksiin ylösnosto julkisivuverhouksen taakse: kapeissa hyvin kallistetuissa riittää 50-100 mm nosto.
  - o Vastapelti estää veden pääsyä tuuletusrakoon
- Pellitysten jatkokset tehdään joko pysty- tai hakasaumoin.
- Toimiva rakenteen tuuletus. Tuuletusraon jatkuttava mm. ikkuna-aukkojen yli. Ks. kohta (16) Seinärakenteen tuuletus.
- Katosten ja vastaavien rakenteiden ja julkisivun liitoskohdissa 300 mm:n ylösnosto julkisivuverhouksen taakse. Näissä kohdissa on talvella ilmeinen kinostumisvaara ja keväällä sulamisvesien aiheuttamaa vedenpainetta.
- Ikkunan olisi mielellään sijaittava mahdollisimman lähellä seinän sisäpintaa, koska kosteus tiivistyy ympäristöä kylmempiin pintoihin.
- Mikäli rakennuksen sisäpuolella on kuivat olosuhteet (ei sisäpuolista kosteustuottoa), ikkuna voidaan sijoittaa myös lähemmäksi seinärakenteen ulkopintaa. Tällöin on otettava huomioon ikkunan sisäpintaan kohdistuva kondenssivaara, tiivistyneen veden lammikoituminen. Mahdollinen veden valuminen seinärakenteen sisään on estettävä esim. sisäpuolisella pellityksellä.
- Oven liitos seinärakenteeseen olisi suunniteltava ja toteutettava siten, ettei liitoskohtaan synny kylmäsiltaa.

JATKUU



### *Perustelu*

- Liitokset on suunniteltava siten, ettei sadevesi haitallisesti roisku seinään, valu seinää pitkin tai pääse seinärakenteen sisään.
- Lumen sulamisvedet ja sadevedet valuvat riittävästi kallistetuilta pellityksiltä nopeasti pois. Vesipellin riittävä kaltevuus vähentää myös tuulen seinäpintaa ylöspäin kuljettaman sadeveden pääsyä vesipellin alta seinärakenteeseen.
- Jos rakennuksessa on sisäpuolista kosteudentuottoa tai rakennuksessa tapahtuva toiminta vaatii korkeampaa sisäilman kosteutta (esim. kirjapainoissa vaadittu sisäilman suhteellinen kosteus on väh. 50 %) saattaa syntyä kondenssiriski ikkunan sisäpintaan. Ikkunan sijaitessa lähellä seinän sisäpintaa ilmankierto toimii paremmin ikkunan kohdalla lasin pinnassa ja kondenssiriski pienenee. Tällaisessa tapauksessa perinteinen ikkunarakenne on toimivampi kuin lähellä seinän ulkopintaa sijaitseva ikkuna.



**Kuva 3.26** Seinäelementtien välinen liitos.

## Seinäelementtien väliset liitokset

### *Toiminnallinen tavoite*

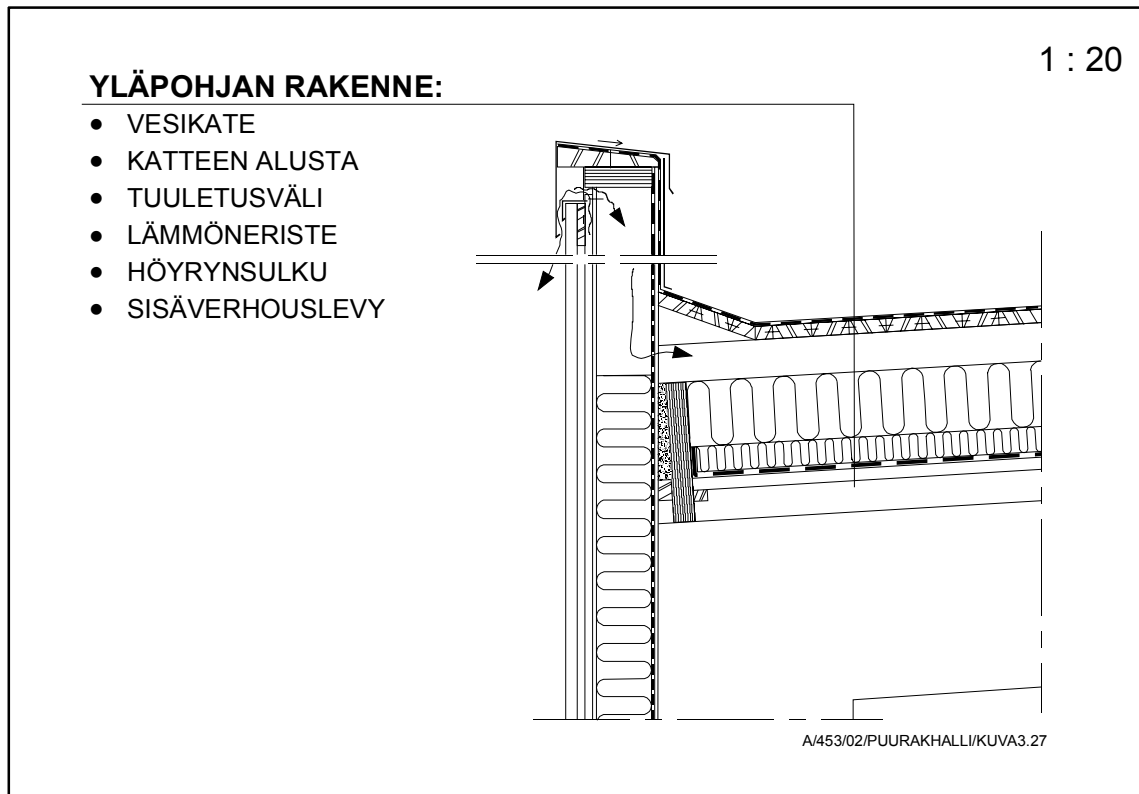
- Seinärakenteen ilma- ja vesitiiviyyden jatkuvuuden varmistaminen

### *Keinot*

- Elementtien asennus elementtivalmistajan ohjeiden mukaan.
- Elementtien välisten liitosten ilma- ja vesitiiviyyden varmistaminen elementtivalmistajan ohjeiden mukaan.
- Erityisesti kiinnitettävä huomiota sokkelin ja seinäelementin liitoksen, seinäelementin ja yläpohjan liitoksen sekä rakennuksen nurkkien tiivyyteen.

### *Perustelu*

- Elementtien reunoissa olevien kantavien rakenteiden ja saumavaahdon läpi tapahtuva diffuusio ei aiheuta ongelmia rakenteen toimivuudelle, koska elementtien välisten saumojen osuus koko seinän alaan verrattuna on pieni.
- Otettava huomioon liitoksissa tapahtuvat liikkeet



*Kuva 3.27 Yläpohjarakenne.*

## 3.4 Yläpohja- ja vesikattorakenteet

### 3.4.1 Yläpohjarakenne

Vesikatteen on kestettävä ilmastorasitukset, lumen ja jään aiheuttamat rasitukset sekä huoltotoimenpiteet. Yläpohjarakenne suunnitellaan siten, että alapinta (sisätilojen vastainen pinta) on ilmatiivis ja ulkopinta eli vesikate on vesitiivis. Käytettäessä epäjatkuvia katteita on aluskate tiivis.

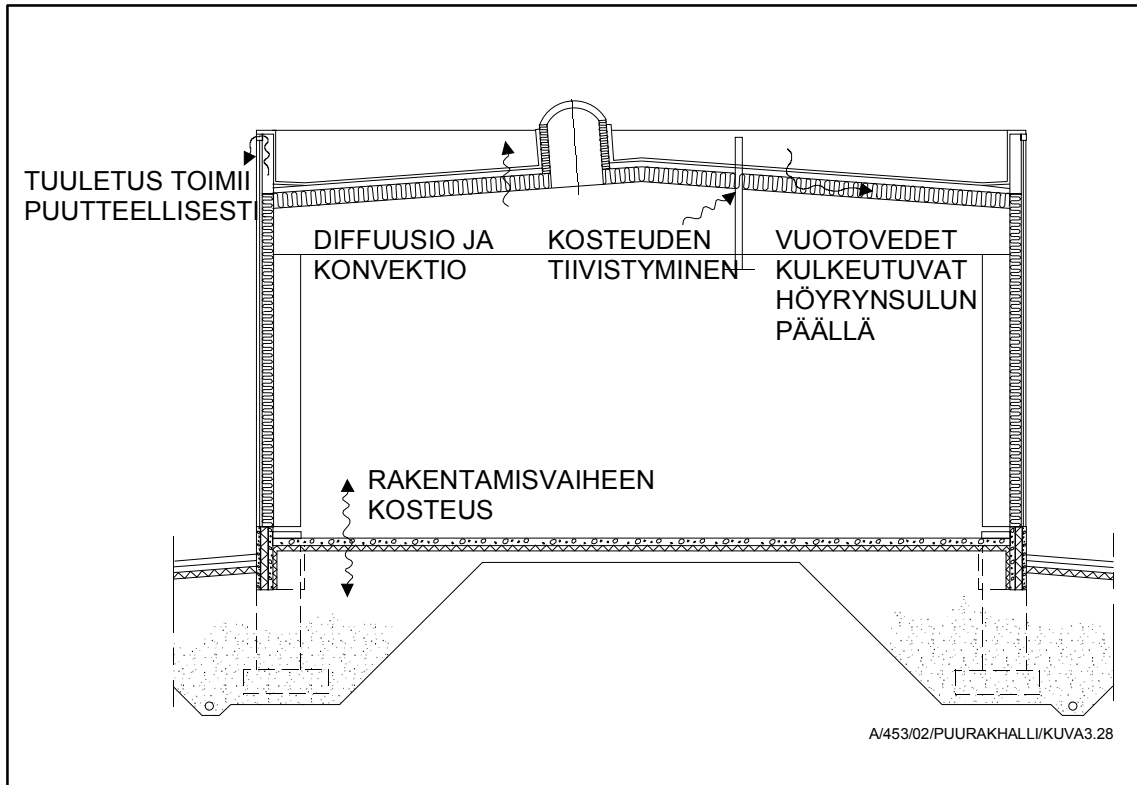
Vesikatot voidaan jakaa kahteen ryhmään käytettävien katteiden perusteella /7/:

- Vesikatot, jotka on katettu vedeneristeillä ja ovat saumoineen ja yksityiskohtineen vesitiiviitä. Tällaisia katteita kutsutaan myös jatkuviksi katteiksi. Jatkuvia katteita voidaan käyttää loivasti kallistetuista aina pystysuoriin kattopintoihin. Loivasti kallistetuilla katoilla yleisimmin käytettyjä katemateriaaleja ovat modifioidusta bitumista, muovista tai kumista valmistetut kermit. Näiden katteiden saumat hitsataan (esim. kuumailmalla) tai liimataan vesitiiviiksi. Lisäksi käytetään nestemäisenä levitettäviä tuotteita, jotka voivat olla bitumi- tai polymeeripohjaisia.
- Vesikatot, jotka on katettu epäjatkuvilla katteilla ja joiden saumat ja yksityiskohdat eivät ole vesitiiviitä, kuuluvat tähän ryhmään. Niitä voidaan käyttää kattokaltevuuden ollessa vähintään 1:10. Kaltevilla katoilla yleisimmin käytettyjä epäjatkuvia katteita ovat saumatut metallikatteen, muoto- ja poimukatteen, tiilikatteen, bitumilaattakate aluskermin kanssa ja kolmiorimakate. Näistä saumatut metallikatteen, bitumilaattakatteet ja kolmiorimakate on mahdollista saada vesitiiviiksi oikein tehtyinä.

Puurakenteisen hallin yläpohjarakenteiden tarkastelussa on käsitelty ainoastaan jatkuvia katteita, koska ne ovat epäjatkuvia katteita yleisempiä hallirakennuksissa. Epäjatkuvista katteista löytyy tietoa mm. RIL 107-2000 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeista.

Yläpohjassa kosteusvaurioita aiheuttavat yleisimmin vesikaton vuodot, puutteellinen katteen alustan ja lämmöneristeen välinen tuuletus tai yläpohjan höyrynsulussa olevat reiät ja kondenssikosteus. Mm osa kattovuodoista on yläpohjan höyrynsulun vuotoja. Yläpohjarakenteeseen on virrannut kosteaa sisäilmaa, kosteus on tiivistynyt ja jäänyt rakenteen sisällä kylmempiin pintoihin. Ilman lämmitessä pakkaskauden jälkeen jäänyt kosteus sulaa ja valuu rakennuksen sisälle.

Lisätietoa yläpohja- ja vesikattorakenteista sekä niiden yleisimmistä vaurioitumismekanismeista löytyy mm. dipl. ins. Vilho Pekkalan artikkeleista vuosien 1995 ja 1996 Rakentajan kalentereissa. Katemateriaalikohtaista lisätietoa mm. Vilho Pekkalan artikkelit Rakentajan kalenterissa sekä VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Jouko Rantamäen julkaisut.



**Kuva 3.28** Mikäli rakennuksessa on sisäistä kosteudentuottoa ja rakennuksen vaippa ei ole tiivis, seurauksena voi olla kosteuden tiivistyminen rakenteisiin, lämmöneristyskyvyn heikkeneminen ja mikrobiongelmat.



## Yläpohjarakenteen ilmatiiviys

### *Toiminnallinen tavoite*

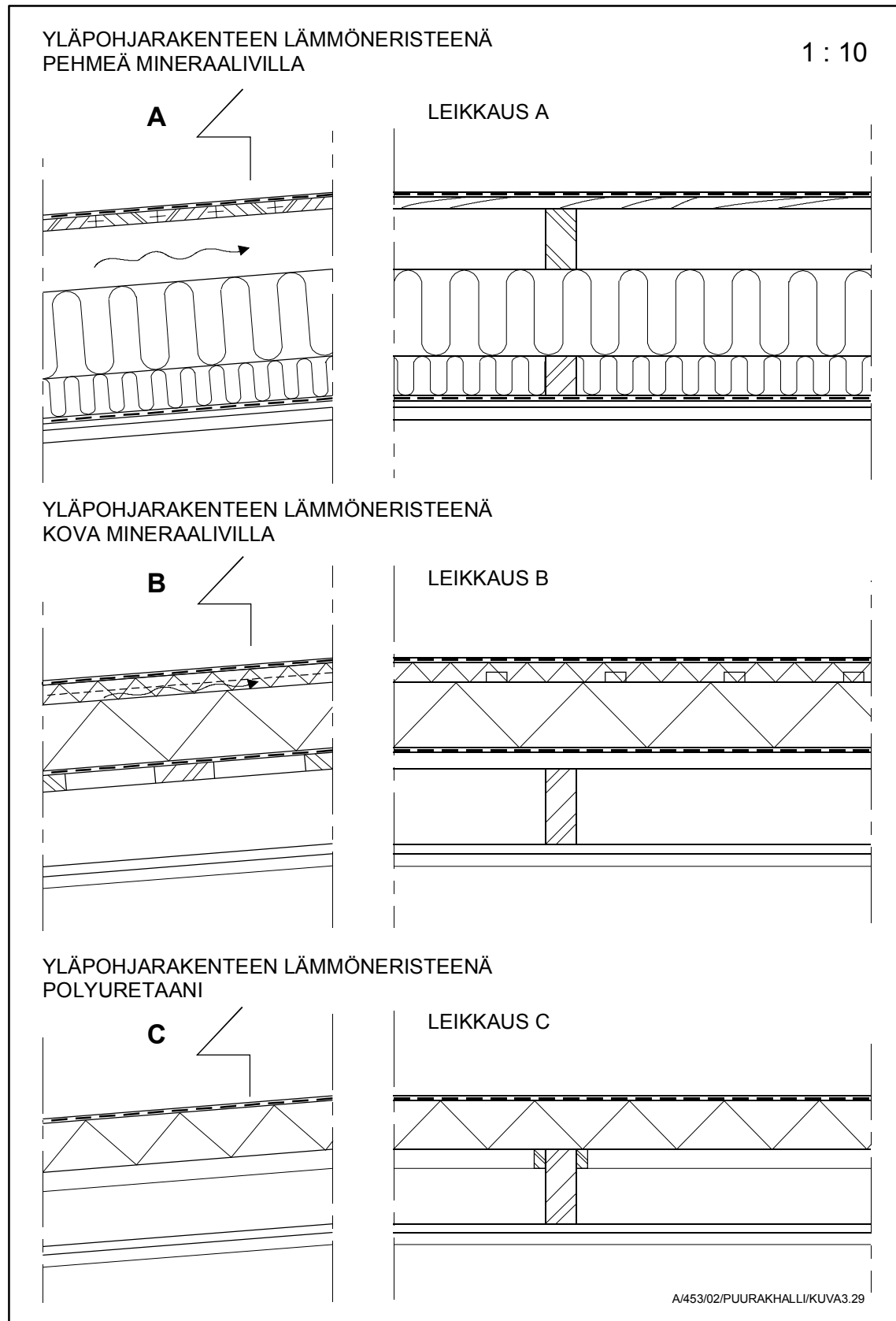
- Ilmavuotojen estäminen
- Kostean sisäilman konvektion estäminen rakenteen läpi.

### *Keinot*

- Yläpohjaan asennetaan höyrynsulku rakenteen lämpimälle puolelle, ei koskaan kylmälle. Käytettäessä lämmöneristeinä polyuretaania ei erillistä höyrynsulkua tarvita.
- Yläpohjan höyrynsulku liitetään tiiviisti seinän höyrynsulkuun siten, että liittyvien vaakarakenteiden taipumat ovat mahdollisia eivätkä riko yhtenäistä höyrynsulkua. Lävistykset tiivistetään huolellisesti.
- Suunnittelelemattomia läpivientejä yläpohjarakenteeseen pitää välttää.

### *Perustelu*

- RIL 107: höyrynsulkumuoville asetetaan vaatimukset rakennuksessa olevien toimintojen mukaan.
- Höyrynsulku on asennettava niin, ettei se vaurioitu asennustyön aikana.
- Yläpohjan höyrynsulun tulee olla erityisen tiivis, koska yläpohjarakenteisiin kohdistuu korkeissa hallitiloissa usein sisätilasta päin ylipaine.
- Rakennuksissa, joissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ilmanvaihto tulee säätää siten, että rakennuksessa on lievä alipaine ulkoilmaan nähden. Sen varalta, että ilmanvaihtolaitteet eivät ole aina käytössä (esim. öisin, viikonloppuina tai loma-aikoina), yläpohjarakenteen tulee joka tapauksessa olla ilmatiivis.
- Kun käytetään muovikalvoa höyrynsulkuna, on höyrynsulun oltava kiinni sekä lämmöneristeessä että levyrakenteessa. Rakenne toimii vaikka muovikalvossa olisi pieniä reikiä, kun höyrynsulku on ilmatiiviisti kiinni levyssä.
- Räystäillä roikkuvat jääpuikot voivat olla merkki höyrynsulkuvuodoista, puutteellisesta tuuletuksesta tai huonosti toimivasta lämmöneristeestä.
- Mikäli höyrynsulun alapuolella on profiilipelti tai harvalaudoitus, jää eristeen ja höyrynsulun väliin ilmatila, ja kosteutta voi päästä rakenteeseen konvektiolla, mikäli höyrynsulussa on reikiä. Rakenne on riskialttiimpi kuin tasaisen levyn käyttäminen sisäpuolisena pinnoitteena (höyrynsulun alustana).
- Höyrynsulun päälle työaikana joutuneen veden on päästävä poistumaan (esim. alipainetuulettimet).



**Kuva 3.29**

*Yläpohjarakenteen lämmöneristys, eri eristystapoja*

## Yläpohjarakenteen lämmöneristys

### *Toiminnallinen tavoite*

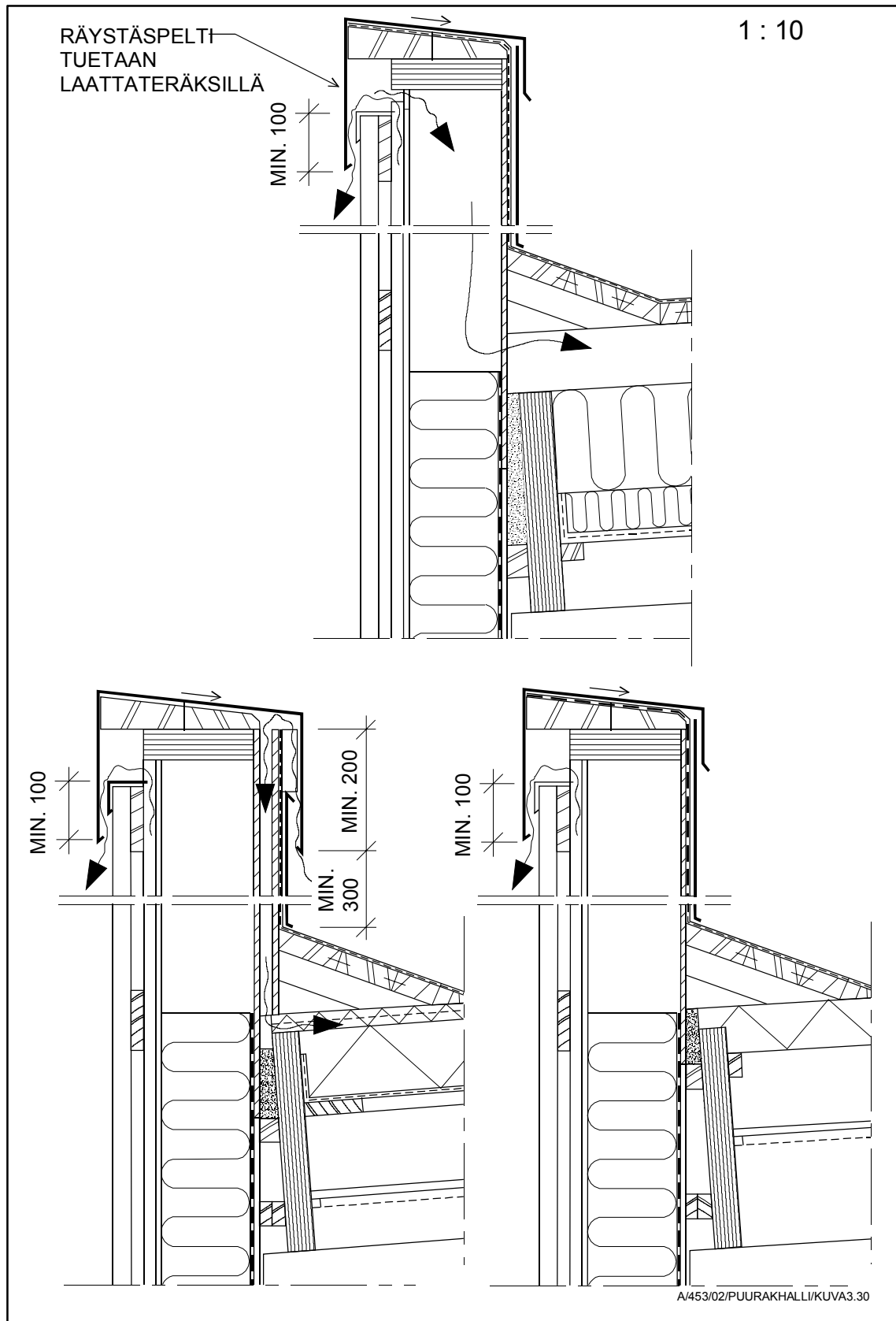
- Lämpövuotojen pienentäminen yläpohjan läpi

### *Keinot*

- Riittävä ja oikein asennettu lämmöneristys

### *Perustelu*

- Yläpohjan riittäväällä lämmöneristyksellä parannetaan rakennuksen kokonaisenergiataloutta.
- Lämmöneristeen kylmäsillat tai muuten huonosti toimivat kohdat aiheuttavat yläpohjan sisäpinnan jäähtymistä. Sisäpinnan lämpötilan laskiessa riittävän alas kosteus tiivistyy yläpohjan alapintaan ja saattaa aiheuttaa pinnoitteisiin vaurioita.
- Puutteellisesti toimivat lämmöneristekohdat aiheuttavat katolla lumen sulamista, jään muodostumista sekä rasiutusta katteelle.
- Räystäällä roikkuvat jääpuikot voivat olla merkki huonosti toimivasta lämmöneristeestä, puutteellisesta tuuletuksesta tai höyrynsulkuvuodoista.
- Lumen sulaminen katolla vähenee riittäväällä lämmöneristyksellä ja tiiviydellä sekä yläpohjarakenteen tuuletusvälin avulla. Kosteusvaurioriski pienenee.



**Kuva 3.30** Yläpohjarakenteen tuuletus, eri eristystapoja. Seinän sisäverhouksena käytettävää kipsilevyä ei saa ulottaa kattorakenteen kylmälle puolelle, vaan materiaali on vaihdettava esimerkiksi vaneriksi.

## Yläpohjarakenteen tuuletus

### *Toiminnallinen tavoite*

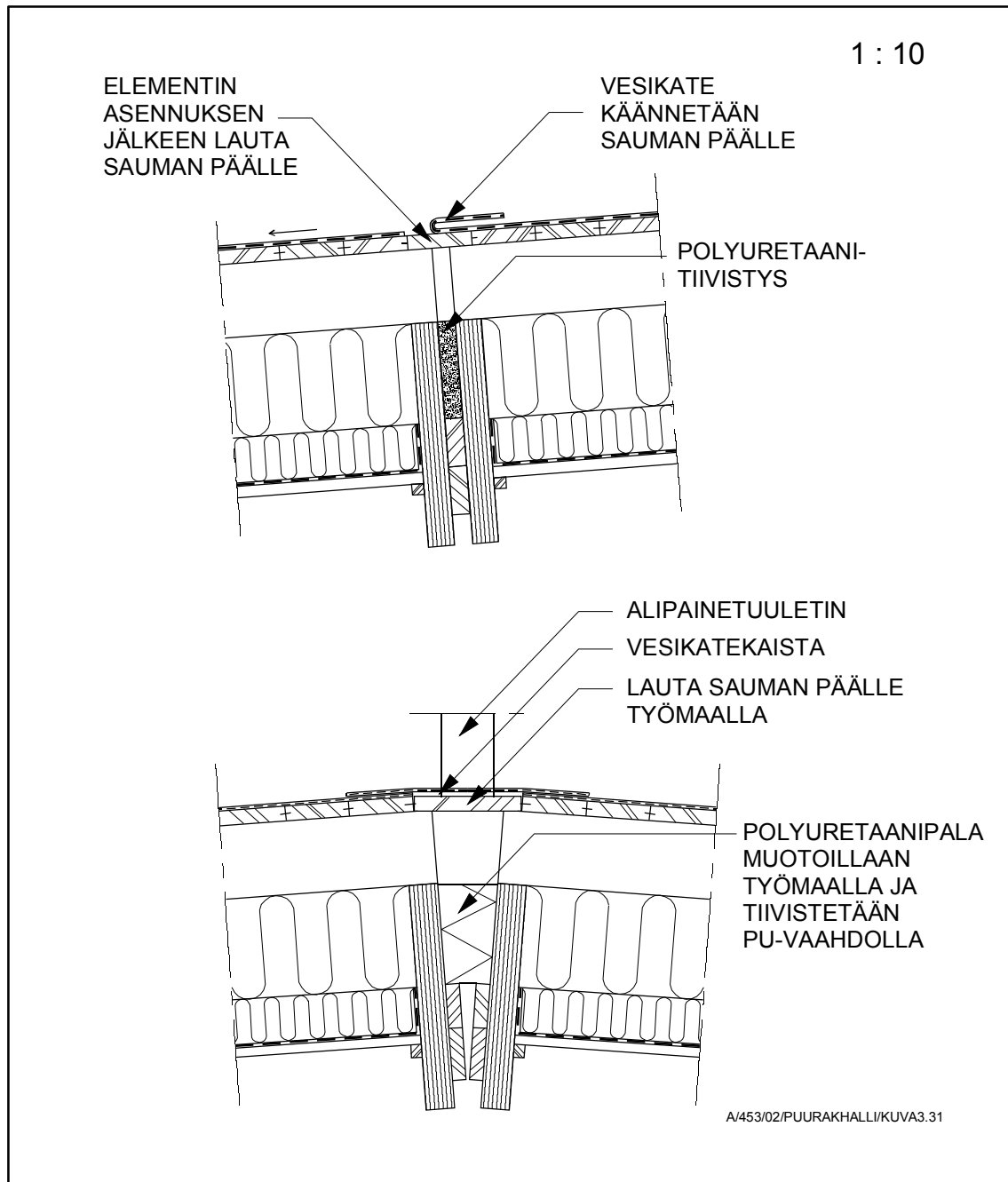
- Kosteuden poisto yläpohjarakenteesta

### *Keinot*

- Riittävä tuuletusväli yläpohjan ja vesikatteen välissä, myös räystäillä.
- Tuuletusilman on päästävä yläpohjarakenteesta ulkoilmaan.
  - o Tuuletusrako seinän päällä
  - o Seinän läpi: ulosvedetyt tuuletusputket, tuuletuskotelot tai alipainetuulettimet
  - o Katon läpi tuuletuselimillä esim. alipainetuulettimilla
  - o Koneellinen poisto tarvittaessa

### *Perustelu*

- Mikäli höyrynsulku ja läpiviennit eivät ole tiiviit yläpohjarakenteeseen voi kerääntyä kosteutta rakennuksen sisätiloista. Riittävä tuuletus vähentää kosteusvaurioita. Yläpohjarakenteeseen voi vesikatteen vuotojen kautta päästä myös ulkopuolista kosteutta.
- Mikäli yläpohjan höyrynsulku on tiivis, eikä sisäilmankosteutta pääse rakenteiden läpi, riittää matalampi tuuletusväli. Käytettäessä lämmöneristeenä tiiviisti vaahdottamalla asennettua polyuretaania riittää matalampi tuuletusväli kuin villaeristeellä.
- Räystäillä roikkuvat jääpuikot voivat olla merkki puutteellisesta tuuleuksesta, huonosti toimivasta lämmöneristeestä tai höyrynsulkuvuodoista.
- ”Kovavillakatossa” ei ole tuuletusväliä. Siksi lämmöneristeen on oltava uritettu ja urista on muodostuttava jatkuva verkosto kattorakenteen tuuletuksen varmistamiseksi. Tuuletusverkosto on koottava ja tuuletettava ulkoilmaan.
- ”Kovavillakatto” toimii, mikäli rakenteeseen ei ole jäänyt rakennusaikaista kosteutta, eikä rakenteeseen pääse sisäilmankosteutta ja vesikate ei vuoda. Kattorakenteen tuuletuksen varmistamiseksi on käytettävä alipainetuulettimia.



**Kuva 3.31** Kattoelementtien väliset liitokset lappeella ja harjalla. Liitosdetaljit vaihtelevat harjalla suuresti.

## Kattoelementtien väliset liitokset

### *Toiminnallinen tavoite*

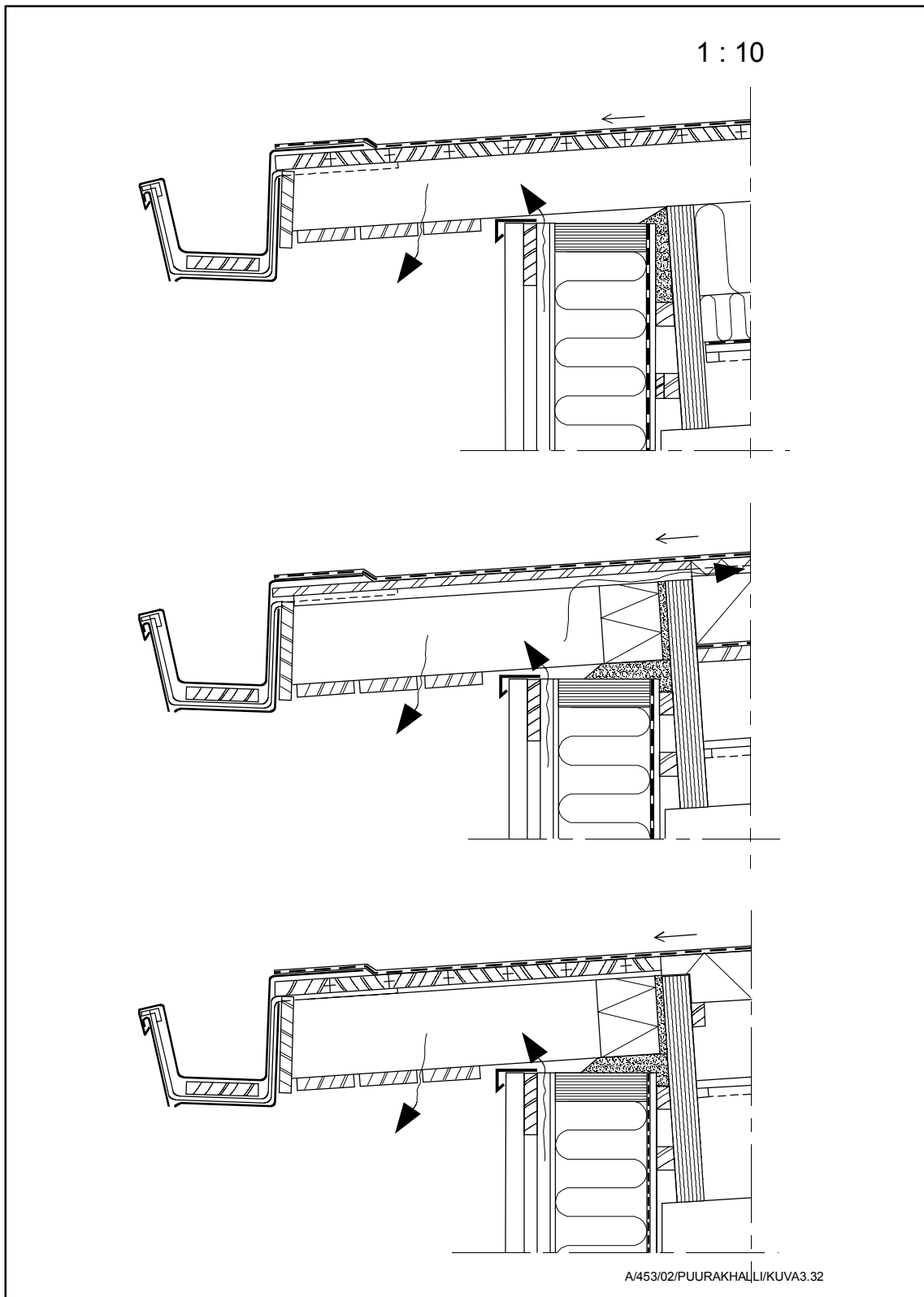
- Kattorakenteen ilma- ja vesitiiviyyden varmistaminen

### *Keinot*

- Elementtien asennus elementtivalmistajan ohjeiden mukaan.
- Elementtien välisten liitosten ilma- ja vesitiiviyyden varmistaminen elementtivalmistajan ohjeiden mukaan.
- Elementtien välisten saumojen ja vesikatteen saumaus vaatii huolellisuutta työnsuorituksessa.

### *Perustelu*

- Elementtien reunoissa olevien kantavien rakenteiden ja saumavaahdon läpi tapahtuva diffuusio ei aiheuta ongelmia rakenteen toimivuudelle, koska elementtien välisten saumojen osuus koko katon alaan verrattuna on pieni.
- Otettava huomioon liitoksissa tapahtuvat liikkeet



**Kuva 3.32** Leveä räystäsrakenne, räystäättömät rakenteet on esitetty kohdan ”Yläpohjarakenteen tuuletus” kuvassa 3.30.



### 3.4.2 Räystäsrakenne

27

#### Räystäsrakenne

Pellityksistä ja räystäistä lisää tietoa mm. RIL 107-2000.

##### *Toiminnallinen tavoite*

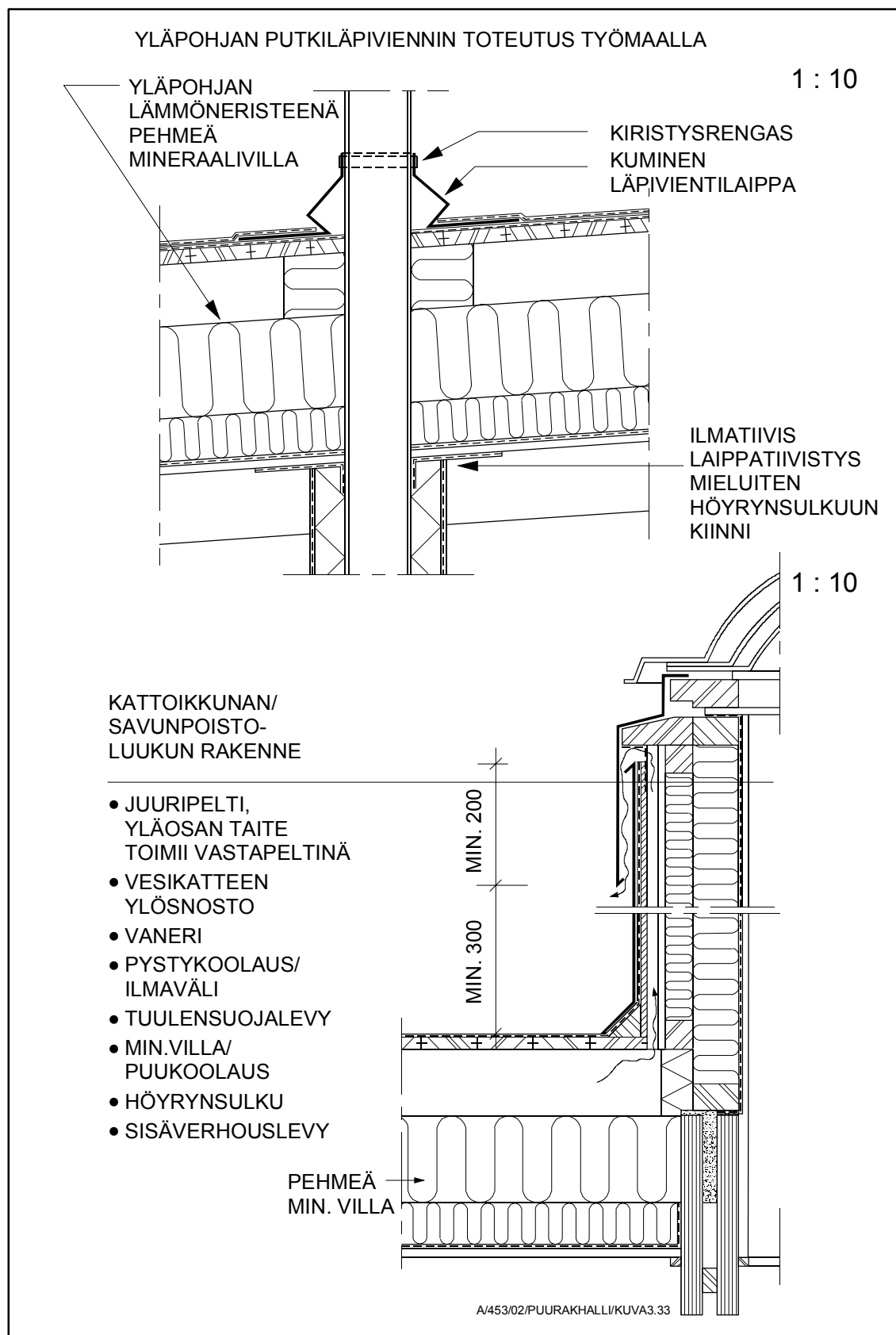
- Suojata seinän ja katon liitosta sekä tuuletusreittejä sadevedeltä ja lumelta
- Vähentää viistosaderasitusta ulkoseinän yläosaan

##### *Keinot*

- Leveä räystäsrakenne on yleensä suositeltavin ratkaisu.
- Kapealla räystäällä (sisäpuolisen vedenpoiston yhteydessä) reuna korotetaan väh. 100 mm. Räystäspelti ulotetaan väh. 70 mm julkisivun yläreunaa alemmas ja väh. 30 mm seinäpinnan ulkopuolelle. Vedeneristys ulotetaan seinäpinnan ulkopuolelle. Räystäspelti varustetaan tippanokalla. Ks. kohta (31).
- Räystäättömässä/ kapearäystäisessä rakenteessa on suositeltavaa käyttää aina myrskypeltiä.
- Räystäskourut asennetaan seinälinjan ulkopuolelle. Ks. kohta (32).

##### *Perustelu*

- Leveä räystäsrakenne suojaa seinän yläosaa viistosaderasitukselta.
- Tuulen kattopintaa pitkin kuljettaman veden pääsy räystään yli seinälle ja seinäpinnalle estyy, kun kapealla räystäällä on korotus.
- Kun vedeneriste on ulotettu seinäpinnan ulkopuolelle, räystään yli valuva vesi ei valu seinärakenteen sisään.
- Viistosaderasitus on suurin seinän yläosassa. Mikäli käytetään kapeaa räystästä, on julkisivumateriaali valittava siten, että se kestää hyvin sadevesirasitusta.
- Tuulenpaineen vaikutuksesta vesikalvo liikkuu seinäpintaa pitkin, myös ylöspäin joten veden (ja lumen) pääsy seinä- ja kattorakenteisiin on estettävä.
- Myrskypelti on aina suositeltava, erityisesti meren/järven rannalla ja tuulisilla paikoilla sekä sellaisen julkisivumateriaalin yhteydessä, jolla on hidaskäyttökyky



**Kuva 3.33** Lämpivienti tuulettuvan, mineraalivillaeristeisen kattorakenteen läpi.

### 3.4.3 Läpiviennit

Yläpohjarakenteen on oltava vedenpitävä ulkopuolelta ja ilmanpitävä sisäpuolelta. Ilmavuodot rakenteen läpi on estettävä. Läpiviennit tulee suunnitella ja tehdä siten, että rakenne on ilma- ja vesitiivis. Höyrynsulkumateriaalille asetetaan vaatimukset rakennuksessa olevien toimintojen mukaan.

Käytettäessä lämmöneristeenä ilmanpitäviä eristeitä, esim. polyuretaania tai –styreeniä, saadaan läpiviennin ja yläpohjan liitoksesta tiivis käyttämällä vaahdotusta tiivisteenä liitoksessa.

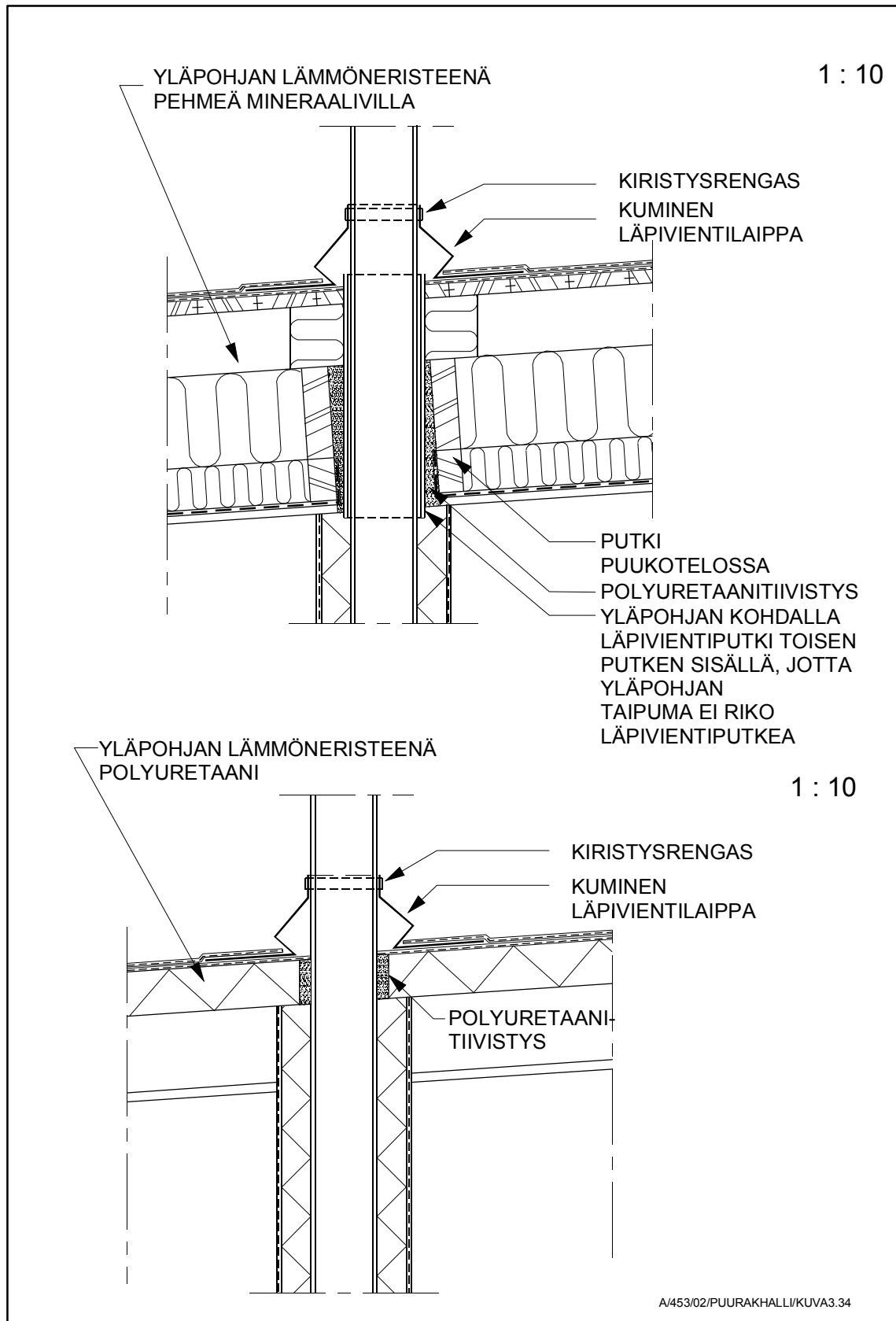
Mineraalivillaeristettä käytettäessä on läpiviennit vaikeampi saada ilmatiiviiksi. Laipalliset läpiviennit, läpivientikappaleiden tiivistäminen höyrynsulkuun, etukäteen tehty kotelointi läpivientejä varten ja vaahdon käyttäminen liitoksessa varmistavat liitoksen ilmatiiviyttä. Käytännön rakennustyössä esim. urakkarajat voivat muodostua riskitekijäksi liitosten ilmatiiviydelle.

Rakenteen ilma- ja vesitiivisyys on vaarassa huonontua, mikäli läpivientejä varten ei ole vaadittavaa varausta ja kiinnitysalustaa tai tiivistys tehdään huolimattomasti. Useiden lähekkäisten läpivientien sijaan tulisi koteloida useampi putki yhdeksi isommaksi läpivienniksi. 20 mm tai 200 mm läpiviennit ovat yhtä riskialttiita rakenteen ilmatiiviyden kannalta. Työn huolellisuus on ensiarvoisen tärkeää.

Rakenteen ulkopuolen eli vesikatteen tiivisyys liitosten kohdalla varmistetaan nostamalla vedeneristys vähintään 300 mm kattopinnan yläpuolelle ja 100 mm padotuskorkeuden yläpuolelle. Katteen nostot suojataan kauluspellityksin.

Läpiviennit käsitellään kolmeen ryhmään jaoteltuina. Pienet läpiviennit ja suuret läpiviennit menevät koko kattorakenteen, sekä höyrynsulun että vesikatteen, läpi. Niiden kohdalla on otettava huomioon sekä katteen säilyminen vesitiiviinä että höyrynsulun säilyminen ilmatiiviinä. Muut läpiviennit lävistävät vain vesikatteen, esim. alipainetuulettimet. Pelkästään yläpohjan höyrynsulun läpivientejä ei käsitellä erikseen, niihin pätee pienten ja suurten läpivientien kohdalla mainitut seikat höyrynsulun tiiviyden vaatimuksista.

Läpivientien suunnittelun ja toteutuksen onnistumiseksi suunnittelunohjaukseen ja suunnitelmien yhteensopivuuden varmistamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.



**Kuva 3.34** Pienen läpiviennin tiivistäminen ilmatiiviiksi mineraalivillaeristeisessä ja polyuretaanieristeisessä katossa.

## Pienet läpiviennit

### *Toiminnallinen tavoite*

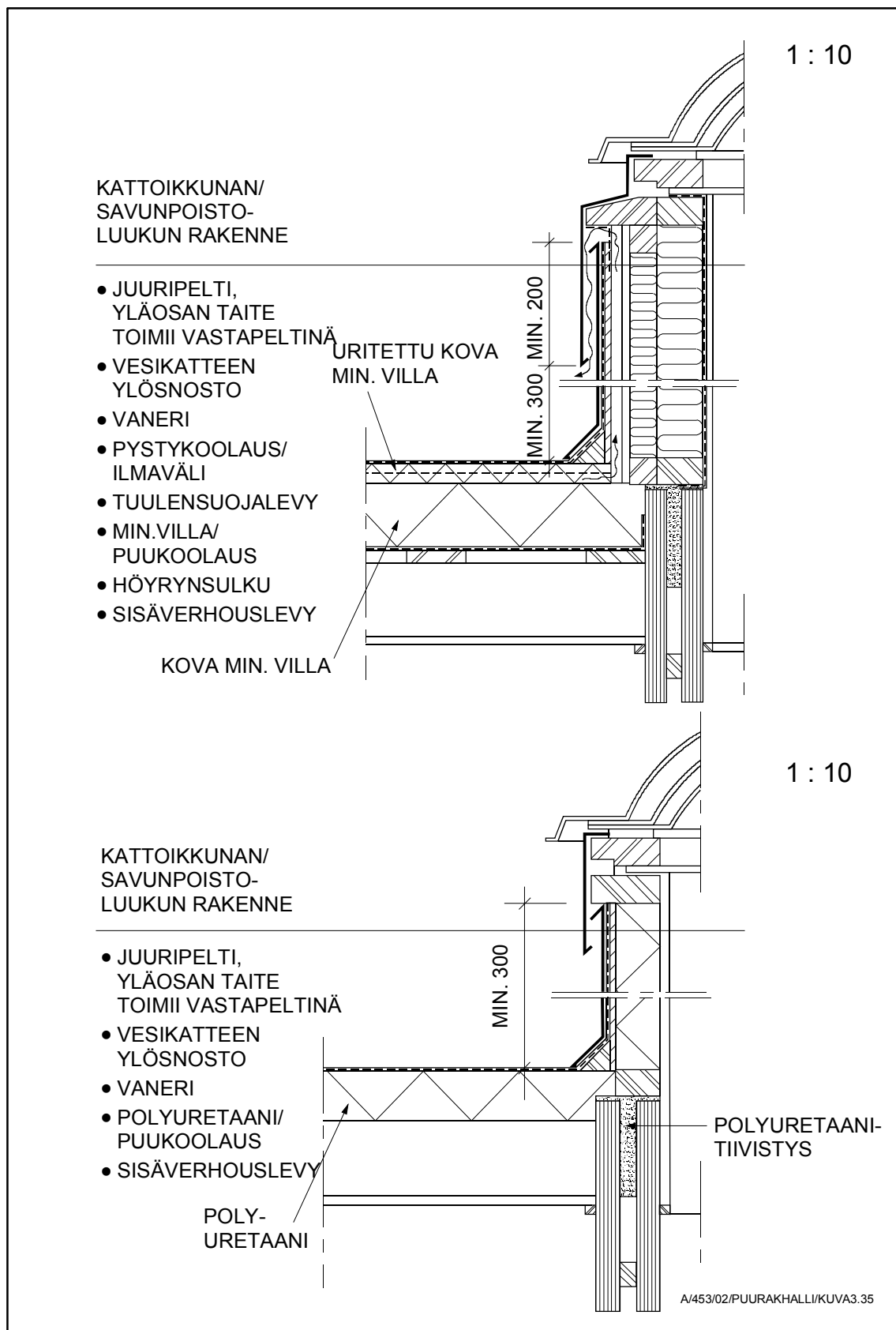
- Yläpohjarakenteen on oltava vedenpitävä ulkopuolelta ja ilmanpitävä sisäpuolelta. Ilmavuodot rakenteen läpi on estettävä.
- Läpiviennit tulee tehdä siten, että rakenne on ilma- ja vesitiivis.

### *Keinot*

- Lävistyksset (hormit, tuuletusputket) on pyrittävä sijoittamaan lähelle katon harjaa (kattotyypistä riippuen). Lävistyksiä ei sijoiteta sisätaitteisiin. Läpimenot, kaivot ja muut yksityiskohdat sijoitetaan vähintään 500 mm etäisyydelle toisistaan, räystäistä ja katolta ylösnousevista rakenteista. Vaihtoehtoisesti ne voidaan toteuttaa yhtenä koteloituna rakenteena. (RIL 107-2000).
- Kattokaivot: tiiviit liitokset sekä vesikatteeseen että höyrynsulkuun, lisätietoa mm. RIL 107-2000
- Ilmanvaihtohormien liitokset: asennetaan kaulus vedeneristeen ylösnoston (300 mm) suojaksi.
- Tiiviit höyrynsulun läpiviennit saadaan esim. käyttämällä laipallisia joustavia putkiläpivientikappaleita.
- Suunnittelemattomia läpivientejä tulee välttää. Viemäreiden tuuletusputkien sijainnista on toimitettava tieto ajoissa kattoelementtien valmistajalle.

### *Perustelu*

- Kattokaivot ja putket ovat yleensä metallirakenteisia (kuparia), jolloin höyrynsulun alapuolelle putken kylmään ulkopintaan pyrkii kondensoitumaan kosteutta. Liitoksen höyrynsulun ja vedenpoistoputken välillä on oltava tiivis. Samoin kattokaivon ja vesikaton liitoksen on oltava tiivis. Lämmitettävissä eristetyissä kattokaivoissa lämmityksen ajoittainen päälle kytkentä ja sammutus aiheuttavat kondenssiriskin.
- 20 mm tai 200 mm läpiviennit ovat yhtä riskialttiita rakenteen ilmatiiviyden kannalta. Antennien, sähköputkitusten jne. kohdalla on noudatettava samaa huolellisuutta kuin isompien läpivientien kohdalla.



**Kuva 3.35** Kattoikkunan/savunpoistoluukun liitoksen tiivistäminen ilmatiiviiksi ”kovavillakatossa” ja polyuretaanieristeisessä katossa.

## 29 Suuret läpiviennit

### *Toiminnallinen tavoite*

- Yläpohjarakenteen on oltava vedenpitävä ulkopuolelta ja ilmanpitävä sisäpuolelta. Ilmavuodot rakenteen läpi on estettävä.
- Läpiviennit tulee tehdä siten, että rakenne on ilma- ja vesitiivis.

### *Keinot*

- Savunpoistoluukku, kattoikkuna, muut suuret aukot: tiiviit liitokset sekä vesikatteeseen että höyrynsulkuun, huolellinen työn toteutus.
  - o Riittävän korkea
  - o Normien mukaiset suojapellitykset
  - o kaltevilla katoilla suunta tai vastakallistukset

### *Perustelu*

- Savunpoistoluukku/kattoikkuna ei saa katkaista yhtenäistä tuuletusväliä.
- Kauluspelti suojaa vedeneristettä auringonpaisteen aiheuttamilta vaurioilta pystysaumoihin. Vesi ei pääse vedeneristeen ja kiinnitysalustan väliin. Erityisesti nurkat voivat olla vuotopaikkoja.

## 30 Muut läpiviennit

Esimerkiksi katon varusteet

### *Toiminnallinen tavoite*

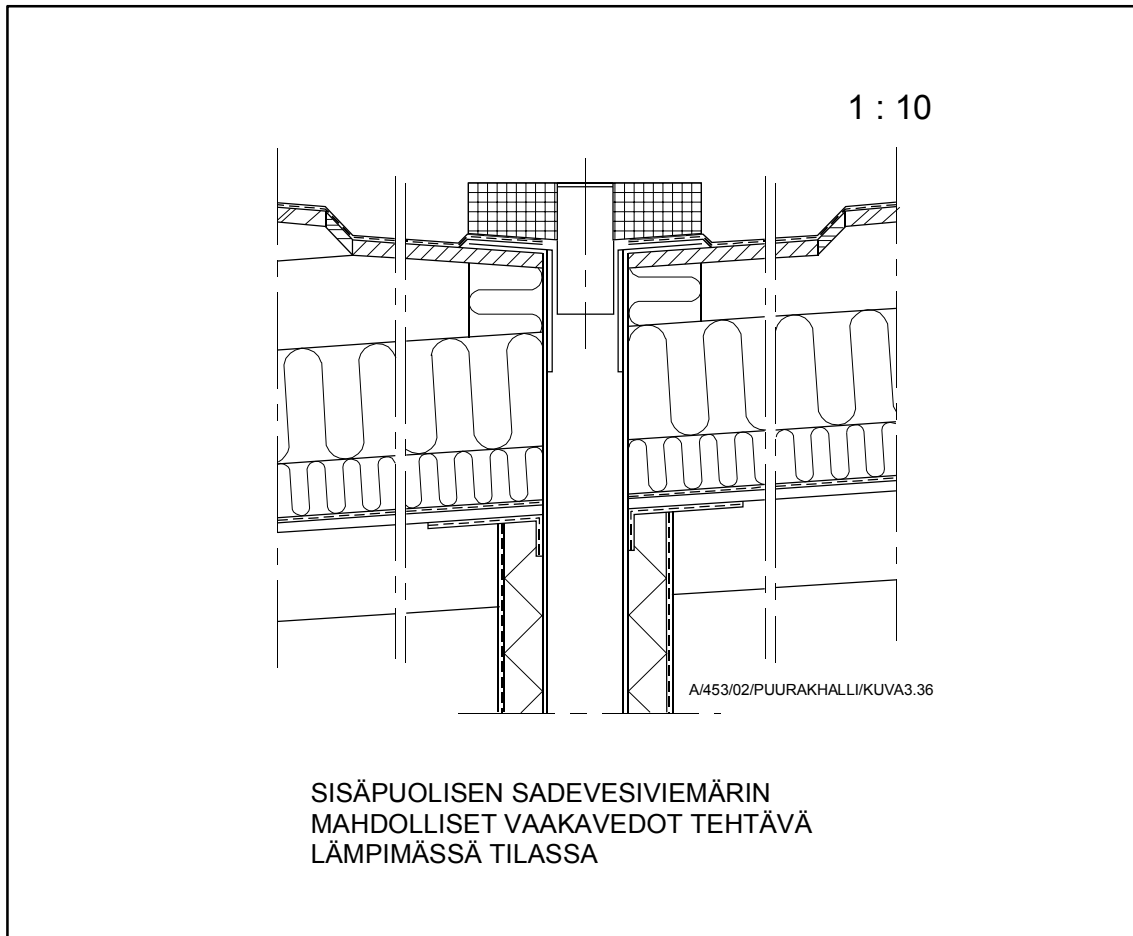
- Yläpohjarakenteen on oltava vedenpitävä ulkopuolelta.

### *Keinot*

- Katon varusteiden kiinnityksiin on kiinnitettävä erityistä huomiota
- Alipainetuulettimien liitoksen vedeneristeseen on oltava tiivis

### *Perustelu*

- Kiinnityksessä on otettava huomioon katon vedeneristeen säilyminen vesitiiviinä.



**Kuva 3.36** Sisäpuolinen vedenpoisto: kattokaivo ja vedenpoistoputki. Kattokaivossa olisi käytettävä ritilää, sillä ritilä on helpompi puhdistaa kuin tukkeutunut vedenpoistoputki.



### 3.4.4 Vedenpoisto

#### 31 Sisäpuolinen vedenpoisto

##### *Toiminnallinen tavoite*

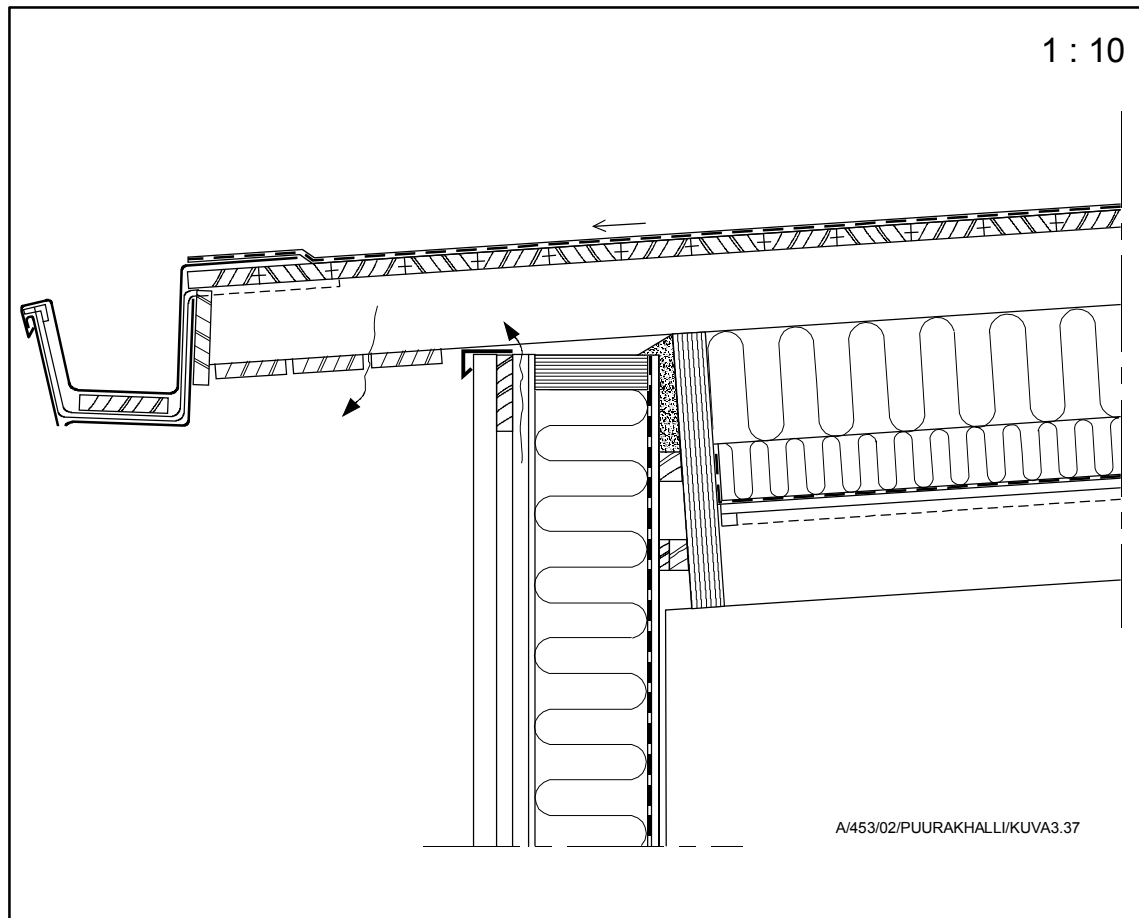
- Ulkopuolisen kosteusrasituksen minimointi kattokaivojen ja sisäpuolisten vedenpoistoreittien välityksellä.

##### *Keinot*

- Kattokaivot ja sisäpuoliset poistoreitit eristetään siten, ettei vettä tiivisty eikä jäädy haitallisesti.
- Vastakallistukset ja sisäjiirit suunniteltava ja toteutettava huolella.
- Kattokaivon tukkeutumisen varalta on suunniteltava ylivuotokohdat siten, että vesi pääsee poistumaan viereisille kattokaivoille.

##### *Perustelu*

- Vastakallistuksia suunniteltaessa on otettava huomioon pää- ja sekundääripalkkien taipumat, kallistusten tulee olla riittävät taipumista huolimatta.
- 1-laivaiseen halliin saadaan kallistukset esimerkiksi siten, että joka toinen primäärikannatin on ylempänä.
- Vedenpoistokanavien on oltava helposti puhdistettavat.
- Vedenpoistoreittien jäätymistä voidaan torjua esim. sähkölämmityksellä. Lämmityskaapeleiden tehon on oltava riittävä ja niiden on ulotuttava tarpeeksi pitkälle. Lumen sulamisveden jäätyminen lisää kosteusvaurioriskiä mikäli kate ei ole tiivis.
- Rakennusaikaisen ensimmäisen talven aiheuttamat ongelmat: Rakennusaikana ei ole lämmitys päällä ja lumen sulamisvesi jäätyy kattokaivoihin ja poistoputkiin. Seuraavalla suojasäällä kattokaivon ympärille muodostuu lätäkkö. Seuraavat pakkasjaksot ja lumisateet lisäävät katon kuormitusta kattokaivon ympärillä, koska sulanut vesi ei pääse poistumaan. Vedenpoistojärjestelmän lämmitys olisi kytkettävä päälle jo rakennusaikana.



**Kuva 3.37** *Ulkopuolinen vedenpoisto. Talvella räystäälle jäätyvä vesi saattaa padota yläpuolelta juoksevan veden, jolloin seurauksena on vesivuotoja, ellei kate ole tiivis.*

## Ulkopuolinen vedenpoisto

### *Toiminnallinen tavoite*

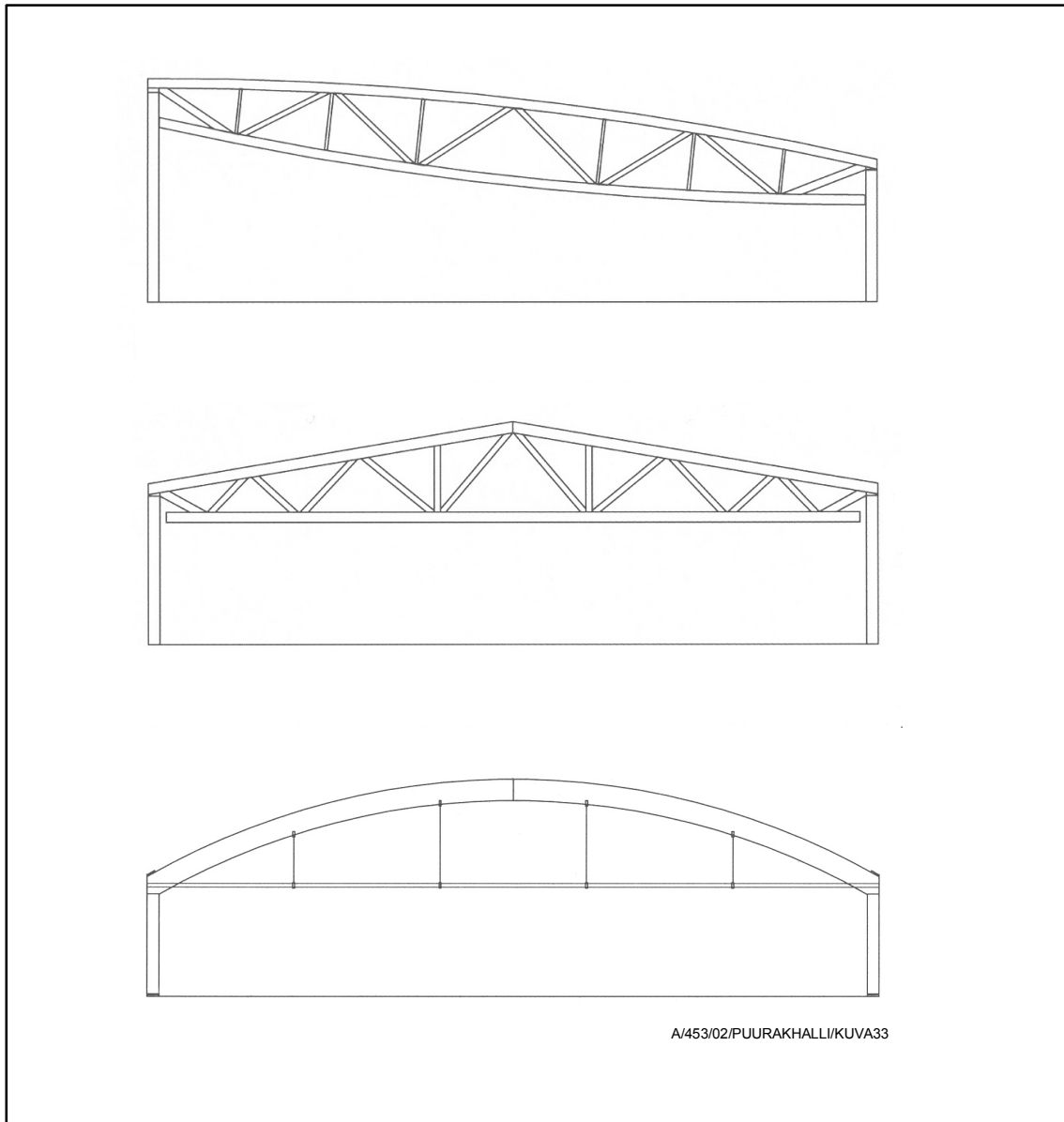
- Veden johtaminen hallitusti pois katolta.
- Ulkopuolisen kosteusrasituksen minimointi

### *Keinot*

- Vedenpoisto räystäskourujen ja syöksytorvien välityksellä.
- Räystäskouruja ei asenneta seinärakenteen sisään tai seinälinjan päälle (kapeat räystäät)
- Syöksytorvien saumoja ei asenneta seinän puolelle ja kiinnikkeiden oltava alaspäin (seinästä poispäin) viettävät
- Lumen sulamista kattopinnalla voidaan vähentää yläpohjan kunnollisella lämmöneristyksellä, riittäväällä tuuletusvälillä (myös räystäillä) ja hyvällä yläpohjan tuuletuksella. Lämpövuotojen ehkäisy yläpohjan läpi tuuletustilaan vähentää osaltaan lumen sulamista kattopinnalla.
- Vedenpoistokanavien on oltava helposti puhdistettavat.

### *Perustelu*

- Käytettäessä kapearäystäisen harjakaton yhteydessä ulkopuolista vedenpoistoa myrskypelti suojaa seinää kourun vuotovesiltä.
- Kattopinnalla lumen alla sulava vesi jäätyy tullessaan kylmälle kattopinnalle tai kylmiin kouruihin ja syöksytorviin. Räystäälle jäätyvä vesi saattaa padota yläpuolelta juoksevan veden, jolloin seurauksena on vesivuotoja, ellei kate ole tiivis. Räystäälle muodostuvat isot jääpuikot voivat pudotessaan alapuolella olevalle katolle aiheuttaa reikiä katteeseen. Jääpuikot ovat myös turvallisuusriski.
- Vedenpoistoreittien toimivuus on ensisijaisesti varmistettava suunnittelun keinoin. Tarvittaessa voidaan jäätymistä torjua esim. sähkölämmityksellä.
- Pakkasten jälkeen tulevan suojakelin aikana myös tuuletustilan lämpötila nousee ja lämpöä nousee ylöspäin vesikattorakenteeseen aiheuttaen lumen sulamista. Lumen sulaminen suojakelillä ei aiheuta ylimääräistä kosteusriskiä mikäli vedenpoistoreitit ovat myös sulana.
- Käytettäessä ulkopuolista vedenpoistoa on otettava huomioon, että katolta tulevat vesimäärät ovat suuria. Kaikki vuodot katon vedenpoistojärjestelmässä ovat haitallisia myös seinärakenteen kannalta.



**Kuva 3.38** Tyypillisiä hallirakennusten kattomuotoja. Katon kantavat rakenteet voivat olla ristikko- tai palkkirakenteita. /6/

### 3.4.5 Vesikate

33

## Vesikate

### *Toiminnallinen tavoite*

- Katteen vesitiiviys

### *Keinot*

- Suunnittelussa on otettava huomioon katemateriaalin ominaisuudet ja UV-suojaus, alustan ominaisuudet, kattokaltevuus sekä vesikaton vaatimat huoltotoimenpiteet.
- Vesikate on asennettava lämmöneristeen yläpuolelle mahdollisimman nopeasti, jotta rakennusaikainen kastuminen vältetään.
- Käytettäessä tehtaalla vedeneristettyjä kattoelementtejä elementtien välinen saumaus ja katon vedeneristys ovat nopeasti valmiit.
- Huolehdittava rakentamisen aikaisesta suojauksesta
- Pyritään välttämään liikuntasauvoja vesikatolla. Jos käytetään liikuntasauvoja, kallistukset ja vesien poisjohtaminen järjestettävä siten, ettei vesiä valu liikuntasauvan yli. Tämä saattaa lisätä kattokaivojen lukumäärää (RIL 107-2000)

### *Perustelu*

- Käytettäessä loivalla katolla 1-kerroskatetta asennus vaatii todella huolellista ja ammattitaitoista asennustyötä. Jokaisen sauman on oltava vesitiivis.
- Monikerroksisessa kermikatteessa on useampi vesitiivis kerros, jolloin pieni vuoto ei aiheuta välttämättä heti vaurioita.
- Liimausbitumin oltava samaa joustavaa materiaalia kuin kate. Puhallettu bitumi lasittuu pakkasessa.
- Katemateriaalin ominaisuudet (kutistuminen/taivutettavuus) on otettava huomioon katon yksityiskohtien suunnittelussa.
- Katolle kertyvä jää voi rikkoa katteen. Mikäli suuri määrä vettä kertyy yhteen pisteeseen, saattaa aiheutua kosteusteknisiä ongelmia.
- Monimuotoisissa katoissa on pyrittävä välttämään kapeita, vettä ja lunta helposti kerääviä paikkoja. Runsaasti vettä keräävät kohdat voivat aiheuttaa ylimääräisiä rasituksia ja kuormituksia. Lisäksi katon vaatimia huoltotoimenpiteitä on vaikea toteuttaa.
- Käytettävät katemateriaalit ovat yleensä kestäviä. Suurimmat vuoto-ongelmat ilmenevät sisäjiirien ja läpivientien kohdalla. Niiden suunnitteluun ja toteutukseen on kiinnitettävä erityistä huolellisuutta.
- Lisärakentamiseen katolla (laajennus tai uudet läpiviennit) sisältyy riski vesieristeen rikkoutumisesta. Tällöin on huolehdittava asianmukaisesta suojauksesta kulku ja työskentelyaluilla.

## 3.5 Ilmanvaihto

### 3.5.1 Ilmanvaihtojärjestelmät

Rakennuksen ilmanvaihto vaikuttaa merkittävästi rakennuksen toimivuuteen. Tehokkaalla ilmanvaihdolla voidaan edistää rakenteiden kuivumista ja pienentää sisäilmasta rakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Hyvin toimiva ilmanvaihto voi estää kosteusvaurioiden muodostumista. Toimimaton tai väärin toimiva ilmanvaihto voi aiheuttaa tai nopeuttaa kosteusvaurioiden muodostumista. Ilmanvaihdon määrälle asettavat rakenteiden kosteusteknisen toiminnan lisäksi vaatimuksia myös monet muut tekijät, kuten sisäilman hiilidioksidipitoisuus ja muut epäpuhtaudet. Rakennuksen ensimmäisen käyttövuoden aikana ilmanvaihdon tulee olla normaalia tehokkaampaa rakennusaikaisen kosteuden ja materiaaliemissioiden poistamiseksi.

#### **HYVÄN ILMANVAIHDON OMINAISUUDET**

- Ilmavirrat ovat puhtaista tiloista likaisiin päin.
- Ilma ei virtaa suoraan tuloilmaventtiilistä poistoilmaventtiiliin.
- Huonetila on lievästi alipaineinen ulkoilmaan nähden, mikä ehkäisee kosteuden kulkeutumista rakenteisiin.
- Vedoton, äänetön ja hajuton
- Energiataloudellinen, lämmöntalteenotto
- Helposti säädettävissä, ilmavirtojen tasapainotus
- Helppo käyttää ja huoltaa:
  - Ei liian monimutkainen
  - Venttiilit, kanavat ja muut komponentit helposti puhdistettavissa
  - Suodattimen vaihto ja puhdistus helppoa
  - Käyttäjä ei voi säätää kokonaan pois päältä

**Painovoimainen ilmanvaihto** perustuu ilman lämpötilaeroihin ja tuulen aiheuttamiin paine-eroihin ulko- ja sisäilman välillä. Ilmanvaihdon ilmavirrat vaihtelevat sääolosuhteiden mukaan, ollen talvella suurimmillaan ja kesällä lähes olemattomat. Painovoimaisen ilmanvaihdon ongelmia ovat liian pieni, suuri tai vaihteleva ilmanvaihto. Ilmanvaihdon määrä riippuu korvausilmaventtiilien koosta, rakennuksen vaipan tiiviyydestä ja tiiviyyden vaihteluista rakennuksen eri osissa. Painovoimaisella ilmanvaihdolla ei voida toteuttaa tarpeenmukaista, hallittua ilmanvaihtoa.

**Koneellisessa poistoilmanvaihdossa** ilmavirtausta tehostetaan poistopuhaltimen avulla. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa venttiilien ilmavirtaus saadaan periaatteessa vakioksi. Ilmavirtausta säädetään puhaltimien tehoa tai venttiilien ja kanavien ilmavirran vastusta muuttamalla. Raittiin ilman tuonti perustuu korvausilmaventtiileihin ja/tai rakennuksen vaipan vuotoihin. Jos tuloilmaa ei lämmitetä, ilmavirta saattaa aiheuttaa vedontunnetta. Vedon ja energiansäästön takia tulo- ja poistoilmaventtiilejä usein tukitaan, mikä heikentää ilmanvaihtoa oleellisesti. Usein koneellisen poiston käyttäjät ja tehot on säädetty ilmanvaihdon tarpeeseen nähden liian alhaisiksi. Koneellisen poistoilmanvaihdon tulisi olla aina vähintään ns. puoliteholla.

**Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla** saadaan varmimmin riittävä, jatkuva ja hallittu ilmanvaihto kaikkiin tiloihin. Rakennuksen vaipan tulee olla tiivis, jolloin rakennus voidaan pitää alipaineisena ulkoilmaan nähden. Koneellisen tulo- ja poistoilman etuna on mahdollisuus tehokkaaseen tuloilman suodatukseen, tuloilman lämmitykseen (useimmiten jälkilämmityspatterilla) sekä lämmöntalteenottoon poistoilmasta. Keskeisimpiä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon puutteita voivat olla melu, veto sekä selkeiden käyttöohjeiden ja huollon puute. Järjestelmä on herkkä säädölle ja käytölle. Virheellinen järjestelmän säätö tai käyttö voi aiheuttaa rakennukseen ylipainetta, mikä lisää kosteuden siirtymistä sisätilasta rakenteisiin. Koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa ei saa koskaan kytkeä kokonaan pois päältä.

**Ilmastointijärjestelmässä** koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään on lisätty ilmankäsittely, esim. jäähdytys- ja/tai kostutusjärjestelmä.

### 3.5.2 Tarpeen mukainen ilmanvaihto

**Ilmanvaihtoa koskevat viranomaisten määräykset ja ohjeet.** Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 on annettu ohjearvoja rakennusten sisäilmastolle käyttötarkoituksen mukaan koskien ilman lämpötilaa, virtausnopeuksia, raitisilmavirtoja ja ilman epäpuhtauksia. D2:ssa ”Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet” annetaan ulkoilmavirralle eli sisään otettavalle ilmalle ohjearvot sekä tilan pinta-alaa että henkilömäärää kohti.

Tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa ilmanvaihdon määrä on säädeltävissä eri käyttötilanteiden mukaan siten, että aina saavutetaan vaadittu sisäilmasto ja ilmanvaihtuvuus. Ilmanvaihdon tehtävä on taata riittävän hyvä sisäilma niin rakennuksen käyttäjille kuin rakennuksen oikean kosteusteknisen toiminnan takia. Esimerkiksi liikuntatiloissa on otettava huomioon eri käyttäjämäärät: harjoituskäyttö, kilpailukäyttö ja tyhjäkäyttö (esim. yöajat). Liikuntahallien kohdalla on otettava huomioon myös liikuntalajien asettamat vaatimukset esim. ilmavirroille. Tuotanto- ja myymälähalleissa ilmanvaihdon on toimittava myös yöaikaan, viikonloppuisin ja lomaaikoina. Näinä aikoina pienempi ilmanvaihdon teho on riittävä.

### 3.5.3 Hallittu järjestelmä parempi kuin hallitsematon

Hallitulla ilmanvaihtojärjestelmällä on helpompi saada vaadittu sisäilmasto ja ilmanvaihtuvuus aikaan kuin hallitsemattomalla. Jotta ilmanvaihto toimii oikein ja halutulla tavalla, on tärkeää, että säädöt on tehty oikein ja käyttäjät on opastettu riittävän hyvin järjestelmän käyttöön.

Painovoimainen ilmanvaihto ja koneellinen poistoilmanvaihto ovat hallitsemattomia järjestelmiä, niiden toiminta perustuu vallitseviin sääolosuhteisiin ja tuloilmakanavien riittävyteen. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät ovat hallittuja järjestelmiä. Niiden avulla rakennuksen sisään saadaan halutut sisäilmasto-olosuhteet riippumatta vallitsevista sääolosuhteista.

### 3.5.4 Selkeät käyttöohjeet

Rakennus ja sen käyttötarkoitus asettavat reunaehdot ilmanvaihtojärjestelmien käytölle. Käyttäjä on opastettava ilmanvaihtojärjestelmän oikeaan käyttöön, jotta järjestelmästä saadaan suunniteltu hyöty. Käyttötilanteiden opastuksen lisäksi opastukseen kuuluu myös perusteiden selvitys: Minkä takia on sekä rakenteiden että terveellisyyden ja viihtyvyyden kannalta tärkeää, että ilmanvaihto toimii suunnitellulla tavalla? Ilmanvaihto tulee toteuttaa energiaa säästävästi, mutta ei riittävästä ilmanvaihdosta tinkimällä. Energiansäästöön vetoamalla ei voi pienentää ilmanvaihtoa tarpeettomasti tai kytkeä kokonaan pois päältä rakennuksen ollessa tyhjillään. Ilmanvaihto tulee olla säädettävissä eri käyttötilanteisiin. Hallin ollessa tyhjillään esim. yöaikaan, viikonloppuisin tai loma-aikoina pidetään päällä perusilmanvaihto. Ilmanvaihtoa ei missään olosuhteissa saa kytkeä kokonaan pois päältä.

#### **KÄYTTÄJÄN OPASTUKSESSA HUOMIOITAVAT ASIAT:**

##### **Perusteet, minkä takia suunniteltu ilmanvaihto on tärkeä?**

- Rakennuksen kannalta
- Terveellisyyden kannalta
- Viihtyvyyden kannalta

##### **Energian säästö otettava huomioon**

- Oikein säädetty järjestelmä
- Eri käyttötilanteiden huomioiminen
- Ilmanvaihtoa ei saa kytkeä pois päältä

##### **Eri käyttötilanteiden vaikutus**

- Millä teholla ilmaa vaihdetaan missäkin tilanteessa?
- Miten käytännössä toimitaan?

##### **Mahdolliset virhetilanteet: ongelmia ilmanvaihdon toiminnassa**

- Mihin otetaan yhteyttä, puhelinnumerot?



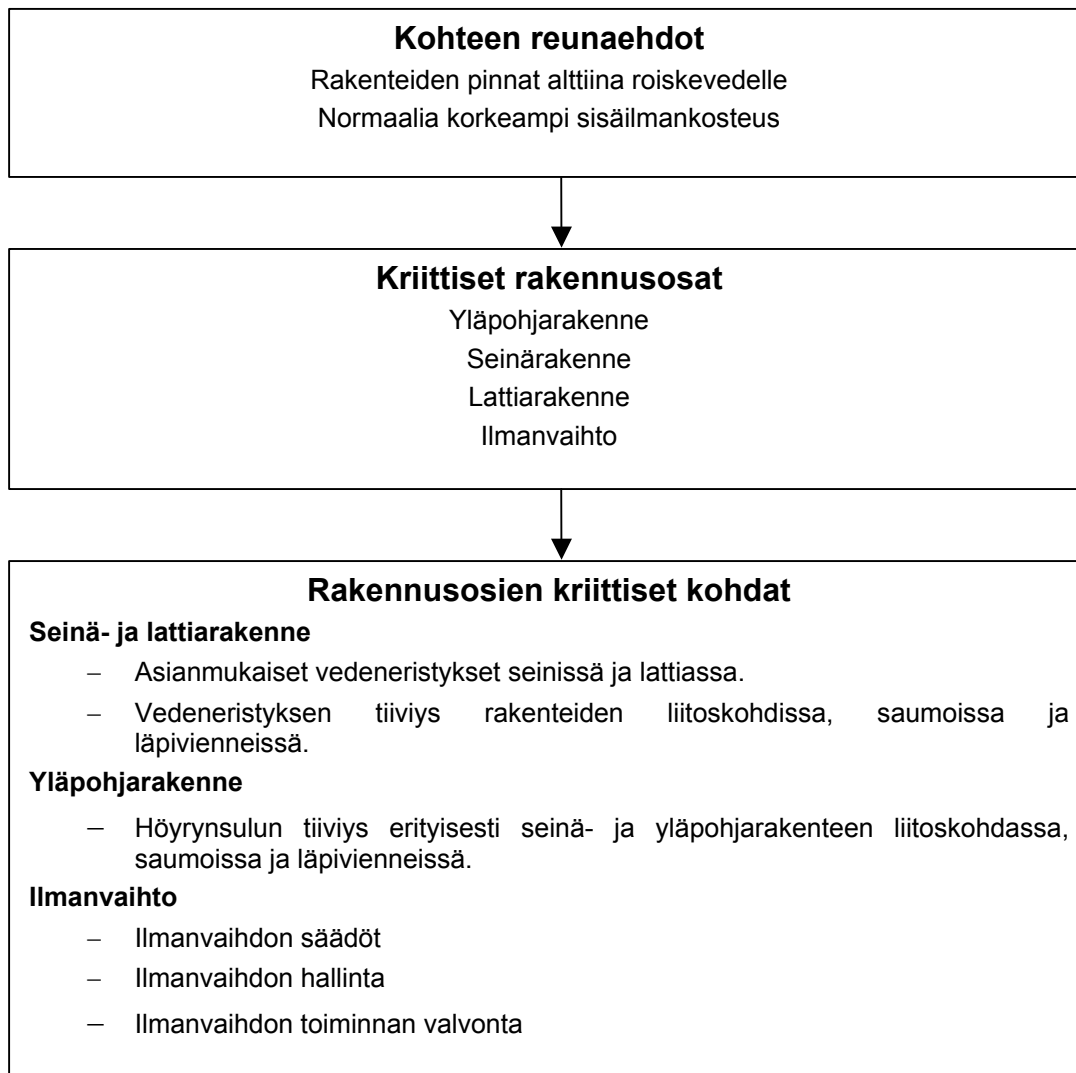
## 3.6 Erikoistilat

### 3.6.1 Märkätilat

Märkätiloilla tarkoitetaan tiloja, joissa käsitellään vettä ja rakenteiden pinnat joutuvat säännönmukaisesti roiskevedelle alttiiksi. Hallirakennusten kohdalla märkätilalla tarkoitetaan tässä yhteydessä lähinnä sosiaalityötilojen suihkuosastoja. Hallin käyttötarkoituksesta riippuen myös muut tilat voivat olla alttiina normaalia suuremmalle vesirasitukselle. Tällaisia tiloja on mm. uimahalleissa, jäähalleissa tai halleissa, joissa edellytetään paikallisesti suurempien vesimäärien käyttöä, esimerkkinä moottoriajoneuvojen pesu. Tällaiset käytön asettamat vaatimukset tulee huomioida tapauskohtaisesti kosteusteknisesti turvallisten rakenteiden periaatteiden mukaisesti.

Märkätilojen rakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon roiskevedelle alttiiden pintojen vedeneristys, rakenteiden kuivumismahdollisuus, kosteudenkestävyys, jäykkyys ja mahdollisimman pienet liikkeet. Vedeneristys asennetaan lattia- ja seinäpintoihin. Märkätilojen seiniä ei määräysten mukaan tarvitse tehdä kivirakenteisina, mutta se olisi suositeltavaa. Mikäli märkätilan seinät tehdään puurunkoisina ja levyrakenteisina, suositellaan käytettäväksi tiheämpää ranka/palkkijakoa tai kaksinkertaista levytystä. Puurakenteiden kuivuminen varmistetaan tekemällä rakenteen sisään kuivaan tilaan avoin tuuletusväli. Veden poistuminen märkätilan lattialta varmistetaan riittäväillä kallistuksilla lattiakaivoihin, lammitusputkien välttämiseksi on kallistukset tehtävä huolellisesti. Vedeneristykseen läpi tehdään mahdollisimman vähän läpivientejä ja läpiviennit on aina tiivistettävä huolellisesti. Vedeneristeiden kestävyysvaatimukset vaikuttavat eristeiden tiiviys, joustavuus ja halkeaman silloituskyky, alkalinen ja lämmönkestävyys, kosteuden kestävyys, saumojen ja liitosten tiiviys. Märkätilojen rakenteissa käytetään kosteuden kestäviä tasoitteita, laasteja, liimoja jne. / 4/

Märkätilojen kohdalla oikein toimiva riittävän tehokas ilmanvaihto on erityisen tärkeä. Kosteushaittojen estämiseksi märkätiloissa tarvitaan jatkuvatoiminen koneellinen ilmanvaihto. Tuloilman saanti on varmistettava joko koneellisesti tai riittäväillä tuloilmareiteillä esim. ovien alta. Rakenteisiin upotetut vesijohdot ja viemärit, vedeneristykseen rikkoutuminen tai puuttuminen seinistä ja lattiasta sekä läpivientien puutteellinen tiivistäminen, esim. lattiakaivon liitoskohdassa, muodostavat aina kosteusvaurioriskin märkätilojen rakenteiden materiaalista riippumatta. Puutteellinen ilmanvaihto lisää kosteusvaurioiden riskiä. /4/,/12/

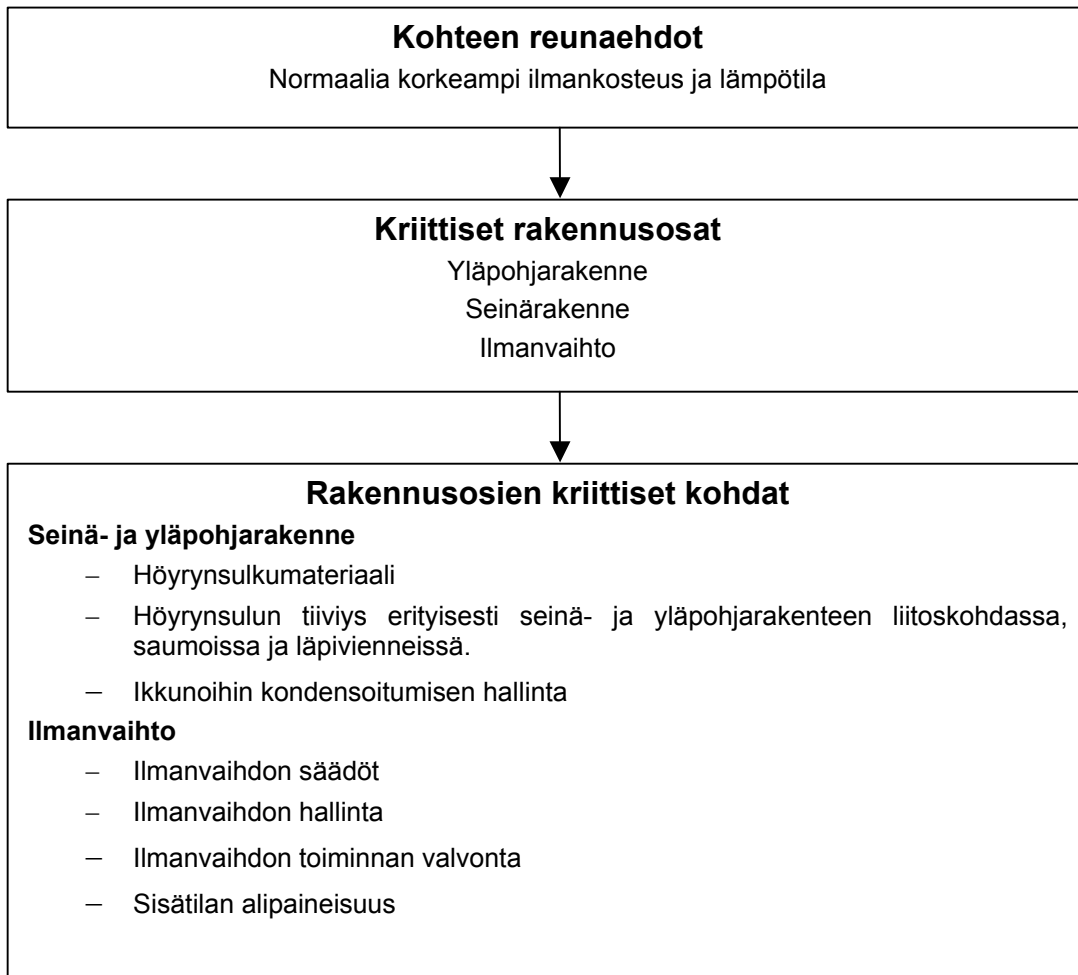


### 3.6.2 Kirjapainorakennuksen painotilat

Kirjapainon sisäilmaolot, korkea lämpötila ja korkea sisäilmankosteus, ovat erittäin vaativia rakenteille, erityisesti yläpohjarakenteille ja niiden tiiviydelle. Kirjapainorakennuksen painotilat ovat usein korkeita, joissa on vaarana rakennuksen yläosien ylipaineistuminen ulkoilmaan nähden. Ulkoseinien ja yläpohjan yli vaikuttava rakennuksen sisäpuolinen ylipaine on haitallinen, koska sen aiheuttaman ilmavirtauksen mukana sisäilman kosteutta kulkeutuu rakenteisiin ilmapuotokohtien kautta. Kylmänä vuodenaikana ylipaine rakennuksen sisätiloissa voi olla hyvinkin vahingollista rakenteille. Mikäli höyrynsulku puuttuu tai se ei ole riittävän tiivis, rakenteisiin kulkeutunut kosteus tiivistyy rakenteiden sisään.

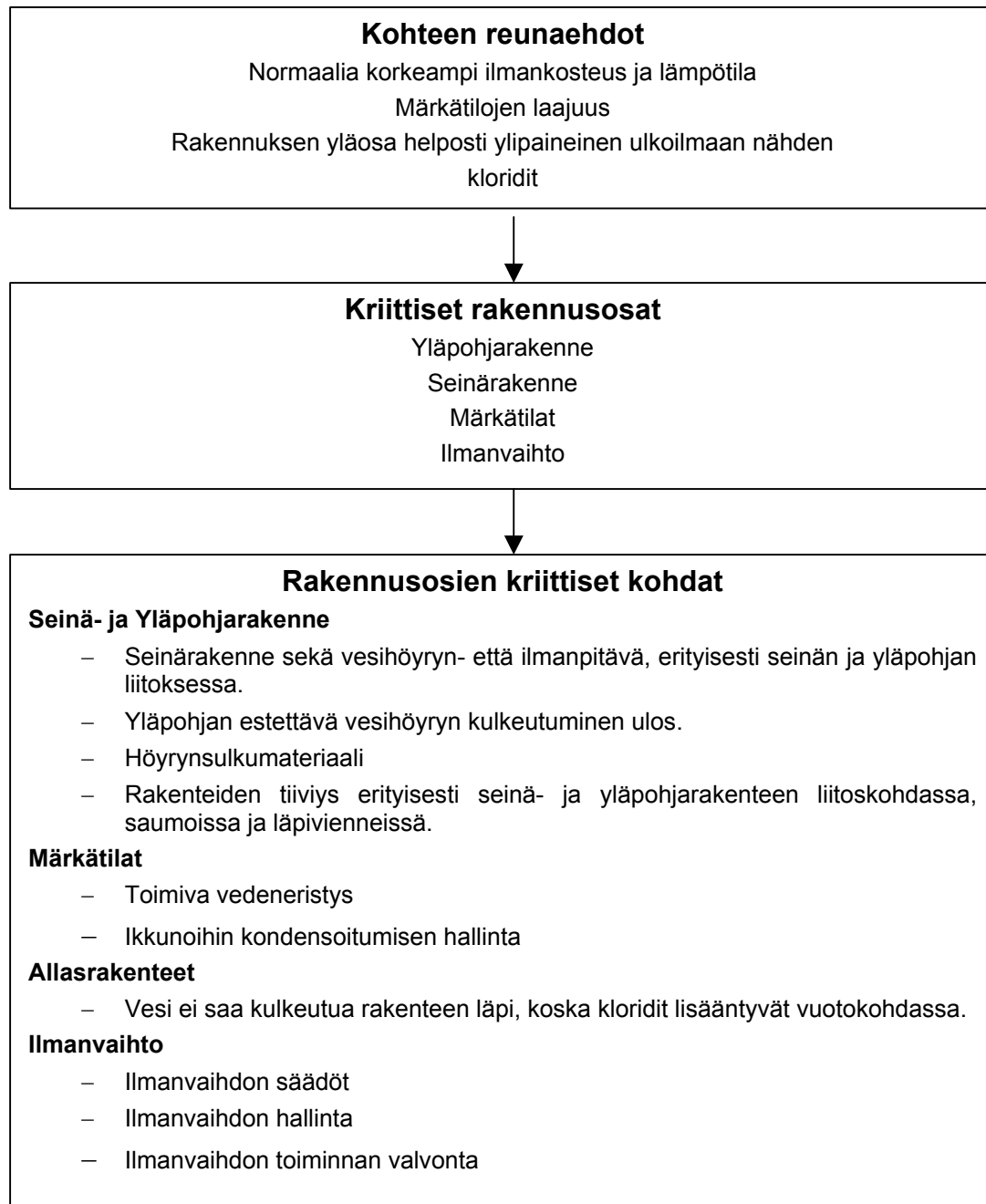
Kirjapainorakennuksissa rakennuksen käyttötarkoituksen vuoksi olosuhteita ei voi suunnitella rakenteiden kannalta edullisimmiksi. Vaativat sisäilmasto-olosuhteet on huomioitava jo rakenteita suunniteltaessa ja toteutettaessa. Haitallinen vaikutus kohdistuu erityisesti yläpohjarakenteisiin, mutta myös muihin rakenteisiin. Rakenteiden sisäpuolen on oltava vesihöyrytiiviä ja ilmanpitäviä, läpiviennit on tehtävä erityisen huolellisesti tiivistämällä. Höyrynsulun tiiviys on varmistettava jokaisessa liitoksessa ja läpiviennissä erikseen. Rakennuksen ilmanvaihto on suunniteltava siten, että

rakennuksen sisäpuoli pidetään alipaineisena ja olosuhteiden hallinnan sekä valvonnan on oltava helppoa ja jatkuvaa. Jotta korkean rakennuksen sisätilan pitäminen alipaineisena on mahdollista, tarvitaan koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto ja rakenteiden on oltava ehdottoman tiiviit. Ilmanvaihtoa ei missään olosuhteissa saa sulkea kokonaan.



### 3.6.3 Uimahallit

Uimahallien sisäilmaolosuhteet, normaalia korkeampi sisäilman kosteus ja lämpötila, ovat erittäin vaativia rakenteille ja erityisesti yläpohjarakenteille. Uimahallien sisäilma saattaa sisältää klorideja, jotka aiheuttavat korroosiota teräsosissa. Uimahallit ovat usein korkeita hallirakennuksia, joissa talviaikaan on vaarana rakennuksen yläosien ylipaineistuminen ulkoilmaan nähden. Ulkoseinien ja yläpohjan yli vaikuttava rakennuksen sisäpuolinen ylipaine on haitallinen, koska sen aiheuttaman ilmavirtauksen mukana sisäilman kosteutta kulkeutuu rakenteisiin ilmapuotokohtien kautta. Kylmänä vuodenaikana ylipaine rakennuksen sisätiloissa voi olla hyvinkin vahingollista rakenteille. Mikäli höyrynsulku puuttuu tai se ei ole riittävän tiivis, rakenteisiin kulkeutunut kosteus tiivistyy rakenteiden sisään.



Koska uimahalleissa rakennuksen käyttötarkoituksen vuoksi olosuhteita ei voi suunnitella rakenteiden kannalta edullisimmiksi, on vaativat sisäilmasto-olosuhteet otettava huomioon jo rakenteita suunniteltaessa ja toteutettaessa. Haitallinen vaikutus kohdistuu erityisesti yläpohjarakenteisiin, mutta myös muihin rakenteisiin. Rakenteiden sisäpuolen on oltava vesihöyrytiivitä ja ilmanpitäviä, läpiviennit on tehtävä erityisen huolellisesti tiivistämällä. Höyrynsulun tiiviys on varmistettava jokaisessa liitoksessa ja läpiviennissä erikseen.

Uimahallien märkätilat ovat laajoja. Peseytymistiloissa ja allasosastoilla rakenteet ovat alttiina jatkuvalla vesirasitukselle. Märkätilojen vedeneristystyö on tehtävä huolella.

Uimahallien ilmanvaihto on suunniteltava siten, että rakennuksen sisäpuoli pidetään alipaineisena ja olosuhteiden hallinnan sekä valvonnan on oltava helppoa ja jatkuvaa. Jotta korkean rakennuksen sisätilan pitäminen alipaineisena on mahdollista, tarvitaan koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto ja rakenteiden on oltava ehdottoman tiiviit.

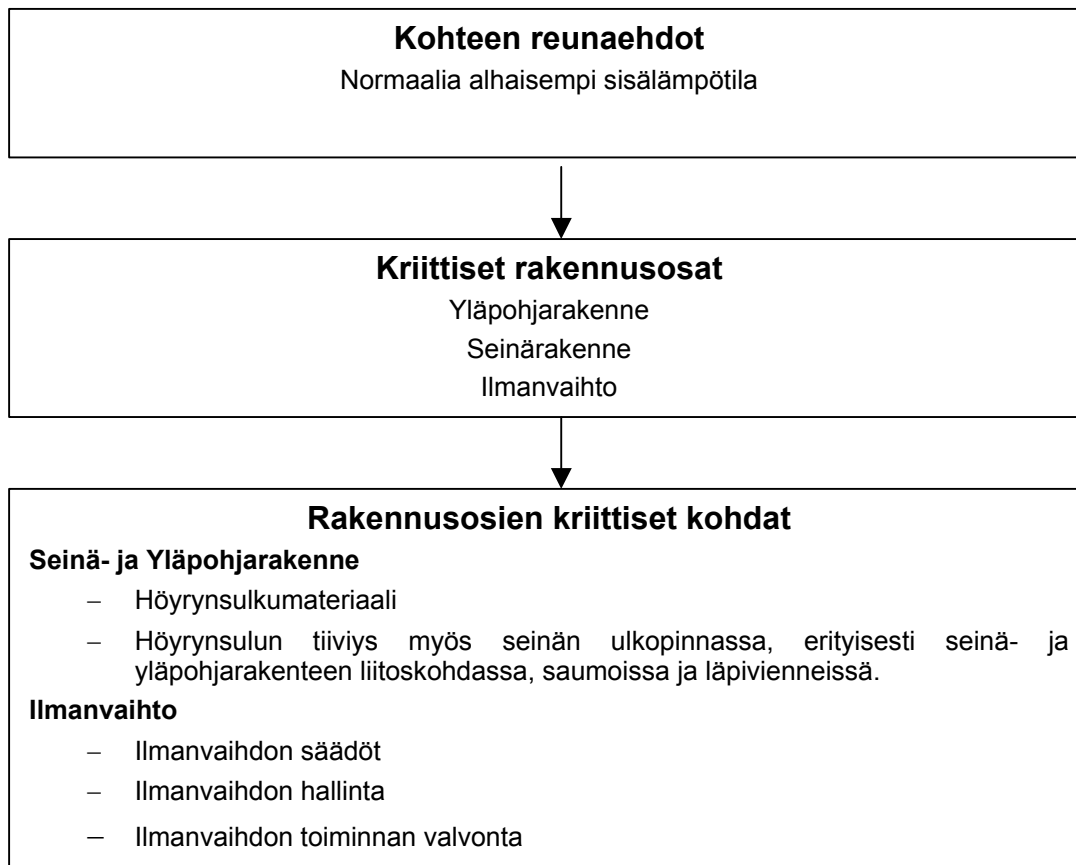
### 3.6.4 Kylmät tilat

Talvella hallirakennukset joiden sisälämpötila on alhainen, esim. harjoitusjäähallit tai kylmävarastot, toimivat kuten normaalien sisäilmaolosuhteiden rakennukset, joissa kosteus pyrkii sisältä ulospäin. Lämpimällä kaudella kosteusvirta normaalista poiketen suuntautuu ulkoa sisälle päin. Kun hallirakennusta käytetään olosuhteissa, joissa ulkolämpötila on korkeampi kuin sisälämpötila, tiivistyy kosteutta seinärakenteen lämmöneristeisiin ulkoapäin, mikäli vesihöyryn kulkua ei ole estetty myös ulkoa sisälle päin. Kylmissä hallitiloissa yläpohja- ja seinärakenteiden on oltava höyrytiiviitä sekä sisä- että ulkopuolelta. Erityisen tärkeä on huolehtia yläpohjan ja seinärakenteen liitoskohdassa höyrynsulun tiiviydestä. Kylmissä hallitiloissa diffuusio- ja konvektiovirratt on estettävä tehokkaasti, koska rakenteiden sisäosat ovat jatkuvasti kylmiä ja rakenteiden normaali kuivumiskausi ei toteudu.

Kylmä- tai pakkasvarastohalleissa maanvastaisissa lattioissa asennetaan höyrynsulku lattian lämmöneristeiden alle. Normaaliolosuhteissa ei höyrynsulkua käytetä ollenkaan maata vasten olevissa rakenteissa. Alapohjien routiminen estetään esim. käyttämällä tuulettuvaa rakennetta tai sähkölämmitystä. Mikäli kylmätilat sijaitsevat osassa lämmintä rakennusta vaihtelee kosteuden kulkusuunta rakennuksen ulkovaipassa. Tämä ehkäistään rakentamalla erilliset kylmätilat rakennuksen varsinaisen ulkovaipan sisäpuolelle, väliin jätetään tuulettuva lämmin ilmaväli. /4/

Jäähalleissa poistetaan usein kosteutta sisäilmasta kondenssivaaran pienentämiseksi. Kondenssi on kuitenkin vältettävissä rakenteellisilla ratkaisuilla, jolloin vältetään turha energiankulutuksen lisäys. Lämmöneristeellä estetään vaipan sisäpintaan muodostuva kondenssi-ilmiö kylmän kauden aikana.

Lämpimällä kaudella, jolloin hallin sisälämpötila on alhaisempi kuin ympäröivän ulkoilman lämpötila, on tuloilmaa kuivattava. Lämpimämpi tuloilma sisältää enemmän kosteutta kuin kylmempi sisäilma voi sisältää. Ilman kuivatusta halliin muodostuu sumua ja kosteus tiivistyy katon sisäpintaan. Ulkoilmaa pääsee aina ilmanvaihdon ja ovien kautta halliin. Mikäli halli ei ole rakenteiltaan tiivis, ulkoilma pääsee hallin sisälle hallitsemattomana vuotoilmanvaihtona. Tuloilman kuivattamistarve koskee mm. kylmävarastoja ja harjoitusjäähalleja. Ns. liigajäähalleissa sisäilma on lämpimämpää ja rakennus toimii lähes tavallisen rakennuksen tapaan.



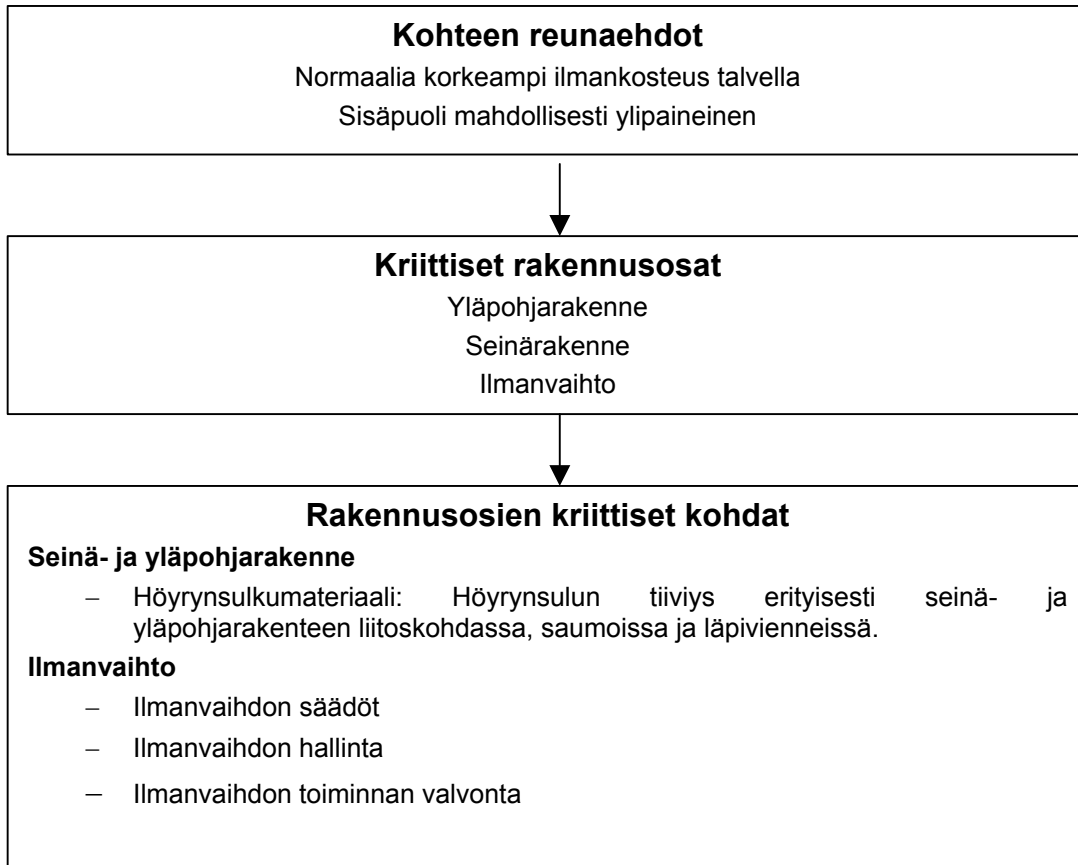
### 3.6.5 Museot

Museotilat voivat poiketa normaalista sekä tavoiteltavien painesuhteiden että sisäilman kosteuden osalta. Museotilojen sisäilmaolosuhteita määritettäessä on otettava huomioon myös esineistön kannalta suositeltavat olosuhteet sekä näyttelyesineiden vakuutus- yms. sopimusten asettamat raja-arvot ympäristöolosuhteille. Museotilojen olosuhdevaihtelut eivät ole sallittuja, vaikka museo- ja taide-esineet sietävät yleensä suuriakin lämpötila- ja kosteusvaihteluita kunhan muutokset tapahtuvat hitaasti ja hallitusti. Metalliesineet pyritään säilyttämään mahdollisimman kuivassa. Orgaaniset materiaalit vaativat korkeampaa sisäilmankosteutta säilyäkseen.

Museotiloissa sisäilmaa voidaan kostuttaa talvella ja kuivattaa kesällä tasaisten sisäilmaolosuhteiden aikaansaamiseksi. Joissakin tapauksissa sisätilat pyritään pitämään ylipaineisena, jotta epäpuhtauksien kulkeutuminen museotiloihin ja esineiden pölyntyminen estyisi. Ylipaine lisää konvektiota ja kosteuden tiivistymisen mahdollisuutta yläpohjarakenteessa. Kesällä ylipaine ei aiheuta suurta haittaa, mutta talvella ylipaine rakennuksen sisätiloissa voi olla hyvinkin vahingollista rakenteille, mikäli höyrynsulku puuttuu tai ei ole riittävän tiivis.

Koska museoissa olosuhteita ei aina voi rakennuksen käyttötarkoituksen vuoksi suunnitella rakenteiden kannalta edullisimmiksi, on vaativat sisäilmasto-olosuhteet otettava huomioon jo rakenteita suunniteltaessa ja toteutettaessa. Haitallinen vaikutus kohdistuu erityisesti yläpohjarakenteisiin, mutta myös muihin rakenteisiin. Rakenteiden sisäpuolen on oltava vesihöyrytiiviitä ja ilmanpitäviä, läpiviennit on tehtävä erityisen huolellisesti tiivistämällä ja höyrynsulun tiiviys on varmistettava jokaisessa liitoksessa

ja läpiviennissä erikseen. Toimivan ilmanvaihdon aikaansaamiseksi museorakennuksissa ja muissa vastaavissa kohteissa tarvitaan erityisratkaisuja ja toimenpiteitä. Ilmanvaihto on suunniteltava siten, että olosuhteiden hallinta ja valvonta on helppoa ja jatkuvaa. Sisäilman kosteuspitoisuutta tai ylipainetta ei ole syytä tarpeettomasti pitää korkeana.



## 3.7 Case-kohde

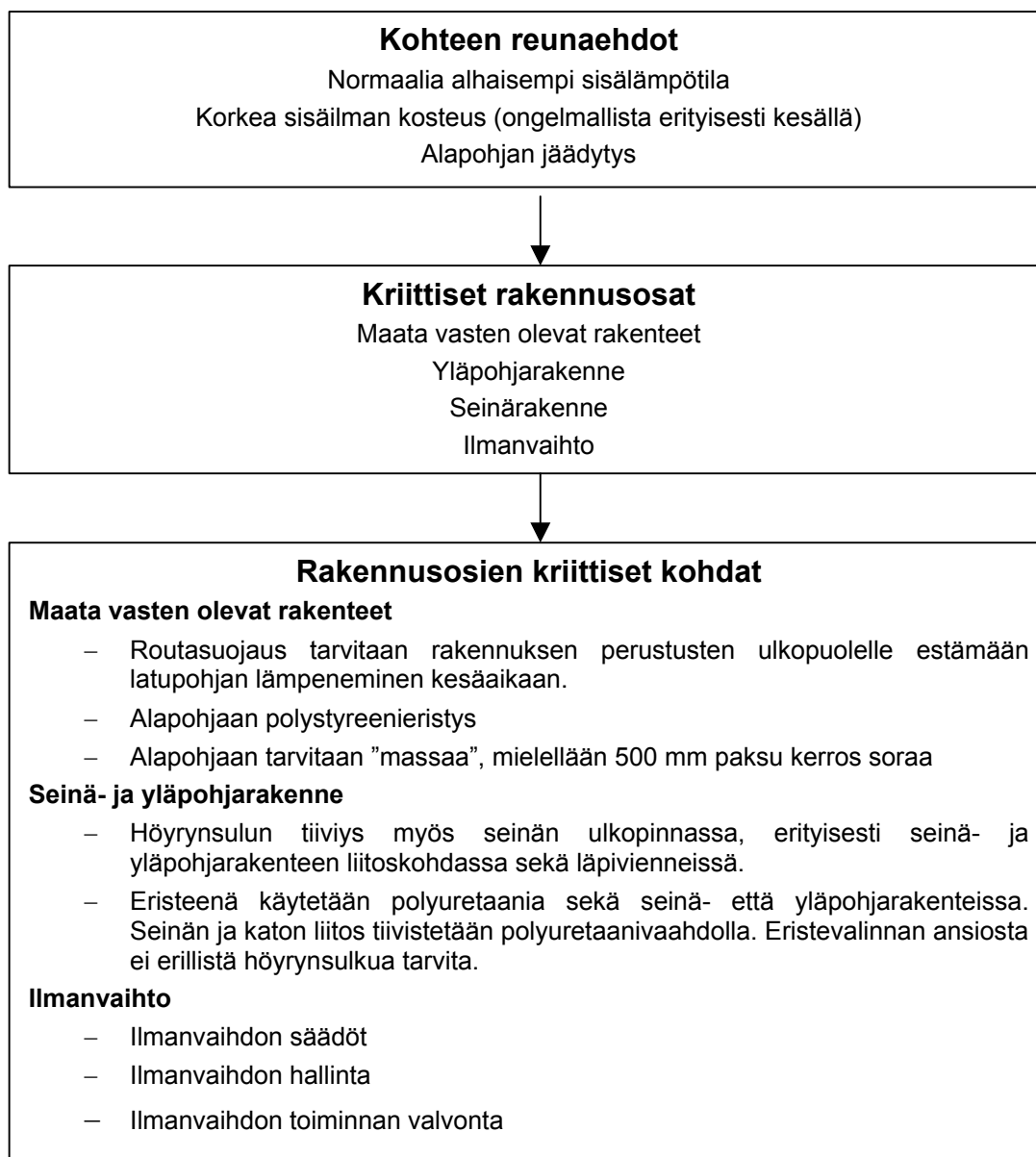
### 3.7.1 Hiihtohallin rakenteiden suunnittelu

Tutkimuksen case-kohteena oli Jämille rakennettu hiihtohalli. Tunnelin ja sen päihin sijoittuvien hallien yhteinen kokonaispituus on noin 600 m, tunneliosan leveys on 8 m ja korkeus 3,5-4 m. Kohde rakennettiin kokonaisuudessaan maanpäällisenä. Hiihtotunneli kulkee maastossa noudattaen maastonmuotoja. Korkeusero korkeimman ja matalimman kohdan välillä on 11 m. Tunnelissa on hiihtomahdollisuus molempiin suuntiin. Tunnelin toisessa päässä on kääntöpaikka ja toisessa lumetushalli, johon on suunniteltu mm. curling-rataa. Lumetushallin viereen rakennetaan palveluosa, jossa on pesu- ja pukutilat sekä kahvio.

Case-kohteena tarkasteltiin erityisesti hiihdolle tarkoitettua rakennuksen osaa eli tunnelia kääntöpaikkoineen. Hiihtotunneli on luonteeltaan kylmärakentamista ja sen erikoisvaatimukset ovat saman tyyppisiä kuin harjoitusjäähalleissa. Tunnelissa käytetyt rakenneratkaisut ja detaljit käytiin läpi ja kehitettiin kohteeseen sopiviksi runko- ja

elementtitoimittaja SPU-Systems Oy:n ja TTY:n Talonrakennustekniikan laboratorion yhteistyönä.

Hankepäätyksen jälkeen käytiin hallin rakenteet läpi ryhmässä, johon kuului Talonrakennustekniikan laboratorion tutkijoita, elementtisuunnittelija ja hankkeen projektipäällikkö. Ensimmäisellä kokoontumiskerralla käytiin läpi alustavia suunnitelmia, kartoitettiin riskikohtia ja etsittiin vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja. Lähtökohtana pidettiin tässä tutkimuksessa esitettyjä kosteusteknisen toiminnan kannalta turvallisia suunnitteluperiaatteita sekä hallin käyttötarkoituksen asettamia erityisvaatimuksia. Hiihtohallissa on korkea ilman kosteus ja alhainen sisälämpötila, lumen pinnassa muutamia pakkasasteita. Hallissa käytetään samanlaista kylmätekniikkaa kuin jäähalleissa. Kylmäputkistojen avulla jäädyytetään hallin alapohja, jonka päälle lumikerros tulee. Ensimmäisen kokoontumisen jälkeen hiihtohallin toteutuksesta vastaavien henkilöiden toimesta suunnittelutyötä jatkettiin ja tutkittiin vaihtoehtoisten ratkaisujen taloudellisia vaikutuksia. Tämän jälkeen järjestettiin toinen suunnitelmien tarkastelukierros samalla kokoonpanolla kuin ensimmäinen suunnitelmien alustava tarkastelu. Tämän toimintamallin lopputuloksena saavutettiin toteuttamiskelpoiset, kosteustekniset toimivat ja turvalliset rakenneratkaisut.





Hiihtohallin kattorakenne toteutettiin jäähalleihin kehitetyllä puurunkoisella elementtirakenteella, joka on osoittautunut käytännössä toimivaksi. Yläpohjassa on eristeenä alumiinipaperipintainen polyuretaani, uretaanieristeen alapinnassa on lisäksi matalaemissiviteettipintainen akustointivilla. Hallin seinät ovat polyuretaanieristeisiä ja metalliohuttelevypintaisia. Pilarit ovat kuumasinkittyä terästä, palkit liimapuuta. Liimapuurunkoista ratkaisua tutkittiin toisena vaihtoehtona. Liimapuurunko olisi ollut rakenteellisesti toimiva ratkaisu, mutta kustannusteknisistä syistä päädyttiin teräspilareihin ja liimapuupalkkeihin. Hallin katteena on vaalea yksikerroskate. Seinien ulkopinta on vaalea. Värivalinnalla pyritään vähentämään auringon säteilyenergian lämmittävää vaikutusta.

### 3.7.2 Suunnittelumenetelmän kehitysmahdollisuuksia

Tässä yksittäisessä hallissa saavutettiin muutaman tapaamiskerran pohjalta suunnitteluratkaisut, jotka ovat kosteusteknisesti turvallisia ja toteuttamiskelpoisia. Kumpaankin tapaamiseen osallistui kymmenkunta henkilöä, jotka olivat erikoistuneet rakennustekniikan eri osa-alueille. Mukana oli mm. rakenteiden kuntotutkimuksiin, kosteusvauriokuntotutkimuksiin ja laboratorio-olosuhteissa tehtyihin rakennuksen kosteustekniseen toimintaan liittyviin kokeisiin perehtyneitä tutkijoita.

Talonrakennustekniikan laboratorion tutkijat saivat perehtyä Suomessa ja maailmalla vielä harvinaiseen rakennuskohteeseen ja sen erityisongelmiin. Hiihtohallin rakenteiden suunnittelija ja hankkeen projektipäällikkö saivat tietoa sekä työskentelymallista että rakenteisiin kohdistuvista erityisrasituksista. Tiedot ovat hyödynnettävissä tulevissa hankkeissa.

Työskentelymalli on toimiva keino saada nopeasti usean henkilön mielipide rakenteisiin kohdistuvista rasituksista sekä niiden hallitsemisesta. Työskentelymalli olisi suosittelava tapa aloittaa rakennushankkeen suunnittelu. Työskentelyyn voisi osallistua esim. hankkeen suunnittelijoita sekä toteutuksesta vastaavan urakoitsijan edustaja. Erityiskohteissa olisi suotavaa hakea erityisosaamista hankkeen ulkopuolisista asiantuntijoista. Rakennuksen tulevan käyttäjän osallistuminen työskentelyyn hyödyttäisi sekä suunnittelua että rakennuksen käyttöä. Suunnittelijat saisivat tietoa rakenteille aiheutuvista erityisistä rasituksista, sisäilmastovaatimuksista sekä aikaisempien vastaavanlaisten kohteiden ongelmista. Käyttäjä saisi tietoa niistä rasituksista, joiden hallinta vaikuttaa oleellisesti rakennuksen oikeaan kosteustekniseen toimintaan sekä pitkäikäisyyteen.

### 3.7.3 Hiihtohallin toiminnan seuranta

Hiihtohallin toiminta käynnistyi lokakuussa 2002. Käyttäjällä on jo alustavia kokemuksia hallin teknisestä toiminnasta. Jotta hallin rakenteet toimisivat suunnitellulla tavalla, olisi ensimmäisen käyttövuoden jälkeen viimeistään syytä tarkastella toiminnan aiheuttamia rasituksia rakenteille. Tähän tarkasteluun olisi syytä osallistua sekä hallin käyttäjä että hallin toteutuksesta vastannut organisaatio, case-kohtessa myös rakenteiden suunnitteluvaiheessa mukana ollut tutkijaryhmä.

Tarkastelukierroksella kartoitetaan mm. yleisiä kokemuksia, ilmenneitä ongelmia sekä käsitellään energiankulutuksen seurantaraportit. Tämän tarkastelukierroksen tuloksena hiihtohalliin saadaan laadittua yksilöllinen käyttöohje, jonka avulla käyttäjä voi reagoida ilmeneviin poikkeustilanteisiin sekä toiminnallaan edesauttaa hallin rakenteiden kestävyyttä erittäin vaativissa sisäilmaolosuhteissa.

## 4. Elementtituotannon ja asennuksen dokumentointiohjeistus

### **RAKENNUSHANKKEEN TOTEUTUKSEN DOKUMENTOINNIN MERKITYS**

#### **Suunnittelijalle ja rakennuksen toteuttajalle**

Järjestelmällinen dokumentointi kannustaa tekemään paremmin ja huolellisemmin.

Dokumentointia voidaan hyödyntää:

- yrityksen omiin tarpeisiin esim. sisäinen koulutus, reklamaatiot.
- markkinointiin: ”Tiedämme, mikä vaikuttaa rakennuksen pitkäikäisyyteen ja olemme kiinnittäneet asiaan huomiota.”

#### **Asiakkaalle,**

Tietoa siitä, kuinka piiloon jäävät kohdat on toteutettu, esim. salaojat, vesieristeet.

Tietoa, jota tarvitaan tulevilla korjauksilla ja laajennuksilla.

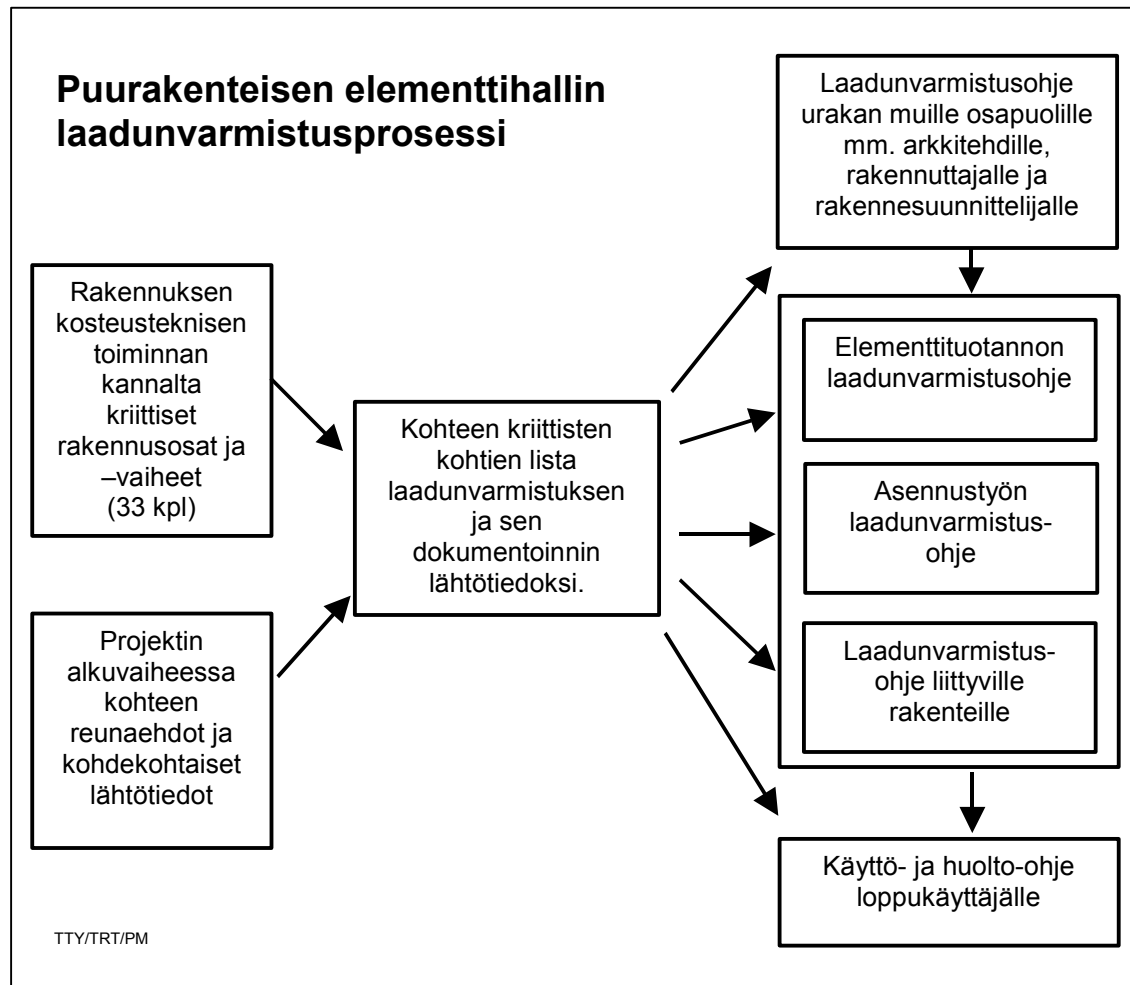
### 4.1 Yleistä

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu rakennuksen ja rakenteiden oikeaa kosteusteknistä toimintaa hallirakennuksen toimivuuden ja kestävyuden kannalta. Edellä (luku 3) käsitellyt rakennuksen oikean kosteusteknisen toiminnan kannalta oleelliset kohdat antavat pohjatietoa ja erikseen esitetyt erikoiskohteet viitteitä siitä, miten rakennuksen käyttötarkoitus asettaa erikoisehtoja mm. sisäilmastolle ja rakenteiden kosteustekniselle toiminnalle. Pyrittäessä pitkäikäiseen hallirakennukseen on suunnittelu-, toteutus- ja käyttövaiheessa kiinnitettävä huomiota rakenteiden ja koko rakennuksen oikeaan kosteustekniseen toimintaan. Rakentamisen eri vaiheiden laadunvarmistuskäytäntö on ulotuttava myös kosteusteknisen toiminnan kannalta kriittisiin kohtiin.

Paikalla rakennetuissa rakennuksissa rakentamisen seuranta osana laadunvarmistusta tapahtuu rakennustyömaalla. Hallirakennukset ovat yleensä kooltaan suuria ja usein elementtirakenteisia. Elementtirakenteisessa rakennuksessa valmistusvaiheen seuranta ulotetaan työmaaseurannan lisäksi elementtituotantoon. Tässä tutkimuksessa elementtien asennus ja muiden rakennusosien liittyminen elementtirakenteisiin käsitellään elementtitoimituksen yhteydessä.

Elementtituotannon laadunvarmistamiseksi rakenteiden ja elementtien suunnittelu- vaiheessa otetaan huomioon myös rakenteiden kosteustekniseen toimintaan liittyvät seikat. Rakennuksen oikea käyttö on erittäin merkittävä tekijä rakennuksen

pitkäikäisyyden kannalta ja rakennuksen käyttäjälle on pyrittävä antamaan oikeat toimintaohjeet. Tiedot rakenteista, käytetyistä pintamateriaaleista hoito-ohjeineen sekä osa elementtivalmistuksen ja -asennuksen dokumentointiaineistosta olisi hyvä liittää luovutusaineistoon.



**Kuva 4.1** Elementtien laadunvarmistus –suunnitelma tehdään kohdekohtaisesti kohteen asettamien reunaehtojen ja kriittisten rakennuksen osien pohjalta.

Tässä luvussa on käsitelty elementtivalmistuksen ja asennuksen dokumentointijärjestelmän kehitystyötä ja dokumentoinnin suorittamista. Esitetyt dokumentoinnin periaatteet ovat sovellettavissa myös paikalla rakennettuihin hallirakennuksiin. Liitteessä 3 on esitetty esimerkkiyrityksen dokumentointiohjeen laadintaprosessin eteneminen.

## **4.2 Dokumentoinnin merkitys**

### **4.2.1 Elementtivalmistajan ja rakentajan tarpeiden kannalta**

Yritys saa dokumentoinnista hyötyä kahdella eri tavalla, oman toiminnan jatkuvaan kehittämiseen sekä markkinointiin. Valmistuksen ja asennuksen dokumentointi kertoo yrityksen vastuullisesta asenteesta. Yrityksessä tiedetään, mikä vaikuttaa rakennuksen pitkäikäisyyteen ja kiinnitetään rakennuksen pitkäikäisyyden varmistamiseen huomiota. Dokumentointimateriaali soveltuu hyvin projektin jälkitarkasteluun sekä yrityksen sisäiseen koulutukseen. Rakentaja ja elementtivalmistaja tarvitsevat dokumentointia ja selkeää arkistointia myös mahdollisten reklamaatioiden, takuuajakaisten korjausten, mutta myös myöhemmin tulevien mahdollisten laajennusten takia.

Dokumentointiin ja dokumentoidun aineiston hyväksikäyttöön vaikuttaa oleellisesti arkistointitapa. Kuinka helposti tiedot ovat käytettävissä? Rakentajan ja elementtivalmistajan on arkistoitava mm. suunnitelmat ja piirustukset siten, että ne on helposti myöhemmin löydettävissä. CD-levykkeet vievät vähän tilaa, mutta tiedon käytettävyys riippuu käyttäjän ATK-valmiuksista. Kansiot ja riippukansiot ovat edelleen toimivia keinoja. Arkistointitapa on mietittävä yritys- ja tapauskohtaisesti.

### **4.2.2 Käyttövaihetta varten**

Rakennusajan dokumentit antavat asiakkaalle/ rakennuksen käyttäjälle tiedon siitä, että rakentaja on tiennyt mitkä asiat ovat tärkeitä ja pyrkinyt huolellisuuteen kosteusteknisesti tärkeiden rakennusosien toteutuksessa. Käyttövaihetta varten rakennusajan dokumentit tulee jaotella erikseen rakennuksen käyttäjän ja kunnossapidon tarpeisiin.

Rakennusaikaisia dokumentteja tarvitaan kiinteistön huollon ja kunnossapidon aikana, mutta erityisesti kun on kyseessä kiinteistön korjaaminen, laajentaminen tai käyttötarkoituksen muutos. Rakennuksen käyttäjän on arkistoitava mm. suunnitelmat siten, että ne on helposti myöhemmin löydettävissä. Arkistointitapa on mietittävä tapauskohtaisesti.

## **4.3 Toimivan dokumentoinnin edellytyksiä**

### **4.3.1 Tarpeeksi selkeä ja lyhyt ohje**

Dokumentoinnin tarve on mietittävä tarkkaan, turhaa tietoa ei kannata dokumentoida. Uuden järjestelmän sisäänajovaiheessa tarvitaan aina enemmän työtä kuin aikaisempien toimintatapojen kohdalla. Kun uudesta toimintamallista tulee tapa, sen vaatima työmäärä ja –aika vähenee. Jo dokumentoinnin kehitysvaiheessa on ylimääräistä työtä pyrittävä välttämään. Sellaisen tiedon, joka on tarvittaessa saatavissa jotain muuta kautta, dokumentointiin ei ole kannattavaa panostaa.

Dokumentoinnin ohjeistusta kehitettäessä on pyrittävä selkeään ohjeeseen. Tavoitteena on saada lyhyt, oleelliset asiat sisältävä dokumentointilista.

### 4.3.2 Selkeät dokumentointiohjeet

Jotta dokumentoinnilla saavutetaan haluttu tulos, sekä yrityksen sisällä että asiakassuhteissa, on käytettävä selkeitä mittareita dokumentoinnissa. Jokaisen dokumentointiin osallistuvan on ymmärrettävä mitä dokumentoidaan, mitkä ovat suoritus- ja laatuvaatimukset sekä dokumentoinnin käyttötarkoitus. Selkeän ja lyhyen dokumentointiohjeen kehitystyön jälkeen on panostettava yrityksen sisäiseen koulutukseen, jonka tarkoituksena on saada yhteneväinen dokumentointikäytäntö nopeasti ja hallitusti käyttöön.

## 4.4 Dokumentointiohjeen kehitystyö

### 4.4.1 Yleistä

Dokumentoinnin kehitystyö lähtee yrityksen omista tarpeista. Dokumentointiohjetta laadittaessa on pohdittava mm. seuraavia seikkoja:

- Mitä tarvitaan tuotannon kehittämiseen,
- Mitä tarvitaan jatkuvaan laadun parantamiseen,
- Miten palvellaan asiakasta parhaalla mahdollisella tavalla?

Mikäli yrityksellä on käytössä tai on tarkoitus laatia laadunhallintajärjestelmä, on dokumentointiohjeen oltava sellainen, että se on liitettävissä osaksi laadunhallintajärjestelmää. Mikäli yrityksellä on tavoitteena sertifiointi, on dokumentointia suunniteltaessa otettava huomioon myös standardin SFS-EN ISO 9001:2001 ”Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset” asettamat vaatimukset dokumentoinnille ja tallenteiden arkistoinnille.

Standardi SFS-EN ISO 9001 määrittelee laadunhallintajärjestelmää koskevat vaatimukset, joita voidaan käyttää organisaation sisäisiin tarkoituksiin, sertifiointissa ja sopimuksissa. Mikäli kyseisen standardin ehdot eivät täyty, organisaation laadunhallintajärjestelmää ei voida hyväksyä kansainvälisen standardin mukaiseksi. /9/

Standardissa SFS-EN ISO 9001 on esitetty mm. se, mitä suunnittelun ja tuotannon prosesseista on dokumentoitava ja dokumenttien arkistointi. Dokumentit tulee laatia ja ylläpitää vaatimustenmukaisuuden ja laadunhallintajärjestelmän toimivuuden osoittamiseksi. Niiden on säilyttävä helposti luettavina, selvästi tunnistettavina ja niiden tulee olla saatavilla. Dokumentointiohjeeseen tulee sisältyä mm. dokumenttien tunnistaminen, säilyttäminen, suojaaminen, esille saanti, säilytysaika ja hävittäminen. /9/

#### 4.4.2 Nykyisen käytännön kartoitus

Dokumentointijärjestelmän kehitystyön alkuvaiheessa on syytä selvittää nykyinen dokumentointikäytäntö. Nykyisen käytännön selvitys voidaan hoitaa useammallakin tavalla, esimerkiksi arkistoja tutkimalla tai henkilöstön haastattelulla. Nykyiseen dokumentointiin ja ilmenneisiin kehitystarpeisiin mietitään yrityskohtaisesti sopivat kysymykset, joihin etsitään vastaukset. Haastatteluiden yhteydessä on mahdollista saada myös henkilöstön mielipiteitä ja ideoita kehitystyön jatkosta. Mikäli yrityksen henkilökunta on otettu mahdollisimman aikaisessa vaiheessa mukaan kehitystyöhön, on uuden dokumentointijärjestelmän käyttöönotto helpompaa.

Muutamia esimerkkejä mahdollisista kysymyksistä, miten dokumentointi on hoidettu nykyisin:

- Mitä on dokumentoitu?
- Miten dokumentointi on suoritettu (kuka, koska, miten)?
- Kuinka tiedot on arkistoitu/ tallennettu?
- Mikä on dokumenttien käytettävyys?
- Miksi dokumentointi on hoidettu nykyisellä tavalla?
- Onko ilmennyt tarpeita muuttaa käytäntöä?
- Dokumentoinnin vastuut?

Mikäli yrityksen on tarkoitus laatia ja ylläpitää standardin mukaista laadunhallintajärjestelmää, on nykyistä dokumentointikäytäntöä verrattava myös standardin asettamiin vaatimuksiin.

#### 4.4.3 Vaihtoehtoiset dokumentointitavat

Nykyisen dokumentointikäytännön lisäksi olisi pohdittava eri vaihtoehtoja dokumentoinnin suorittamiseksi sekä vaihtoehtoisten menetelmien vahvuuksia ja heikkouksia. Standardissa ISO 9001 ei nimetä erityistä dokumentointitapaa, vaan kaikki menetelmät ovat sallittuja.

Muutamia esimerkkejä dokumentointitavoista sekä eri tapojen vahvuuksia ja heikkouksia. Lopulliset vertailut on syytä tehdä yrityskohtaisesti, koska eri tapojen käytettävyys riippuu käytössä olevista resursseista (henkilöstö, laitteistot, aika):

- Digikameralla kuvaaminen:
  - Nopea tapa dokumentoida
  - Kuvien siirto koneelle ja arkistointi vaatii jonkin verran erityisosaamista
  - Kameran hankinnan jälkeen edullinen tapa
  - Arkistointitapa vaikuttaa kuvien jälkikäytön onnistumiseen
  - Kuvat kertovat paljon
  - Osa voidaan liittää luovutusaineistoon
- Perinteiset lomakkeet
  - Vaatii hyvää lomaketekniikkaa, jotta niiden käytettävyys olisi hyvä
  - Arkistointi nopeaa, tilaa vievää
  - Tiedon käytettävyys vaihtelee tarpeesta riippuen

- Ei vaadi täyttäjältä erityisosaamista
- Selkeän yhteenvedon tekeminen vaatii työtä ja aikaa.
- Vain yrityksen sisäiseen käyttöön sopiva menetelmä
- Henkilökohtaiset päiväkirjat/ muistiinpanot
  - Rajoittaa tiedon käyttäjiä
  - Vain yrityksen ja tietyn henkilön omaan käyttöön sopiva menetelmä
- Työmaapäiväkirja
  - Työmaalla pidettävä päiväkirjaa, mutta käytäntö vaihtelee
  - Julkinen, säilytettävä 10 vuotta
  - Aliurakoitsijoiden omat työmaapäiväkirjat
  - Tuleeko täytettyä?
  - Tiedon käytettävyys?
  - Yhteenvedon tekeminen vaatii työtä ja aikaa
  - Yrityksen sisäiseen käyttöön sopiva menetelmä
- Tietokonepohjaiset seurantajärjestelmät
  - Yrityskohtainen sovellus vaatii kehitystyötä
  - Vaatii täyttäjältä erityisosaamista
  - Toimivan yrityskohtaisen sovelluksen kohdalla tiedon käytettävyys hyvä, mutta vaatii tässäkin vaiheessa erityisosaamista
  - Yrityksen sisäiseen käyttöön soveltuva menetelmä
  - Tiedon syöttövaiheessa tuotannosta erillään oleva erillistoiminto, vaatii aikaa.

#### 4.4.4 Dokumentoitavat asiat

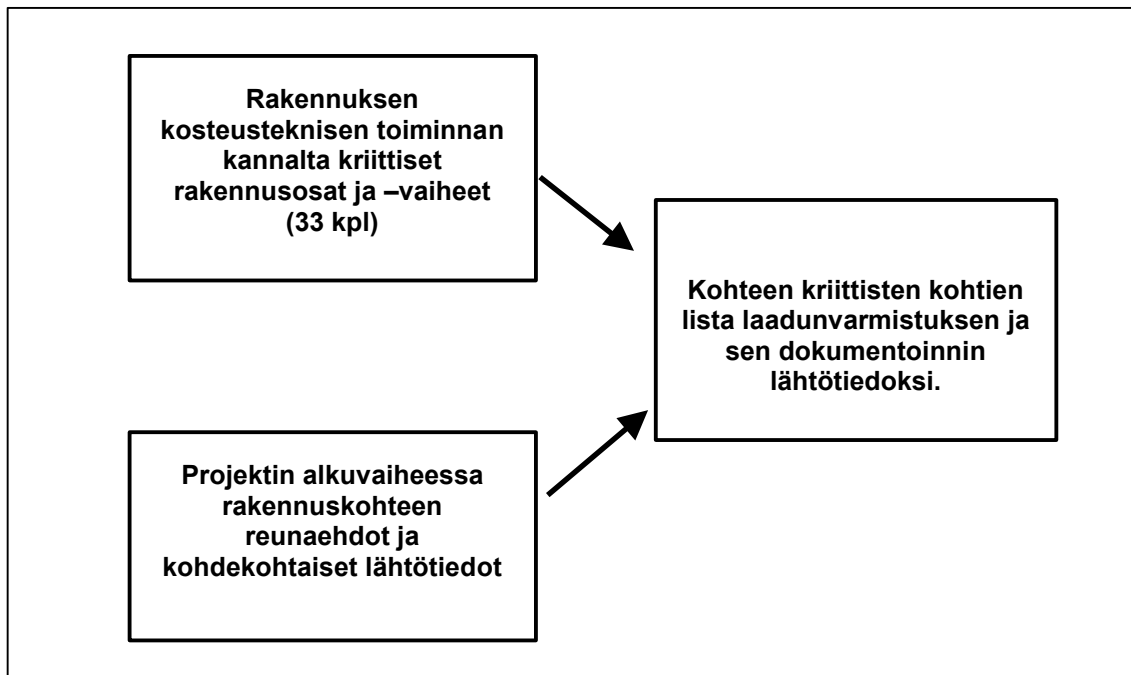
Tässä tutkimuksessa on keskitytty rakenteiden oikean kosteusteknisen toiminnan vaikutuksiin rakennuksen pitkäikäisyyteen. Rakennuksen pitkäikäisyyden kannalta tärkeitä asioita, joiden dokumentointiin on kiinnitettävä huomiota ovat:

- Rakennuskohteen reunaehdot ja kohdekohtaiset lähtötiedot.
- Rakennuksen kosteusteknisen toiminnan kannalta kriittiset rakennusosat ja –vaiheet, joita käsiteltiin luvussa 3.

Näiden tietojen pohjalta laaditaan hankekohtainen dokumentointiohje. Yrityskohtaisen dokumentointiohjeen laadintaan on syytä osallistua eri vaiheista, kuten suunnittelusta, tuotannosta ja asennuksesta vastaavien henkilöiden.

Dokumentointi voidaan haluttaessa ulottaa laajemmaksikin riippuen yrityksen ja asiakkaan tarpeista ja kohteen laatuvaatimuksista. Dokumentointilistaa laadittaessa on kuitenkin muistettava toimivan laadunvarmistuksen ja dokumentoinnin edellytykset: riittävän lyhyt ja selkeä ohje. Kaikkien dokumentointiin osallistuvien on myös tiedettävä vaadittava laatutaso.





**Kuva 4.2** Hankekohtainen dokumentointisuunnitelma tehdään kohteen asettamien reunaehtojen ja kriittisten rakennuksen osien (Luku 3) pohjalta.

Elementtivalmistajan dokumentointia mietittäessä puuhallin kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeitä asioita elementtivalmistuksen ja asennuksen aikana ovat mm.

**Seinäelementin valmistus ja asennus.** Rakenteiden oikean kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi erityistä huomiota seinäelementtien kohdalla kiinnitetään suunnittelu-, valmistus- ja asennusvaiheessa seuraaviin seikkoihin:

- Seinän eri rakennekerrokset
- Julkisivun liitokset

**Kattoelementin valmistus ja asennus.** Rakenteiden oikean kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi erityistä huomiota kattoelementtien kohdalla kiinnitetään suunnittelu-, valmistus- ja asennusvaiheessa seuraaviin seikkoihin:

- Yläpohjarakenne
- Räystäsrakenne, seinäliitos
- Yläpohjan ja vesikaton läpiviennit
- Vedenpoisto
- Vesikate
- Liitokset muihin rakenteisiin

**Hallirakennuksen runkorakenteet.** Mikäli toimitus sisältää myös rungon (puu, teräs tai betoni), on elementtitoimittajan kiinnitettävä huomiota myös rakennuksen rungon kosteustekniseen toimintaan. Erityiskohtana mm. pilarin ja peruspilarin välinen liitos.

**Elementtirakenteisiin liittyvät muut rakennusosat.** Elementtivalmistajan on jo suunnitteluvaiheessa kiinnitettävä huomiota elementtirakenteisiin liittyviin muihin

rakennusosiin. Muiden rakennusosien liittymiset on pyrittävä ohjeistamaan siten, ettei elementtirakenteiden oikea kosteustekninen toiminta vaarannu muiden urakoitsijoiden toiminnan seurauksena.

Rakennushankkeen eri osapuolten tulee laatia omaa tuotantoa koskevat dokumentointiohjeensa. Liittyvien rakennusosien kohdalla olisi toivottavaa tehdä yhteistyötä, jotta lopullisen tuotteen laatu olisi paras mahdollinen.

#### **4.4.5 Dokumentoinnin suorittaja**

Dokumentointitarpeen miettimisen jälkeen on mahdollista päättää dokumentoinnin suorittajasta. Kenelle luontevimmin nykyisiin työtehtäviinsä liittyen dokumentointi sopisi? Mikäli valittu dokumentointi- ja arkistointitapa vaativat erityisosaamista, on osaaminen varmistettava suunnittelemalla asianmukainen koulutus.

Tuotannon ja asennuksen aikana dokumentointia voi suorittaa useampi henkilö saman rakennuskohteet osalta. Mikäli dokumentoinnin suoritus on hajautettu useammalle henkilölle, on nimettävä tiedon kokoamisen vastuuhenkilö.

#### **4.4.6 Dokumentoinnin arkistointi**

Yhtenevä arkistointikäytäntö yrityksen sisällä helpottaa tiedon käytettävyyttä. Sopivaa arkistointitapaa suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, millaista aineistoa arkistoidaan esimerkiksi:

- Paperiaineiston arkistointi,
  - Keinoja mm. mapit, riippukansiot
  - Voi sisältää kuvamateriaalia
  - Voi sisältää piirustuksia
- Sähköisessä muodossa olevan tiedon arkistointi
  - Tiedot voidaan edullisesti polttaa CD:lle.
  - Tiedon tuottajien ja tarvitsijoiden ATK-valmius on käyttöä rajoittava tekijä.
  - Yhtenevä arkistointitapa vähintään yhtä tärkeä kuin perinteisten paperidokumenttien kohdalla.
  - Arkisto vaatii pienemmän tilan kuin perinteinen
  - Voi sisältää digitaalikuvia
  - Voi sisältää piirustuksia
  - Onko kaikki tiedot on saatavissa sähköisessä muodossa?

VALMISTUS	Yrityksen sisäiseen käyttöön	Liitettäväksi luovutusaineistoon
<b>Tarve</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kun valmistusvaiheessa tehdään toisin kun on suunniteltu.</li> <li>- Kun valmistuksessa on jotain uutta, eli elementtiä tehdään ensimmäistä kertaa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erikoiskohteista tarkemmin</li> <li>- Vakioelementeistä vakiodetalji-galleria</li> </ul>
<b>Keinot</b>	Digi-kuvat	Digi-kuvat
<b>Suorittaja</b>	Työnjohtaja	Työnjohtaja erikoiskohteista
<b>Arkistointi</b>	Elementtisuunnitelmat: suunnittelijan koneella ja CD-levykkeellä  Digi-kuvat kohdekohtaisiin kansioihin	

*Kuva 4.3 Esimerkki elementin valmistusvaiheen dokumentointiohjekortista, jonka pohjalta laaditaan tarkempi hankekohtainen dokumentointisuunnitelma.*

#### 4.4.7 Luovutusaineisto

**Käyttö- ja huolto-ohje pakollinen.** Nykyinen rakennuslaki ja -asetus edellyttävät rakennetun ympäristön ja rakennuskannan suunnitelmallista ja jatkuvaa hoitoa ja kunnossapitoa. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa A4 ”Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje” on tullut voimaan 1.5.2000. Käyttö- ja huolto-ohjeen eli huoltokirjan laadintavelvoite koskee pysyvään asumiseen tai työskentelyyn tarkoitettua rakennuskantaa, uudisrakentamista ja luvanvaraista korjaustoimintaa. Vaikka säädökset eivät koske muuta rakennuskantaa, on huoltokirjan laadinta niidenkin kohdalla suositeltavaa ja hyvän kiinteistönpitotavan mukaista. /10/

Huolto-ohjeeseen kootaan kiinteistön hoidon, huollon ja kunnossapidon lähtötiedot, tavoitteet, tehtävät ja ohjeet sekä asukkaille ja tilojen käyttäjille annettavat ohjeet. Siinä esitetään hyvän energiatalouden ja sisäilmaston edellyttämiä hoito-, huolto- ja kunnossapitotehtäviä. Kunnollinen hoito ja huolto pidentää rakennusosien ja laitteiden käyttöikää, siirtää suurten korjaustoimenpiteiden tarvetta. Käyttö- ja huolto-ohjetta käsitellään tarkemmin luvussa 5.

Käyttö- ja huolto-ohjeen sisältämän aineiston tulisi sisältää viimeisimmät toteutuneet suunnitelmat, tiedot käytetyistä materiaaleista ja pintojen hoito-ohjeet sekä tarvittavat tiedot mahdollisten korjausten ja rakennuksen laajennuksen kannalta, kuten sallitut työmenetelmät ja kuormitukset. Jotta tämä tavoite saavutetaan on rakentajien kiinnitettävä enemmän huomiota käyttö- ja huolto-ohjeen laadintaan. Aiheesta on jo useampia julkaisuja eri rakennustyypeille, niiden ongelma on huoltokirjan sisältämän aineiston laajuus. Tämä johtaa helposti siihen, että aineisto on kasa erilaisia esitteitä, käyttöohjeita jne. Rakennuksen pitkäikäisyyteen merkittävästi vaikuttavat seikat

hukkuvat suureen tietomäärään ja aineiston käytettävyys ja sen avulla saavutettava hyöty pienenevät.

Huolto-ohjeen, joka on osa luovutusaineistoa, laadinta edellyttää tiettyjen tietojen kuten suunnitelmien, materiaalien ja hoito-ohjeiden kokoamista. Tietojen esitystapaa, rakennuksen pitkäikäisyyteen vaikuttavien tehtävien merkityksen korostamista ja ohjeen käytettävyttä, mutta myös aineiston kokoamisen yksinkertaisuutta on syytä suunnitella yrityskohtaisesti. Luovutusaineiston sisältö on huomioitava jo dokumentoinnin suunnitteluvaiheessa. Dokumentoidusta aineistosta tulisi saada helposti koottua luovutusaineisto.

**Luovutusaineiston kehitystyö.** Luovutusaineiston laatuun, sisältöön ja käytettävyyteen voidaan vaikuttaa suunnittelemalla aineisto sekä yrityksen itsensä kannalta että rakennuksen käyttäjän kannalta selkeäksi. Yrityksen näkökulmasta aineiston tulee olla helposti koottavissa. Käyttäjän kannalta aineiston on oltava selkeälukuinen ja sisällettävä rakennuksen pitkäikäisyyteen vaikuttavat seikat selkeästi esitettyinä.

Elementtivalmistajan/rakentajan on syytä laatia rakenteeltaan yhtenevä luovutusaineisto jokaisesta rakennuskohteesta. Aineiston sisältöä suunniteltaessa on panostettava oleellisen tiedon suppeaan mutta riittävään esitykseen.

Luovutusaineiston olisi sisällettävä mm. seuraavat tiedot:

- rakennusurakan eri osapuolien yhteyshenkilöt ja –tiedot.
- suunnitelmat, piirustukset
- suunnittelukuormat, sekä muut myöhemmin mahdollisesti tarvittavat kuormat mm. ripustuskuormat
- urakkarajaliite, sopimuksen jälkeiset mahdolliset poikkeamat urakkarajoissa

Näiden lisäksi luovutusaineiston tulee sisältää paljon muuta tietoa. Käyttö- ja huolto-ohjeen laadintaa koskevista julkaisuista saa tarkempaa tietoa luovutusaineiston sisällöstä.

	<b>LUOVUTUSAINEISTO</b>
<b>Tarve ja sisältö</b>	<p>Tehdään joka kohteesta - kaksiosainen: kohdekohtaiset tiedot ja vakiotiedot</p> <p><b><u>Kohdekohtaiset</u></b> Elementtikaavio Elementtityyppikuva Detaljit Digi-kuvat, joko kohdekohtaiset tai tyyppigalleriasta</p> <p><b><u>Vakiotiedot</u></b> Hoito- ja käyttöohje - oleelliset pintarakenteet - Vedenpoisto - ripustusohje elementtikohtaisesti - sallitut työmenetelmät Vesieristetakuu Päästöluokitus</p> <p><b><u>Lukuohje</u></b></p>
<b>Keinot</b>	<p>Laatukansio, joko paperilla tai sähköisesti (CD-rom), sisältö sama</p> <p>Koneella (tai kansiossa) valmiina vakiotiedot, johon lisätään kohdekohtaiset tiedot (tarvittaessa poistetaan ylimääräiset tiedot)</p>
<b>Kuka</b>	<p>Projektipäällikkö kokoaa luovutusaineiston:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Valmis vakiotietoaineisto</li><li>- Suunnitelmat elementtisuunnittelijalta</li></ul>

**Kuva 4.4** Esimerkki kohdekohtaisen luovutusaineiston kokoamisohjeesta, jonka pohjalta laaditaan hankekohtainen luovutusaineisto.

## 5. Rakennuksen käyttö, hoito ja kunnossapito

### RAKENNUKSEN KÄYTTÖ, HOITO JA KUNNOSSAPITO

Hankesuunnittelu-vaiheessa tilaajan on määritettävä myös hoitoon ja kunnossapitoon liittyvät tavoitteet systemaattisesti. Rakennussuunnittelu-vaiheessa asetetut tavoitteet pyritään saavuttamaan suunnitteluratkaisuin.

Rakennus suunnitellaan tiettyä toimintaa varten ja suunnittelun lähtötietojen mukaisiin olosuhteisiin. Toiminnan vaihtuessa sekä lämpö- tai kosteusteknisten olosuhteiden muuttuessa rakennus- ja LVIST-osien toimivuutta on tarkasteltava uudelleen.

Käyttöohje laaditaan käyttäjäorganisaation edustajaa varten, jonka on tarpeen saada tietoa tilojen ja järjestelmien toimivuudesta karkealla tasolla. Hoito-ohje suunnataan kiinteistöhoitajalle, jotta hoitotoimenpiteissä osataan keskittyä keskeisiin asioihin ja tarvittaessa puuttua vaurioista kertoviin oireisiin. Kunnossapito-ohje laaditaan kiinteistöpäällikköä varten mm. tarkastusten pohjaksi.

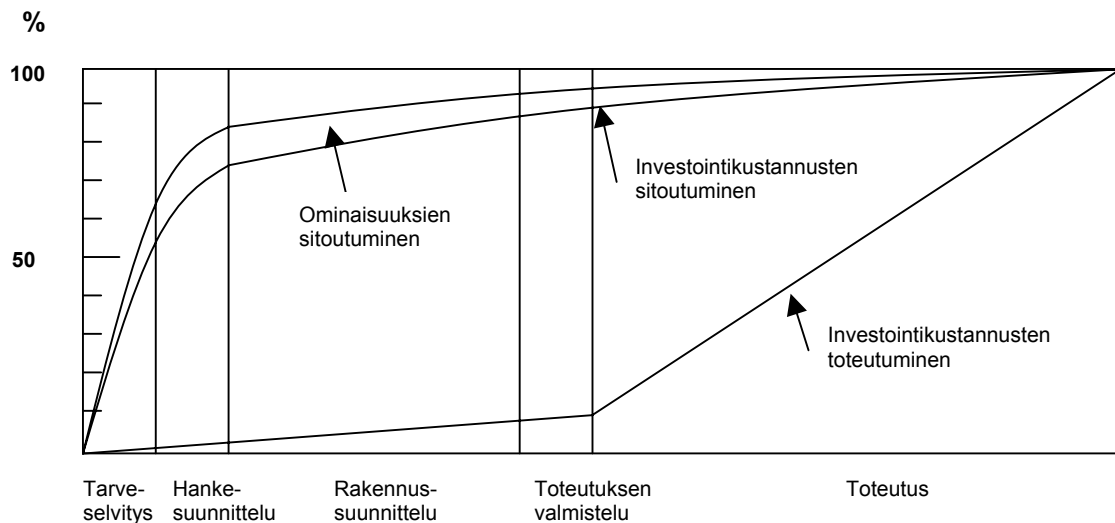
Kaikki toimenpiteet dokumentoidaan ajan tasalla pidettäviin asiakirjoihin ("tarkesuunnitelmat"), jotka ovat myöhempien toimenpiteiden pohjana.

### 5.1 Yleistä

**Ohjeiden tarkoitus.** Nämä ohjeet on tarkoitettu käsikirjan luonteiseksi. Niiden pohjalta laaditaan hankekohtaiset ohjeet käyttöä, hoitoa ja kunnossapitoa varten. Ohjeissa keskitytään lämpö- ja kosteusteknisiin kysymyksiin.

**Hanke- ja rakennussuunnittelu.** Keskeiset päätökset rakennuksen hoidon ja kunnossapidon kannalta tehdään hanke- sekä rakennussuunnitteluvaiheessa. Rakennuksen ominaisuudet sekä investointikustannukset sitoutuvat pääosin hankesuunnittelussa. Myös elinkaarikustannukset kiinnittyvät suurelta osin hankesuunnittelussa, koska investointikustannukset muodostavat useimmiten merkittävän osan elinkaarikustannuksista.

Hankesuunnitteluvaiheessa tilaajan on määritettävä tiloille ja järjestelmille systemaattisesti tavoitteet, jotka sisältävät myös hoitoon ja kunnossapitoon liittyvät kysymykset. Rakennussuunnitteluvaiheessa suunnittelijat pyrkivät saavuttamaan asetetut tavoitteet suunnitteluratkaisuin.



**Kuva 5.1** Rakennuksen ominaisuuksien ja investointikustannusten sitoutuminen sekä investointikustannusten toteutuminen perinteisen toteutusmuodon hankeprosessissa.

**Oikean käytön, hoidon ja kunnossapidon merkitys.** Rakennusteknisten ja LVIST-järjestelmien oikea käyttö on tärkeää, koska ne suunnitellaan lämpö- ja kosteusteknisesti tiettyihin ulkoisiin sekä sisäisiin olosuhteisiin.

Ulkoiset ilmasto-olosuhteet rakennuksen sijaintipaikalla ovat merkittävä kuormitustekijä. Hankalat olosuhteet ovat mm. meriilmastossa (suola, kosteus ja tuuli) sekä teollisuusilmastossa (ilman epäpuhtaudet ja kosteus).

Sisäilmasto-olosuhteet saattavat muuttua suunnittelun lähtötiedoista rakennuksessa tapahtuvan toiminnan vaihtuessa, mistä voi olla seurauksena eriasteisia vaurioita rakennusosille. Toiminnan vaihtuessa sekä lämpö- tai kosteusteknisten olosuhteiden muuttuessa rakennus- ja LVIST-osien toimivuutta on tarkasteltava uudelleen. Esimerkiksi huoneistoihin jaetussa pienteollisuushallissa on valvottava, että toiminnot hallin eri osissa ovat toiminnan ja rakennusfysiikan kannalta suunnittelun lähtötietojen mukaisia.

## 5.2 Oikean käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteet

### 5.2.1 Yleistä

**Ohjeiden rakenne.** Tässä esityksessä käsitellään käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteet erikseen. Kussakin osassa käsitellään

- alue- ja pohjarakenteet sekä perustukset
- julkisivut
- yläpohjarakenteet
- sisäpinnat

- lämmitysjärjestelmät
- vesi- ja viemärijärjestelmät
- ilmanvaihtojärjestelmät
- muut näkökohdat

**Tarkastukset.** Ohjeisiin liittyvät tarkastukset on tehtävä suunnitellusti, jotta mahdollisten vaurioiden eteneminen saadaan pysäytettyä. Kunkin rakennus- ja LVIST-osan tarkastukset suoritetaan valitulla tiheydellä sen vaurioitumisherkyyden ja vahingon aiheutumisen todennäköisyyden mukaan. Ensimmäinen tarkastus on viimeistään takuutarkastus. Tarkastustiheyttä on lisättävä rakennus- tai LVIST-osan käyttöiän päättymisen lähestyessä.

Säälle ja mekaanisille vaurioille alttiit rakennusosat tarkastetaan muutaman kerran vuodessa ja vähemmän vaurioitumisherkät harvemmin: Vesikatto on syytä tarkastaa talven jäljiltä, syksyllä lehtien varistua ja aina myrskyn jälkeen. Sen sijaan esimerkiksi salaojien tarkastus on tarpeen vain muutaman vuoden välein.

Rakennuksessa tapahtuvan toiminnan keskeytymiseen johtava vaurio saattaa aiheuttaa suuria tuottojen menetyksiä ja väliaikaisten tilojen kustannuksia. Säännöllisten tarkastusten seurauksena riittävän ajoissa tehty kunnossapitotoimenpide voi säästää kustannuksensa moninkertaisesti.

**Käyttöohje** laaditaan tilojen käyttäjäorganisaation edustajaa varten, jonka ei edellytetä tuntevan rakennuksen lämpö- ja kosteusfysiikkaa, mutta jonka on tarpeen saada tietoa tilojen ja järjestelmien toimivuudesta ainakin karkealla tasolla.

**Hoito-ohje** suunnataan kiinteistöhoitajalle, jotta hoitotoimenpiteissä osataan keskittyä oikeisiin asioihin ja tarvittaessa puuttua vaurioista kertoviin oireisiin.

**Kunnossapito-ohje** laaditaan kiinteistöpäällikköä tai vastaavaa asiantuntijaa varten. Tarvittaessa kunnossapito-ohjeen mukaisiin tarkastuksiin osallistuvat eri alojen asiantuntijat.

## 5.2.2 Oikea käyttö

Käyttäjäorganisaation edustajat eivät yleensä tunne rakennusfysiikkaa, joten heidät on koulutettava käyttämään rakennusta oikein. Koulutus on suoritettava kirjallisen materiaalin, luennon ja mallisuoritusten avulla tiedon perille menon varmistamiseksi.

Rakennuksen käyttöä on seurattava erityisesti käytön alkuvaiheessa, jotta mahdollinen väärä käyttö saadaan korjattua ennen vaurioiden syntymistä.

Käytön vastuuhenkilöksi on nimettävä fyysinen henkilö, joka vastaa toimenpiteistä. Käyttäjäorganisaation edustajan vaihtuessa on huolehdittava, että uusi henkilö koulutetaan tehtävänsä.



### 5.2.3 Oikea hoito

Oikea hoito on tärkeää, jotta rakennus toimii suunnitelmien mukaan. Hoito käsittää myös nopean reagoinnin vaurioista kertoviin oireisiin. Kiinteistöhoito-organisaatio on koulutettava tehtäviinsä kuten käyttäjäorganisaatio.

Toimenpiteet on esitetty taulukossa 5.1. Hoidon vastuuhenkilöksi on nimettävä fyysinen henkilö, joka vastaa tarkastuksista ja muista toimenpiteistä. Raportointi hoidosta suoritetaan kiinteistöpäällikölle.

### 5.2.4 Oikea kunnossapito

Oikea kunnossapito vähentää korjauskustannuksia. Kunnossapidon pohjana on huoltokirja sekä pitkän tähtäimen ylläpitosuunnitelma, jotka sisältävät asiantuntijatarkastukset sekä kunnossapitotoimenpiteet.

Oikean kunnossapidon keskeisiä toimenpiteitä ovat tiettyjen rakennus- ja LVIST-osien säännölliset tarkastukset taulukon 5.1 pohjalta. Kunnossapidon vastuuhenkilönä on kiinteistöpäällikkö tai vastaava. Raportointi kunnossapidosta suoritetaan omistajalle. Tarkastuksen suorittaja tekee toimenpide-ehdotukset tarkastuksen pohjalta esimerkiksi seuraavasti:

- ei toimenpiteitä
- tietyn rakennus- tai LVIST-osan tarkempi tutkimus
- vaihtoehdot tietyn rakennus- tai LVIST-osan korjaustoimenpiteiksi ja niiden taloudellinen vertailu hankkeen elinkaaritilouden näkökulmasta

*Taulukko 5.1 Alue- ja pohjarakenteita sekä perustuksia koskeva käyttöohje jaoteltuna Käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteisiin.*

Käyttö (käyttäjän vastuuhenkilö)	Hoito (kiinteistöhoitaja)	Kunnossapito (kiinteistöpäällikkö)
<b>Alue- ja pohjarakenteet sekä perustukset</b>		
Salaojiin ei saa johtaa sade- ja sulamisvesiä maanpinnalta, koska salaojat on varattu poistamaan tarvittaessa vesi perustusten ympäriltä.		<p><b>Päällysrakenteiden</b> routavaurioiden tarkastus siltä osin, mikä vaikuttaa sade- ja sulamisveden virtaamiseen</p> <p><b>Salaojaputkien ja -kaivojen sekä padotusventtiilin</b> toiminnan tarkastus</p> <p><b>Kellarin seinien ja kantavien rakenteiden</b> tarkastus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erityisesti, jos pohjaveden pinnan taso on korkea.</li> </ul>

**Taulukko 5.2** *Julkisivuja koskeva käyttöohje jaoteltuna Käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteisiin.*

<b>Käyttö</b> (käyttäjän vastuhenkilö)	<b>Hoito</b> (kiinteistöhoitaja)	<b>Kunnossapito</b> (kiinteistöpäällikkö)
<b>Julkisivut</b>		
<p><b>Ulkoseinät.</b> Uusia aukotuksia, kuten ovia ja ikkunoita, saa tehdä vain rakennesuunnittelijan luvalla.</p> <p>Uudet, pienehkötkin läpiviennitkin on tehtävä huolellisesti, koska ilman- ja höyryntiiviyyden on säilyttävä rakennesuunnitelmien mukaisina uusien läpivientien ja ulkoseinän liittymässä.</p> <p>Vesisuihkun käyttöä ulkoseinän lähellä esimerkiksi auton pesuun tms. on vältettävä.</p> <p><b>Ulko-ovien,</b> varsinkin isokokoisten nosto-, taitto- ym. ovien aukiolo on minimoitava kylmänä vuodenaikana, koska kylmä ulkoilma jäähdyttää nopeasti koko hallin ja voi jopa vaurioittaa oven lähellä olevia lämmityspattereita. Kylmän ilman sisääntulo vaikeuttaa myös lämmitysjärjestelmien säätöä.</p>	<p><b>Ulkoseiniä</b> vasten ei saa läjittää lunta, jotta sulamisvesi ei valu ulkoseinän tai sokkelielementin sisään.</p> <p>Jos ulkoseinä vaurioituu esimerkiksi lunta poistettaessa, vauriot on korjattava välittömästi.</p> <p>Ulkoseiniä pestäessä esimerkiksi graffitien poiston takia on varottava veden pääsyä ulkoverhouksen taakse.</p>	<p><b>Ulkoseinien tarkastukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ulkoverhous yleensä</li> <li>- ulkoseinän liittymä sokkeliin, yläpohjaan sekä kulmiin ja nurkkiin</li> <li>- tuuletusraot</li> <li>- sokkelin ulkokuori sekä liikunta- ja elementtisaumat</li> <li>- syöksytorvesta virtaavan veden reitti sadevesikaivoon tms.</li> <li>- päätyseinällä olevan palkin mahdollinen taipuma sekä sen vaikutus yläpohjan ja ulkoseinän liitokseen</li> <li>- eri materiaalien erityispiirteet</li> </ul> <p><b>Ulko-ovien tarkastukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tiivisteet</li> <li>- sulkeutuminen</li> <li>- liittymä ulkoseinään</li> </ul> <p><b>Ikkunoiden tarkastus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- karmin ja puitteen alakappale listoineen ja kittauksineen</li> <li>- tiivisteet</li> <li>- vesipelti</li> <li>- liittymä ulkoseinään</li> </ul> <p><b>Läpiviennit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- liittymä ulkoseinään</li> </ul>

**Taulukko 5.3** Yläpohjarakenteita koskeva käyttöohje jaoteltuna Käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteisiin.

Käyttö (käyttäjän vastuuhenkilö)	Hoito (kiinteistönhoitaja)	Kunnossapito (kiinteistöpäällikkö)
<b>Yläpohjarakenteet</b>		
<p><b>Kattoikkunoita, savunpoistoluukkuja</b> tms. uusia aukotuksia yläpohjaan saa tehdä vain rakennesuunnittelijan luvalla.</p> <p><b>Uusia ripustuksia</b> saa tehdä yläpohjaan vain rakennesuunnittelijan luvalla, joka käsittää ripustuspaikat ja -tavat sekä maksimikuorman.</p>	<p><b>Yleistä.</b> Lumen poisto vesikatolta on tarpeen vain poikkeustapauksissa, jos esimerkiksi lumen tai jään putoamisesta on vaaraa ihmisille tai jos lumi kinostuu voimakkaasti. Voimakkaasti kinostuneen lumen sulaessa vesi voi nousta yli vesikaton läpivientien ylösnostojen.</p> <p>Lumen poisto vesikatolta sisältää riskin vesikatteen vaurioitumisesta. Jos lunta poistetaan, se on tehtävä esimerkiksi pyöreäkulmaisella muovilapiolla ja siten, että lunta jätetään vähintään 10 cm, jotta vesikate ei vaurioidu. Jos lunta poistetaan suuria määriä, lumi on poistettava kerroksittain eri osista. Lunta ei saa poistaa suuria määriä alkaen reunalta ja jatkaen toiselle reunalle. Räystäiden ja läpivientien tuuletusväli on tarkastettava ja puhdistettava erityisesti lumimyrskyn jälkeen.</p> <p><b>Vesikaton tarkastus ja puhdistus ainakin</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- keväällä lumen sulettua</li> <li>- syksyllä lehtien varistua</li> <li>- myrskyn jälkeen</li> </ul> <p><b>Räystäiden tarkastus ja puhdistus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- räystäskourujen ja syöksytorvien sähkösulatuksen toiminta</li> <li>- räystäskourujen ja syöksytorvien puhdistus ainakin syksyllä lehtien varistua.</li> </ul>	<p><b>Yleistä.</b> Yläpohjarakenteet käsittää myös katokset yms. Tarkastuksia on tehtävä useammin lähellä kunkin rakennusosan käyttöiän päättymistä.</p> <p>Jos yläpohjasta valuu vettä, mutta vesikate on ehjä, kyseessä on kosteuden tiivistyminen vesikaton alapintaan, koska yläpohjan höyrynsulku ei ole tiivis.</p> <p>Jos vesikatolla työskennellään vesikatteen asentamisen jälkeen, vesikate on suojattava mekaanisilta kuormituksilta.</p> <p><b>Vesikaton tarkastus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vesikate, erityisesti saumat ja jiirit sekä kohdat, joissa katteen alustan materiaali vaihtuu</li> <li>- jos vesikatolla on singeli, vesikate tarkastetaan pistokokeilla singelin alta</li> <li>- vesikatteen kallistus erittäin loivissa katoissa</li> <li>- vesikatteen epäjatkuvuuskohdat, kuten läpivientien ylösnostot ja juuripellitukset</li> <li>- vesikatteen alapuolen tarkastus yläpohjan ontelosta tai ullakolta</li> <li>- yläpohjan tuuletuksen toiminta</li> <li>- kattokaivot sekä sisäpuoliset vedenpoistoputket</li> <li>- jos sisäpuolinen vedenpoistoputki, mahdollinen kosteuden tiivistyminen putken ulkopintaan</li> <li>- peltikatteen kiinnitys alustaan</li> <li>- kattokaivon sähkösulatuksen toiminta</li> <li>- eri materiaalien erityispiirteet</li> </ul> <p>(jatkuu seuraavalla sivulla)</p>

		<p><b>Räystäiden tarkastus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- räystäskourujen ja syöksytörvien kunto</li> <li>- räystäskourujen ja syöksytörvien sähkösulatus</li> </ul> <p><b>Yläpohjavarusteiden tarkastus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- antennien ym. kiinnitykset</li> <li>- kattosiltojen ja tikkaiden kunto sekä kiinnitykset</li> <li>- kattopollareiden kunto</li> </ul> <p><b>Kattoikkunoiden ja savunpoistoluukkujen tarkastus</b></p>
--	--	---

*Taulukko 5.4 Sisäpintoja koskeva käyttöohje jaoteltuna Käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteisiin.*

<b>Käyttö</b> (käyttäjän vastuhenkilö)	<b>Hoito</b> (kiinteistönhoitaja)	<b>Kunnossapito</b> (kiinteistöpäällikkö)
<b>Sisäpinnat</b>		
<p><b>Yleistä.</b> Oireita kosteusvaurioista ovat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kosteusläikät, värjäytymät</li> <li>- pinnoite irtoaa</li> <li>- puuosat turpoaa</li> <li>- ikkunoihin tiivistyy usein kosteutta tai ne ovat usein huurteessa</li> </ul> <p><b>Seinää ja lattiapintojen</b> veden ja kemiallisten aineiden kestävyys on suunnittelun lähtötietojen ja käyttötarkoituksen mukainen. Ne eivät ehkä kestä suurempaa tai muunlaista rasitusta</p>	<p><b>Yleistä.</b> Oireita kosteusvaurioista</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kosteusläikät, värjäytymät</li> <li>- pinnoite irtoaa</li> <li>- puuosat turpoaa</li> <li>- ikkunoihin tiivistyy usein kosteutta tai ne ovat usein huurteessa</li> </ul> <p>Siivous suoritetaan valmistajan hoito-ohjeiden mukaan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kuivien tilojen lattia</li> <li>- kosteiden tilojen lattia ja seinät</li> <li>- kalusteet eriteltynä</li> </ul>	<p><b>Seinä- ja lattiapintojen tarkastukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kosteiden tilojen pinnoitteet</li> <li>- läpivientien tiivistykset</li> <li>- mahdollinen liikuntasäuma seinissä ja lattiassa</li> <li>- eri materiaalien erityispiirteet</li> </ul>

**Taulukko 5.5** Lämmitysjärjestelmiä koskeva käyttöohje jaoteltuna Käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteisiin.

Käyttö (käyttäjän vastuhenkilö)	Hoito (kiinteistönhoitaja)	Kunnossapito (kiinteistöpäällikkö)
<b>Lämmitysjärjestelmät</b>		
<p><b>Yleistä.</b> Kosteat tilat on kuivattava nopeasti ilmanvaihdon ja lämmityksen avulla. Pesutilojen ilmanvaihtoventtiileitä ei saa sulkea missään olosuhteissa. Lämmityspattereita ei myöskään saa sulkea kokonaan hellesäitä lukuun ottamatta.</p> <p><b>Lämmitysjärjestelmien ohjaus</b> suoritetaan automaattisesti tai käsiohjauksena.</p> <p>Lämmityspatteriverkoston automaattinen ohjaus säättää patteriverkoston menevän menoveden ulkolämpötilan mukaan. Jos patteriverkosto on oikein suunniteltu ja toteutettu sekä oikein tasapainotettu ja säädetty, se toimii asianmukaisesti.</p> <p>Pääsääntöisesti termostaattiventtiileihin ei pidä koskea, koska kylmä patteri ja sen yläpuolella oleva ikkuna aiheuttavat vedon tunteen. Vahingossa kiinni jäänyt patteri ja ulkolämpötilan laskeminen yön aikana jäähdyttävät huonetilan haitallisesti.</p> <p>Lämmityspatteriverkoston käsiohjaus tapahtuu poikkeustilanteissa huonekohtaisesti termostaattiventtiileistä.</p>	<p><b>Yleistä.</b> Lämmöneristetyt rakennuksen lämpötilaa esimerkiksi käyttämättömänä ei saa laskea pitkäksi ajaksi alle sovitun lämpötilan.</p> <p><b>Lämmitysjärjestelmän ohjaus</b> suoritetaan automaattisesti tai käsiohjauksena</p> <p><b>Muut toimenpiteet.</b> Energiankulutusta on tarkkailtava jatkuvasti. Käyttöönottovaiheessa asetetaan tavoitetaso, johon on mahdollista päästä oikealla käytöllä, sekä hälytysraja, joka ylitettäessä on ryhdyttävä toimenpiteisiin syyn selvittämiseksi.</p> <p>Patterien sekä tulo- ja menoveden lämpötilaa on seurattava säännöllisesti.</p>	<p><b>Lämmitysjärjestelmien tarkastukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lämmitysjärjestelmän säädöt on tarkastettava sovituin välein</li> </ul> <p><b>Muut toimenpiteet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- näkyvissä olevien putkien tarkastus</li> <li>- lämmönjakohuoneen tai oman lämmityslaitoksen laitteiden huoltojen tarkastus</li> </ul>

**Taulukko 5.6** Vesi- ja viemärijärjestelmiä koskeva käyttöohje jaoteltuna Käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteisiin.

<b>Käyttö</b> (käyttäjän vastuuhenkilö)	<b>Hoito</b> (kiinteistöhoitaja)	<b>Kunnossapito</b> (kiinteistöpäällikkö)
<b>Vesi- ja viemärijärjestelmät</b>		
<p><b>Yleistä.</b> Rakennukseen tulviva vesi on suuri riskitekijä rakennusosien vaurioitumiselle. Tulviva vesi voi johtua rankkasateesta, putkivuodosta tai esim. auki jääneestä vesihanasta.</p> <p><b>Putkivuototilanteessa talojohd on suljettava välittömästi. Siksi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- reitti vesimittaritalaan on merkittävä selvästi yleisistä tiloista alkaen</li> <li>- avain vesimittaritalaan on luovutettava tietyille henkilöille, jotka on merkittävä oveen</li> <li>- talojohdon kytkin vesimittaritalassa on merkittävä selvästi</li> </ul> <p>Tulvivan veden poistaa pelastuslaitos tai esim. yksityinen vahinkopalvelu. Pelastuslaitos voi olla ylityöllistetty rankkasateen jälkeen, joten muihinkin vaihtoehtoihin on varauduttava.</p> <p>Tulvavahinko voi luonnollisesti tapahtua milloin tahansa ja kiinteistöstä vastaavien henkilöiden tavoittaminen saattaa olla hankalaa. Siksi vahinkoilmoitusta varten keskeisessä paikassa on oltava esillä ainakin seuraavat yhteystiedot:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kiinteistöhoitaja ja vartiointiliike</li> <li>- kiinteistöpäällikkö ja isännöitsijä</li> <li>- vahinkopalvelu</li> <li>- pelastuslaitoksen muutkin kuin hätänumerot</li> </ul> <p>Jos toiminnassa käytetään vettä, putkiliittymien yms. kunto on tarkastettava säännöllisesti. Putkivuotoon voi varautua myös asentamalla taloliittymään säädettävän, paineeseen tai virtaukseen reagoivan laitteen, joka sulkee liittymän putkivuototilanteessa.</p>	<p><b>Vesi- ja viemärijärjestelmien tarkastus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- viemärien tuuletusputket</li> <li>- vedenkulutuksen tarkkailu esim. vesimittaria seuraamalla, kun kulutusta ei ole</li> <li>- rasvan, hiekan, öljyn ym. erotuksen erikoiskaivot</li> </ul> <p><b>Vesi- ja viemärijärjestelmien puhdistus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lattiakaivot</li> <li>- vesikalusteiden hajulukot</li> </ul>	<p><b>Vesi- ja viemärijärjestelmien tarkastus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vesikalusteiden tiivisteet</li> <li>- vettä käyttävien koneiden ja laitteiden vedenpoistoputken liitos viemäriin</li> <li>- lattiakaivojen tiivisteet</li> <li>- sadevesiviemärit</li> <li>- viemärien padotusventtiilin tarkastus</li> </ul> <p>(jatkuu seuraavalla sivulla)</p>

<p><b>Muut vesi- ja viemäri-järjestelmän vauriot.</b>                  Kiinteistönhoitajalle on tehtävävikailmoitus, jos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- viemäri vetää huonosti</li> <li>- putki tai vesikaluste vuotaa vähänkin</li> <li>- putkeen tiivistyy kosteutta</li> </ul>		
---	--	--

*Taulukko 5.7 Ilmanvaihtojärjestelmiä koskeva käyttöohje jaoteltuna Käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteisiin.*

Käyttö (käyttäjän vastuhenkilö)	Hoito (kiinteistönhoitaja)	Kunnossapito (kiinteistöpäällikkö)
<b>Ilmanvaihtojärjestelmät</b>		
<p><b>Yleistä.</b> Kosteiden tilojen ilmanvaihdon toiminta on erityisen tärkeää, jotta tilat kuivuvat nopeasti. Jos ilma ei kuivu kosteissa tiloissa nopeasti, kiinteistönhoitajalle on tehtävä vikailmoitus.</p> <p><b>Ilmanvaihdon ohjaus.</b> Ilmanvaihdon minimimäärä esitetään suunnitelmissa. Sitä ei saa missään olosuhteissa alittaa. Rakennuksessa on oltava aina alipaine, jotta kosteus poistuu ilmanvaihtoventtiileistä eikä yläpohja- ja ulkoseinä-rakenteiden läpi. Ilmanvaihdon ohjaus hoidetaan automaattisesti tai käsiohjauksena.</p> <p>Automaattisen ohjauksen asetuksia muutetaan tarvittaessa. Esim. tuotannon vaatiessa tiettyjä kosteusolosuhteita hallin suhteellista kosteutta voidaan säätää automaattisesti kosteusantureilla.</p> <p>Käsiohjausta käytetään tarvittaessa ohjeiden mukaan. Kokoontumistilan ilmanvaihto säädetään yleisömäärän mukaan. Jos toimitilan ilmanvaihto on säädetty vaihtumaan pienemmälle työpäivän päättyessä, tietyn huonetilan ilmanvaihto on mahdollista säätää suuremmalle käsiohjauksena esim. kahdeksi tunniksi. Ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan hätäpysäytyskytkimellä poikkeustilanteita varten.</p>	<p><b>Ilmanvaihtojärjestelmän tarkastukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ilmavirtaus IV-venttiilin edestä silmämääräisesti</li> <li>- IV-venttiilin poisto ja silmämääräinen tarkastus</li> </ul> <p><b>Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IV-putkien ja venttiilien puhdistus</li> <li>- suodattimien puhdistus</li> </ul> <p><b>Ilmanvaihdon ohjaus.</b>                  Automaattista ohjausta voidaan säätää tarpeen mukaan. Automaattista ohjausta muutetaan poikkeuksellisissa sääolosuhteissa, kuten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kova pakkanen</li> <li>- helle</li> <li>- pitkä sadejakso</li> <li>- voimakas tuuli</li> </ul>	<p><b>Yleistä.</b> Ilman sisäänottoaukon väärä koko ja rakenne sekä suojaamattomuus sateelta voi aiheuttaa lumen ja veden pääsyn ilmanvaihtoputkistoon</p> <p><b>Ilmanvaihtojärjestelmän tarkastukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ilmavirtojen mittaus ja säätö</li> <li>- jos rakennuksessa on jäähdytyslaitteita, kosteuden mahdollinen tiivistyminen rakenteisiin</li> <li>- näkyvissä olevien putkien tarkastus</li> <li>- IV-konehuoneen tai huippumurien tarkastus</li> <li>- IV-kanavien eristeet yläpohjan ontelossa tai ullakolla</li> </ul>

**Taulukko 5.8** Muita rakennusosia ja järjestelmiä koskeva käyttöohje jaoteltuna Käytön, hoidon ja kunnossapidon toimenpiteisiin.

<b>Käyttö</b> (käyttäjän vastuuhenkilö)	<b>Hoito</b> (kiinteistönhoitaja)	<b>Kunnossapito</b> (kiinteistöpäällikkö)
<b>Muut</b>		
<p><b>Yleistä.</b> Uusia kiinnityksiä rakennusosiin on vältettävä paikassa, jossa on roiskevettä. Jos kiinnityksiä kuitenkin tehdään, läpiviennit on tiivistettävä huolellisesti</p> <p><b>Rakennusrunko.</b> Uudet mekaaniset kuormitukset rakenteille, kuten pylväsnosturin kiinnitys pilariin on selvitettävä rakennesuunnittelijan kanssa. Uusia aukotuksia kantaviin rakenteisiin saa tehdä vain rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan.</p> <p><b>Sähkötekniset järjestelmät.</b> Sähkölämmitykseen perustuvaa sulatusta käytetään mm. ajoluiskissa, kattokaivoissa, räystäs-kouruissa, syöksytorvissa ja sadevesikaivoissa. Sulatusjärjestelmien ohjaus tapahtuu automaattisesti tai käsi-ohjauksena.</p>	<p><b>Yleistä.</b> Sähkön kulutusta on seurattava säännöllisesti.</p>	<p><b>Yleistä</b>                      Rankkasateesta aiheutuu riskejä erityisesti silloin, kun</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rakennuksen korkeusasema on alempi ympäristöön nähden</li> <li>- maanpinta oven ulkopuolella viettää rakennukseen päin</li> <li>- oven edessä ei ole oven levyistä ritiläkaivoa</li> <li>- ritiläkaivoista lähtevät viemäriputket ovat tukossa niihin valuneen hiekan tai jään takia</li> </ul> <p><b>Rakennusrungon tarkastukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kuormitusten ja kuormitusyhdistelmien muutokset</li> <li>- rakenteiden kantokyvyn muutokset (aukotukset, mekaaniset vauriot, kosteusvauriot ym.)</li> </ul>

## 5.3 Rakennussuunnitelmien arkistointi

### 5.3.1 Yleistä

Ajan tasalla pidettävät asiakirjat ovat keskeinen tietolähde kiinteistöä koskevissa toimenpiteissä. Ne on päivitettävä huolellisesti jokaisen kunnossapito-, korjaus- ja muutostoimenpiteen jälkeen.

Ajan tasalla pidettävät asiakirjat ovat pohjana käytön, hoidon ja kunnossapidon sekä korjaus- ja muutoshankkeiden suunnittelussa. Rakennuksen käyttö edellyttää tietoja mm. lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmistä sekä sisäpintojen kestävydestä. Hoidossa tarvitaan tietoja esimerkiksi vesikaton tarkastusta ja vedenpoistojärjestelmän sulatusta varten. Kunnossapito vaatii tietoja mm. ulkoseinien pintarakenteesta uusintamaalauksen suhteen. Korjaus- ja muutoshankkeet edellyttävät mahdollisesti rakennusvalvontaviranomaisen lupaa, jolloin ajan tasalla olevat rakennuslupa-asiakirjat helpottavat ja nopeuttavat hankkeen käynnistymistä. Lisäksi korjaushankkeissa voidaan tarvita tietoja esimerkiksi rakenteiden kantavuudesta.



Käytössä, hoidossa ja kunnossapidossa sekä korjaus- ja muutoshankkeissa tarvittavia asiakirjoja ovat

- ajan tasalla pidettävät asiakirjat
- uudisrakentamishankkeen asiakirjat
- korjaus- ja muutoshankkeiden asiakirjat

### 5.3.2 Ajan tasalla pidettävät asiakirjat

Urakoitsijat päivittävät suunnitelma-asiakirjat toteutuksen mukaisiksi hankkeen kuluessa ("tarkesuunnitelmat") ja hyväksyttävät ne työmaavalvojalla. Urakoitsijat luovuttavat ajan tasalla pidettävät asiakirjat vastaanottotilaisuudessa tilaajalle, joka selvityksen ja mahdollisten korjausten jälkeen hyväksyy ne käytettäväksi ylläpidossa.

Rakennuksen ylläpitoa varten pidetään ajan tasalla ainakin seuraavat asiakirjat:

#### Arkkitehtisuunnitelmista

- rakennuslupa-asiakirjat, jotka sisältävät myös muutoslupien toimenpiteet
- toteutussuunnitelmat
  - asemapiirros
  - pohjapiirrokset
  - julkisivupiirrokset
  - vesikattopiirros
  - leikkauspiirrokset
  - detaljipiirrokset
  - rakennusseloste
- piirustusluettelo

#### Rakennesuunnitelmista toteutussuunnitelmat, kuten

- tasopiirrokset perustuksista, kerroksista ja yläpohjasta
- leikkauspiirrokset
- rakennetyypit ja muut detaljipiirrokset
- louhinta- ja kuivatuspiirrokset
- mahdolliset elementtipiirustukset
- piirustusluettelo

#### LVI-suunnitelmista esimerkiksi

- asemapiirros
- tasopiirrokset kerroksista ja vesikatosta
- leikkaukset
- toimintakaaviot
- säätökaaviot
- konekortit
- LVI-seloste
- piirustusluettelo

### **Sähkö- ja tietoteknisistä suunnitelmista mm.**

- asemapiirros
- tasopiirroksiset kerroksista ja vesikatosta
- pää- ja järjestelmäkaaviot
- valaisin- ja laiteluettelot
- säätökaaviot
- konekortit
- sähköseloste
- piirustusluettelo

### **Geoteknisistä suunnitelmista**

- pohjatutkimus
- perustamissuositus
- pintavaaituskartta
- piirustusluettelo

## **5.3.3 Uudisrakentamishankkeen asiakirjat**

Uudisrakentamisvaiheesta arkistoidaan

- alkuperäiset rakennuslupa-asiakirjat ja mahdolliset toteutuksen aikaiset muutoslupa-asiakirjat
- muut asiakirjat edellä olevaa luetteloä soveltaen

## **5.3.4 Korjaus- ja muutoshankkeiden asiakirjat**

Korjaus- ja muutoshankkeista arkistoidaan asiakirjat edellä olevia uudisrakentamishankkeen asiakirjoja soveltaen.

Korjaus- ja muutoshankkeet saattavat myös aiheuttaa muutoksia huoltokirjaan ja pitkäjänteiseen ylläpitosuunnitelmaan.

## 6. Yhteenveto

### 6.1 Johtopäätökset

Tutkimuksessa tarkasteltiin rakennuksen pitkäikäisyyttä lähinnä teknisestä näkökulmasta. Rakennuksen ja rakennusosien pitkäikäisyyteen vaikuttaa merkittävästi niiden kosteustekninen toimivuus. Kosteus on rasisustekijä, joka on mukana useimmissa vauriotapauksissa. Toisaalta kosteuden vaikutuksia voidaan tehokkaasti rajoittaa toimivilla rakenneratkaisuilla.

**Puurakenteisen hallirakennuksen suunnittelu.** Pitkän kokemuksen ja tutkimuksista saatujen tulosten perusteella on kartoitettu rakennuksen kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeimmät kohdat: maata vasten olevat rakenteet, julkisivu, yläpohja- ja vesikattorakenteet, märkätilat ja ilmanvaihto. Näiden rakenteiden ja ilmanvaihtojärjestelmän huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella voidaan välttää kosteuden aiheuttamia vaurioita ja edistää rakennuksen pitkäikäisyyttä.

Rakennuksen pitkäikäisyyteen ja oikeaan kosteustekniseen toimintaan pyrittäessä on tärkeää tunnistaa ja tehdä oikein rakennuksen kosteustekniseen toimintaan oleellisesti vaikuttavat kohdat. Tunnistetaan rakennusosiin ja rakenneratkaisuihin liittyvät riskit, jotka pyritään välttämään suunnitteluratkaisuilla ja huolellisella toteutuksella. Kosteusteknisessä suunnittelussa on varauduttava myös mahdollisiin vaurioihin, esim. mahdollistettava rakenteiden kuivuminen vesivuototapauksessa. Oikeisiin kohtiin huomiota kiinnittämällä on mahdollista rakentaa kosteusteknisesti oikein toimiva ja pitkäikäinen rakennus, ilman että investointikustannukset nousevat merkittävästi.

Puurakenteisen hallirakennuksen suunnitteluvaiheessa on varmistettava, että rakennus on kaikista tärkeistä suunnittelunäkökulmista hyvä ja riskitön. Tätä varten organisoitiin suunnittelijoiden ja Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) Talonrakennustekniikan laboratorion tutkijoiden välille toimintatapa, jolla suunnitteluratkaisuihin liittyvät mahdolliset riskit ja kehitystarpeet selvitettiin. Tämä toteutettiin siten, että TTY:ssa oli yksi vastuullinen ja koordinoiva tutkija, joka keräsi laboratorion tutkijoilta heidän näkemyksensä. Palaute muokattiin ehdotukseksi kustakin suunnitteluratkaisusta

Tässä tutkimuksessa keskityttiin kosteusteknisen toiminnan kannalta tärkeiden kohtien toiminnallisten vaatimusten lisäksi esittämään myös perustelut. Tutkimuksessa on esitetty 33 tärkeän rakenneyksityiskohdan toiminnallinen tavoite, keinoja tavoitteen saavuttamiseksi sekä perustelut, miksi kyseisen kohdan suunnitteluun ja toteutukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tässä tutkimuksessa esitetyt rakenneratkaisut eivät ole ainoita oikeita. Esitettyjen perustelujen jälkeen suunnittelija kykenee kokemuksensa pohjalta suunnittelemaan rakenteet kosteusteknisen toiminnan kannalta turvallisiksi.

Tutkimuksessa kehitettyjen suunnitteluratkaisujen sisältämät periaatteet ovat sovellettavissa eri käyttötarkoitusta varten rakennetuissa puuhalleissa. Esitystapa valittiin sellaiseksi, että rakennushankkeen eri osapuolet: rakennuttaja, suunnittelijat ja urakoitsijat, voivat hyödyntää niitä tavoitellessaan puurakenteiselle hallirakennukselle pitkää käyttöikää. Esitettyjä suunnitteluratkaisuja on mahdollista hyödyntää myös rakennuksen käyttövaiheessa.

Rakennuksessa tapahtuvan toiminnan asettamia erityisvaatimuksia olosuhteille ja rakenteille on käsitelty esimerkinomaisesti. Hallirakennuksia, joissa toiminnasta johtuen on erityisen vaikeat sisäilmasto-olosuhteet ovat mm:

- Kirjapainorakennukset
- Uimahallit
- Kylmät tilat, kuten jäähallit ja kylmävarastot
- Museot

Toimintamallia, jossa huomioidaan toiminnan asettamat reunaehdot rakenteille ja kosteusteknisen toiminnan kannalta turvalliset rakenneratkaisut, testattiin case-kohteessa. Talonrakennustekniikan tutkijoiden ja kohteen runko- ja elementtitoimittajan yhteistyönä tutkittiin alustavia suunnitelmia, kartoitettiin riskikohtia ja etsittiin vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja. Ensimmäisen tarkastelukierroksen jälkeen toteutuksesta vastaavien henkilöiden toimesta suunnittelutyötä jatkettiin ja tutkittiin vaihtoehtoisten ratkaisujen taloudellisia vaikutuksia. Tämän jälkeen järjestettiin toinen suunnitelmien tarkastelukierros samalla kokoonpanolla kuin ensimmäinen suunnitelmien alustava tarkastelu. Tämän toimintamallin lopputuloksena saavutettiin toteuttamiskelpoiset, kosteustekniset toimivat ja turvalliset rakenneratkaisut, joilla saavutetaan pitkäikäinen rakennus.

**Elementtituotannon ja asennuksen dokumentoinnin ohjeistus.** Huolellinen rakennustyön dokumentointi palvelee sekä rakentajaa että hallirakennuksen käyttäjää. Rakennushankkeen toteuttaja voi hyödyntää dokumentointia markkinoinnissa ja yrityksen sisäisessä koulutuksessa. Dokumentoinnista on hyötyä myös mahdollisten reklamaatioiden käsittelyssä. Rakennuksen käyttäjä saa dokumentoinnista tietää kuinka rakennus on rakennettu. Toteutusvaiheen dokumentointi palvelee huoltokirjan laadintaan liittyvää alkuvaiheen selvitystä sekä myöhemmin tulevia korjaus-, laajennus- ja muutostöiden suunnittelua. Hankekohtaisesti suunniteltu dokumentointiohje ja sen huolellinen noudattaminen toteutusvaiheessa palvelee näitä tarkoituksia. ”Toteutusvaiheessa on tiedostettu pitkäikäisyyteen vaikuttavat tekijät ja ne on pyritty toteuttamaan huolellisesti.”

Dokumentoinnin ohjeistuksen laadinta lähtee yrityksen ja asiakkaan tarpeista. Tärkeää on kartoittaa mitä tietoja tarvitaan yrityksen tai asiakkaan myöhempiin tarpeisiin, kuinka tiedot dokumentoidaan, kuka dokumentoinnin suorittaa ja miten tiedot arkistoidaan, jotta ne ovat tarvittaessa helposti löydettävissä, tunnistettavissa ja hyödynnettävissä. Dokumentointia suunniteltaessa on otettava huomioon myös luovutusaineistoon sisällytettävät dokumentit. Luovutusaineiston tulee olla helposti koottavissa dokumentoidusta aineistosta. Dokumentoinnin on palveltava myös yrityksen jatkuvaa laadunparantamista. Mikäli yrityksen tavoitteena on ISO 9001 standardin mukainen laadunhallintajärjestelmä ja sertifiointi, on ohjeistuksen laadinnassa huomioitava myös standardin asettamat vaatimukset.

Dokumentoinnin ohjeistuksen kehitystyö tehtiin esimerkkiyrityksessä ja aineistoa täydennettiin mm. kirjallisuustutkimuksella. Kehitystyön alussa seurattiin puuhallin toteutusvaihetta, joka dokumentoitiin. Dokumentoinnille tulevia yleisiä vaatimuksia kartoitettiin Talonrakennustekniikan laboratorion tutkijan tekemien yrityksen työntekijöiden haastatteluiden sekä yrityksen sisäisen ryhmäkeskustelun avulla. Tutkimuksessa laadittiin dokumentointiohjekortit, joiden pohjalta tarkemmat hankekohtaiset dokumentointiohjeet laaditaan. Esimerkkiyrityksen dokumentointiohjeen kehitystyöhön kuului myös luovutusaineiston sisällön yhtenäistäminen.

Dokumentointiohjeen kehitystyö on esitetty vaiheittain etenevästi, esiin on nostettu muutamia keskeisiä periaatteita, jotka tulee sisällyttää yrityskohtaiseen dokumentointiohjeeseen. Tutkimuksessa esitettyjen periaatteiden mukaisesti voidaan laatia yrityskohtaiset ohjeistukset. Yrityskohtaisen dokumentointiohjeen laadintaan on syytä osallistua eri vaiheista, kuten suunnittelusta, tuotannosta ja asennuksesta vastaavien henkilöiden. Dokumentointiohjeen tulee olla osa yrityksen laadunhallintajärjestelmää. Sen toimivuutta tulee arvioida ja kehittää osana jatkuvaa laadunparantamista.

Esimerkkiyrityksen dokumentoinnin ohjeistusta laadittaessa tuli selkeästi ilmi, kuinka liittyvät rakennusosat ja niiden toteutus voivat vaikuttaa ratkaisevasti elementtirakenteiden oikeaan kosteustekniseen toimintaan. Rakennushankkeen eri osapuolten tulee laatia omaa tuotantoa koskevat ohjeensa. Liittyvien rakennusosien kohdalla olisi toivottavaa tehdä yhteistyötä, jotta lopullisen tuotteen laatu olisi paras mahdollinen.

**Käyttöä, hoitoa ja kunnossapitoa** koskevat ohjeet on tarkoitettu käsikirjan luonteiseksi. Niiden pohjalta laaditaan hankekohtaiset ohjeet.

Keskeiset päätökset rakennuksen hoidon ja kunnossapidon kannalta tehdään hanke- sekä rakennussuunnitteluvaiheessa. Hankesuunnitteluvaiheessa tilaajan on määritettävä tiloille ja järjestelmille systemaattisesti tavoitteet, jotka sisältävät myös hoitoon ja kunnossapitoon liittyvät kysymykset.

Rakennus suunnitellaan tiettyä toimintaa varten ja suunnittelun lähtötietojen mukaisiin olosuhteisiin. Toiminnan vaihtuessa sekä lämpö- tai kosteusteknisten olosuhteiden muuttuessa rakennus- ja LVIST-osien toimivuutta on tarkasteltava uudelleen.

Ohjeisiin liittyvät tarkastukset on tehtävä suunnitellusti, jotta mahdollisten vaurioiden eteneminen saadaan pysäytettyä. Rakennuksessa tapahtuvan toiminnan keskeytymiseen johtava vaurio voi aiheuttaa suuria tuottojen menetyksiä ja väliaikaisten tilojen kustannuksia. Säännöllisten tarkastusten seurauksena riittävän ajoissa tehty kunnossapitotoimenpide voi säästää kustannuksensa moninkertaisesti.

## 6.2 Jatkotutkimus- ja kehitystarpeet

Kosteusteknisesti turvallisten ja toimivien rakenneratkaisujen kehittäminen eri rakennustyypeille on osa rakennuskannan laadunparantamista ja nostaa kansallisarvallisuuden arvoa. Tutkimuksessa esitetyn toimintamallin hyödyntäminen hankekohtaisesti edellyttää rakennushankkeen eri osapuolten, kuten alan tutkijoiden, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden, yhteistyötä ja sitoutumista suunnittelu-, toteutus- ja käyttövaiheessa rakennuksen pitkän käyttöiän tavoitteeseen.

Tampereen teknillisen yliopiston Talonrakennustekniikan laboratoriossa on ollut muutamia tutkimushankkeita, jotka on toteutettu tässä tutkimuksessa esitettyjen periaatteiden mukaisesti. Rakenteiden kosteustekniseen suunnitteluun ja rakennushankkeen toteutukseen on kiinnitetty erityistä huomiota, lisäksi rakennusten käyttäjää on opastettu rakennuksen oikeaan käyttöön. Näistä hankkeista on saatu positiivista palautetta. Tässä tutkimuksessa esiteltyä toimintamallia tulisikin soveltaa useampaan käytännönkohteeseen eri rakennustyypeille ja materiaaleille. Yhteistyöllä alan tutkijoiden, suunnittelijoiden, rakennusteollisuuden ja urakoitsijoiden kesken voidaan lisätä rakennusalan tietämystä rakennuksen pitkäikäisyyteen vaikuttavista tekijöistä.

Kosteusteknisesti oikeiden ja turvallisten rakenneratkaisujen laadinnan yhteydessä, todettiin erityisesti yläpohjan ja vesikaton läpivientien aiheuttavan kosteusteknisiä ongelmia. Alan kirjallisuudessa todetaan yleisesti, että läpiviennit on tehtävä tiiviiksi, mutta keinoja tiiviyn varmistamiseksi on hyvin vähän. Markkinoilla on joitakin läpivientien tiivistyskappaleita, mutta niiden käyttö lienee vähäistä. Yläpohja ja vesikattorakenteiden, erityisesti läpivientien, tiiviyyteen ja tiiviyn varmistamiseen tulisi kiinnittää enemmän huomiota ja kehittää toimivia ratkaisuja.

Tutkimushankkeen aikana todettiin, että tällä hetkellä suurin katkos tiedonsiirrossa tapahtuu toteutus- ja käyttövaiheen välillä. Mahdolliset rakennusvirheet, jotka voivat vaikuttaa ratkaisevasti rakennuksen kosteustekniseen toimintaan, tulisi havaita ja korjata nopeasti. Rakennuksen oikeaan ja kohtuulliseen käyttöön opastaminen antaa paremmat lähtökohdat pitkän elinkaaren tavoitteluun. Toinen katkos tiedonsiirrossa sijoittuu suunnittelu- ja toteutusvaiheiden välille. Suunnitteluperiaatteiden vienti suunnittelusta edelleen tuotantoon olisi ensiarvoisen tärkeää, jotta rakenteet toimisivat halutulla tavalla. Näiden tiedonkulun katkosten poistaminen edellyttää eri osapuolten yhteistyön syventämistä. Pilottihankkeessa, jossa keskitytään nimenomaan tiedonkulun ongelmien poistamiseen, tulisi kehittää toimintamalli tiedonkulun parantamiseksi eri osapuolten välillä.

## Lähteet

- /1/ Gasum ”Maakaasun käytöstä aiheutuvat päästöt” [<http://www.gasum.fi/>] Luettu 30.6.2003
- /2/ Korpinen, L., Saari, P., Arvola, H., Laitinen, P., Lampo, V-P., Hytönen, H., Silvennoinen, S., Lehtelä, R., Toivonen, E., Virolainen, L., Keikko, T. 2000. ”Sähkövoimatekniikan ympäristöopus”. [<http://leeh.ee.tut.fi/ympppi/yleis/>]. Luettu 16.6.2003.
- /3/ Nissinen, K., Niskala M., Päckilä, K. 1996. Liikuntarakennusten elinkaaren kustannukset. Helsinki, Rakennustieto Oy, Opetusministeriö Liikuntapaikkajulkaisu 60. 149 s. + 32 liites.
- /4/ Pentti, M. 2000. Eristysrakenteet, luentomoniste osat 1 ja 2. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka.
- /5/ Puuhallin rakennuttaminen. Puun kilpailukyky, hankintamenettely ja hankkeen ohjaus. Woodfocus Oy. Julkaisematon käsikirjoitus.
- /6/ Puuhallin rakenteet. Esisuunnittelu ja valintaperusteet. Woodfocus Oy. 2002.
- /7/ RIL 107-2000 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen rakennusinsinöörien liitto r.y.
- /8/ RIL 216-2001 Rakenteiden elinkaaritekniikka. Suomen rakennusinsinöörien liitto r.y.
- /9/ SFS-EN ISO 9001, Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Suomen standardisoimisliitto, 2001
- /10/ Suomen rakentamismääräyskokoelma osa A4: Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, määräykset ja ohjeet 2000. Ympäristöministeriö
- /11/ Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2: Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 1987 ja ehdotus 2003. Ympäristöministeriö
- /12/ Torikka, K., Hyypöläinen, T., Mattila, J., Lindberg, R.1999. Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikan julkaisu 99. 106 s. + 31 liites.
- /13/ Vinha, J., Käkelä, P, 1999. Vesihöyryn siirtyminen seinärakenteessa diffuusion ja konvektion vaikutuksesta. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka, julkaisu 96. 81 s. + 29 liites.
- /14/ Ympäristöseloste. Helsingin Energia. 2000.

## **Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta**

Hein, K., Salo, P., Pirinen, A., Toimitilakiinteistön huoltokirja. Laadinta, käyttö, esimerkit. Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy 1999.

Kiinteistöhoitajan käsikirja. Rakennustieto Oy. Helsinki. 2001.

Kiinteistönpitäjän käsikirja. Rakennustieto Oy. Helsinki. 2002.

Kosteus rakentamisessa RakMK C2 opas. Tampere, Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy. 1999.

Pentti M., Hyypöläinen T. Ulkoseinärakenteiden kosteustekninen suunnittelu. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka, julkaisu 94.150 s. + 40 liites.

Penttilä, M., Olkiluodon ydinvoimalan rakennusten kunnossapito-ohjelman kehittäminen. Diplomityö. TTKK, talonrakennustekniikan laitos. 1997.

Puuhallin suunnittelu. Esisuunnittelu ja arkkitehtoniset valinnat. Woodfocus Oy. 2002.

Rakennuspohjien ja piha-alueiden maarakenne- ja kuivatusopas MaKu 2001, Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry ja Rakennustieto Oy. 2001

RIL 155 Lämmön- ja kosteudeneristys. Suomen rakennusinsinöörien liitto r.y.

Standardi SFS-EN ISO 9004, Laadunhallintajärjestelmät. Suuntaviivat suorituskyvyn parantamiselle. Suomen standardisoimisliitto, 2001

Suomen rakentamismääräyskokoelma osat C2: Kosteus, määräykset ja ohjeet, 1998. C3: Lämmöneristys, määräykset, 1985 ja 2002 C4: Lämmöneristys, ohjeet, 1978 ja 2002. Ympäristöministeriö



## **Liitteet**

Liite 1 Hallirakennuksen lämmitysenergian kulutus

Liite 2 Palloiluhallin elinkaarikustannukset

## Hallirakennuksen lämmitysenergian kulutus

### Esimerkkirakennus lämmitysenergian kulutuslaskelmiin

Rakennuksen koko karkeasti			leveys	pituus	korkeus	
			20	52	6,5	m <sup>3</sup>
Ala	1040	m <sup>2</sup>				
Ikkunat	50,4	m <sup>2</sup>				
ovet	46,4	m <sup>2</sup>				
Yläpohja	1040	m <sup>2</sup>				
Alapohja	1040	m <sup>2</sup>				
Seinät	936	m <sup>2</sup>				
Tilavuus	6760	m <sup>3</sup>				

Rakennus on varustettu koneellisella sisään puhalluksella, koneellisella poistolla sekä lämmöntalteenottolaitteistolla.

Nykyisten lämmöneristysmääräysten mukainen keskimääräinen lämmönläpäisykerroin

	Ala m <sup>2</sup>	U <sub>vaad</sub> W/m <sup>2</sup> /°C	A*U W/°C
Alapohja	1040	0,22	228,8
Yläpohja	1040	0,22	228,8
Seinät	936	0,28	262,1
Ikkunat	50,4	2,1	105,8
Ovet	46,4	0,7	32,5
<b>Yhteensä</b>	<b>3112,8</b>		<b>858</b>

$$U_{\text{keskim}} = 858 / 3112,8 \sim 0,28 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Uusien 1.10.2003 voimaan tulevien lämmöneristysmääräysten mukainen keskimääräinen lämmönläpäisykerroin

	Ala m <sup>2</sup>	U <sub>vaad</sub> W/m <sup>2</sup> /°C	A*U W/°C
Alapohja	1040	0,25	260,0
Yläpohja	1040	0,16	166,4
Seinät	936	0,25	234,0
Ikkunat	50,4	1,4	70,6
Ovet	46,4	1,4	65,0
<b>Yhteensä</b>	<b>3112,8</b>		<b>795,92</b>

$$U_{\text{keskim}} = 796 / 3112,8 \sim 0,26 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Otaksutaan lämmityskaudeksi 9 kk eli 270 d ja keskimääräiseksi ulkolämpötilaksi + 2 °C. Sisälämpötilaksi otaksutaan + 20 °C. Näillä otaksumilla saadaan lämmityskauden astepäiväluvuksi K<sub>d</sub>

$$K_d = 270 * (20-2)$$
$$K_d = 4860 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Liite 1/sivu 2

## Lämmönjohtumiseen tarvittava energia

Johtumisenergiaksi  $Q_{\text{joht}}$  saadaan:

$$Q_{\text{joht}} = (U * A) * K_d * 24 / 1000 = 858 * 4860 * 24 / 1000 = 100\,077 \text{ kWh} = \mathbf{100 \text{ MWh}}$$

TTY:n lämmitysenergian kulutusta käsittelevissä tutkimuksissa (Minna Teikari) pienissä Koerakennuksissa usean vuoden aikana tehdyt mittaukset osoittavat, että todellinen energian kulutus seinien osalta on noin 50 % laskettua pienempi. Tärkeimmät syyt tähän on:

1. U-arvot ovat "varmistettuja" arvoja. Kulutuslaskelmissa tulee käyttää keskimääräisiä arvoja.
2. Johtumishäviöitä laskettaessa pinta-aloiksi sijoitetaan kaavoissa ulkopintojen mukaiset alat. Tämä yliarvioi merkittävästi johtumishäviöitä.
3. Myös seiiniin varastoituu säteilyn vuoksi ilmaisen energiaa.

Todellisissa rakennuksissa johtumishäviöt ovat 20 - 30 % laskettua pienemmät. Esimerkkirakennuksen todellinen energiantarve on siten noin

$$Q_{\text{joht}} = 0,75 * 100 \sim 75,1 \text{ MWh}$$

## Ilmanvaihtoon tarvittava energia

Oletetaan, että ilmaa vaihdetaan koko lämmityskauden ajan 0,14 tilavuutta tunnissa (0,14 1/h), mikä vastaa karkeasti ilmanvaihtomääräysten edellyttämää tasoa.

Kun 1 m<sup>3</sup> ilmaa lämmitetään 1 °C, energiaa tarvitaan

$$Q = 1,2 \text{ kg} * 1,0 \text{ kJ / kg / } ^\circ\text{C} * 1 ^\circ\text{C} = 1,2 \text{ kJ} \sim 3,3 * 10^{-4} \text{ kWh}$$

Ilmaa vaihdetaan tunnissa 0,14 tilavuutta:  $0,14 * 6760 \text{ m}^3 = 946 \text{ m}^3/\text{h}$

Ilmanvaihtoon tarvittava energia  $Q_{\text{iv}}$  on siten

$$Q_{\text{iv}} = 946 * 4860 * 24 * 3,3 * 10^{-4}$$

$$Q_{\text{iv}} \sim \mathbf{36,4 \text{ MWh}}$$

## Lämmön talteenotto (LTO)

Lämmöntalteenottokoje ottaa laitteen läpi kulkevasta poistoilmasta talteen ilmoitetun hyötysuhteen mukaisen energian ja esilämmittää energialla sisään puhalletun ilman.

Lisäksi kojeen käyttäminen vaatii energiaa, mutta sen on otaksuttu olevan hyvin pienen ja muuttuvan suurelta osin myös lämmöksi. Sitä ei ole otettu huomioon näissä tarkasteluissa.

Parhaiden laitteiden hyötysuhteet on luokkaa 60 %. Siten ilmanvaihdon tarvitsemasta energiasta saadaan talteen noin

$$Q_{\text{LTO}} = -0,60 * Q_{\text{iv}} = \mathbf{-21,9 \text{ MWh}}$$

## Hallitsematon ilmanvaihto

TTY/TRT: n tutkija Augustino Binamu on löytänyt useita lähteitä, joissa on todettu, että hallitsematon ilmanvaihto riippuu ensisijaisesti rakennuksen tiivyydestä.

Tiivyyttä kuvataan maailman laajuisesti tiivyskokeella, jossa aluksi tiivistetään kaikki tarpeelliset reiät, Kuten ilman kulkureiitit yms. Tämän jälkeen rakennukseen aiheutetaan yli- tai alipaine, jonka suuruus on 50 Pa. Kokeessa mitataan, kuinka monta tilavuutta ilmaa vaihtuu tunnin aikana ja tulos ilmoitetaan vuotolukuna n50.

Binamun lähteiden mukaan lukuisten koetulosten perusteella hallitsematon ilmanvaihdon määrä on vuositasolla keskimäärin luokkaa n50/20. Tämä tarkoittaa, että pullontiiiviissä rakennuksessa (n50 = 0) ei ole lainkaan hallitsematonta ilmanvaihtoa, tavanomaisessa tapauksessa (n50 ~ 7) hallitsematon ilmanvaihdon määrä on noin 0,35 1/h ja tiiviydeltään heikossa rakennuksessa (n50 ~15) ilmaa vaihtuu 0,75 1/h, mikä jo itsessään ylittää tarvittavan vaihdon määrän.

Hallitsematon ilmanvaihto on luonnollisesti seurausta tuulesta. Tämän vuoksi vaihtelu on rakennuskohtaisesti suuri. Toisaalta tyynellä ilmalla ei ole hallitsematonta ilmanvaihtoa ja kovalla tuulella se on paljon suurempi kuin keskimääräinen arvo.

Ilmanvaihdon tarvitsemaan energiaan vaikuttaa merkittävästi myös koneellinen ilmanvaihto, mikä epätiiviyssä tapauksessa tulee hallitsemattoman lisäksi lisäten ilmanvaihtoa ja alentaa LTO:n tehokkuutta.

Binamu on johtanut hallitsemattoman ilmanvaihdon määrän lähtien tiivyskokeesta saatavista vaipan osien vuotoilmanmääristä paine-erolla 50 Pa.

Esimerkkirakennukseen sovellettuna hallitsemattoman ilmanvaihdon määrä on karkeasti

Rakennuksen tilavuus kerrottuna  $n_{50} / 20 = 338 * n_{50} \text{ m}^3/\text{h}$ . Hallitsemattomaan ilman vaihtoon tarvittava energia  $Q_{\text{hall}}$  voidaan laskea seuraavasti

$$Q_{\text{hall}} = V * n_{50} / 20 * K_d * 24 * 3,3 * 10^{-4} \sim$$
$$Q_{\text{hall}} = 13,0 * n_{50} \text{ (MWh)}$$

## Muuta huomioitavaa

Rakennuksen tiiviyys vaikuttaa vedontunteeseen ja tiiviyden vaikutus sisälämpötilaan huomioidaan korjauskertoimella. Vuotoluvun kasvaessa esim. kolme astetta sisälämpötilaa korotetaan asteella. Tämä lämpötilan korotustarve jätetään kuitenkin hallirakennuksen kohdalla tarkastelun ulkopuolelle.

Rakennuksessa tarvitaan energiaa myös muihin tarkoituksiin. Nämä on jätetty tämän tarkastelun ulkopuolelle, koska lämmitysenergian kulutuksen laskenta kaikki yksityiskohdat huomioiden on jo verraten monimutkainen.

Tässä tarkastelussa on lähestytty kokonaistoimintaa ottaen huomioon tiiviyden vaikutus lämmitysenergian tarvetta arvioitaessa. Tarkastelu on laskennallinen ja vain tietyt tosin keskeisiä osia on pystytty tutkimuksiin osoittamaan oikeiksi.

Energian tarvetta arvioidaan Suomessa rakentamismääräyskokoelman osan D5 perusteella. Saman tyyppiset mallit on käytössä useissa muissa maissa, mm. Saksassa. Myös nämä mallit ovat pitkälle laskennallisia.

## Esimerkkirakennuksen lämmitysenergian kulutus

Vaipan keskimääräinen U-arvo 0,22

	n <sub>50</sub>	U-arvo	Q <sub>joht</sub> MWh	Q <sub>iv</sub> MWh	Q <sub>LTO</sub> MWh	Q <sub>hall</sub> MWh	Q <sub>yht</sub> MWh
	0	0,22	59,9	36,4	-21,9	0,0	74,5
tiivis rakennus	1	0,22	59,9	36,4	-21,9	13,0	87,5
	2	0,22	59,9	36,4	-21,9	26,0	100,5
	3	0,22	59,9	36,4	-21,9	39,0	113,5
	4	0,22	59,9	36,4	-21,9	52,0	126,5
	5	0,22	59,9	36,4	-21,9	65,0	139,5
	6	0,22	59,9	36,4	-21,9	78,0	152,5
normaali	7	0,22	59,9	36,4	-21,9	91,0	165,5
	8	0,22	59,9	36,4	-21,9	104,0	178,5
	9	0,22	59,9	36,4	-21,9	117,0	191,5
	10	0,22	59,9	36,4	-21,9	130,0	204,5
	11	0,22	59,9	36,4	-21,9	143,0	217,5
	12	0,22	59,9	36,4	-21,9	156,0	230,5
	13	0,22	59,9	36,4	-21,9	169,0	243,5
	14	0,22	59,9	36,4	-21,9	182,0	256,5
heikko tiiviys	15	0,22	59,9	36,4	-21,9	195,0	269,5

1.10.2003 voimaan tulevien määräysten mukainen vaipan keskimääräinen U-arvo 0,26

	n <sub>50</sub>	U-arvo	Q <sub>joht</sub> MWh	Q <sub>iv</sub> MWh	Q <sub>LTO</sub> MWh	Q <sub>hall</sub> MWh	Q <sub>yht</sub> MWh
	0	0,26	70,8	36,4	-21,9	0,0	85,4
tiivis rakennus	1	0,26	70,8	36,4	-21,9	13,0	98,4
	2	0,26	70,8	36,4	-21,9	26,0	111,4
	3	0,26	70,8	36,4	-21,9	39,0	124,4
	4	0,26	70,8	36,4	-21,9	52,0	137,4
	5	0,26	70,8	36,4	-21,9	65,0	150,4
	6	0,26	70,8	36,4	-21,9	78,0	163,4
normaali	7	0,26	70,8	36,4	-21,9	91,0	176,4
	8	0,26	70,8	36,4	-21,9	104,0	189,4
	9	0,26	70,8	36,4	-21,9	117,0	202,4
	10	0,26	70,8	36,4	-21,9	130,0	215,4
	11	0,26	70,8	36,4	-21,9	143,0	228,4
	12	0,26	70,8	36,4	-21,9	156,0	241,4
	13	0,26	70,8	36,4	-21,9	169,0	254,4
	14	0,26	70,8	36,4	-21,9	182,0	267,4
heikko tiiviys	15	0,26	70,8	36,4	-21,9	195,0	280,4

Nykyisten määräysten mukainen vaipan **keskimääräinen U-arvo 0,28**

	n <sub>50</sub>	U-arvo	Q <sub>joht</sub> MWh	Q <sub>iv</sub> MWh	Q <sub>LTO</sub> MWh	Q <sub>hall</sub> MWh	Q <sub>yht</sub> MWh
	0	0,28	76,2	36,4	-21,9	0,0	90,8
tiivis rakennus	1	0,28	76,2	36,4	-21,9	13,0	103,8
	2	0,28	76,2	36,4	-21,9	26,0	116,8
	3	0,28	76,2	36,4	-21,9	39,0	129,8
	4	0,28	76,2	36,4	-21,9	52,0	142,8
	5	0,28	76,2	36,4	-21,9	65,0	155,8
	6	0,28	76,2	36,4	-21,9	78,0	168,8
normaali	7	0,28	76,2	36,4	-21,9	91,0	181,8
	8	0,28	76,2	36,4	-21,9	104,0	194,8
	9	0,28	76,2	36,4	-21,9	117,0	207,8
	10	0,28	76,2	36,4	-21,9	130,0	220,8
	11	0,28	76,2	36,4	-21,9	143,0	233,8
	12	0,28	76,2	36,4	-21,9	156,0	246,8
	13	0,28	76,2	36,4	-21,9	169,0	259,8
	14	0,28	76,2	36,4	-21,9	182,0	272,8
heikko tiiviys	15	0,28	76,2	36,4	-21,9	195,0	285,8

Vaipan **keskimääräinen U-arvo 0,33**

	n <sub>50</sub>	U-arvo	Q <sub>joht</sub> MWh	Q <sub>iv</sub> MWh	Q <sub>LTO</sub> MWh	Q <sub>hall</sub> MWh	Q <sub>yht</sub> MWh
	0	0,33	89,9	36,4	-21,9	0,0	104,4
tiivis rakennus	1	0,33	89,9	36,4	-21,9	13,0	117,4
	2	0,33	89,9	36,4	-21,9	26,0	130,4
	3	0,33	89,9	36,4	-21,9	39,0	143,4
	4	0,33	89,9	36,4	-21,9	52,0	156,4
	5	0,33	89,9	36,4	-21,9	65,0	169,4
	6	0,33	89,9	36,4	-21,9	78,0	182,4
normaali	7	0,33	89,9	36,4	-21,9	91,0	195,4
	8	0,33	89,9	36,4	-21,9	104,0	208,4
	9	0,33	89,9	36,4	-21,9	117,0	221,4
	10	0,33	89,9	36,4	-21,9	130,0	234,4
	11	0,33	89,9	36,4	-21,9	143,0	247,4
	12	0,33	89,9	36,4	-21,9	156,0	260,4
	13	0,33	89,9	36,4	-21,9	169,0	273,4
	14	0,33	89,9	36,4	-21,9	182,0	286,4
heikko tiiviys	15	0,33	89,9	36,4	-21,9	195,0	299,4

## Palloiluhallin elinkaarikustannukset

Lähde: Opetusministeriö Liikuntapaikkajulkaisu 60, Liikuntarakennusten elinkaaren kustannukset

		mk/brm <sup>2</sup>	%
<b>Elinkaarikust.</b>	rakennuskustannukset	4605,00	46,64
	käyttö- ja hoitokustannukset	3942,58	39,93
	kunnossapitokustannukset	1325,00	13,42
	yhteensä	9872,58	100,00
<b>Rakennuskust.</b>	pohjarak. ja perustukset	260,00	5,65
	runko, julkisivu, vesikate	1148,00	24,93
	muut rak.kust.	3197,00	69,42
	yhteensä	4605,00	100,00
<b>Käyttö- ja hoitokust.työ</b>		2075,04	52,63
	L	570,64	14,47
	S	881,89	22,37
	V	121,04	3,07
	muut	293,96	7,46
	yhteensä	3942,58	100,00
<b>kunnossapitokust</b>	runko, julkisivu, vesikate	138,00	10,42
	tilat	600,00	45,28
	LVIS-työt	299,00	22,57
	muut kunnossapitokust.	288,00	21,74
	yhteensä	1325,00	100,00

### Lämpö- ja sähkökustannusten osuus elinkaarikustannuksista

$$(570,64+881,89) / 9872,58 * 100 \% = 14,71 \%$$

Laskelmat on tehty tiiviillä rakennuksella, jonka vuotoilmanvaihtokertoimenä on käytetty 0,075 1/h. Mikäli kyseessä olisi normaalirakentamista vastaava tiiviys, vuotoilmanvaihtoluku olisi 0,35 1/h. Tällöin lämpöenergian kulutus kasvaisi kertoimen 1,72 mukaisesti eli lämpöenergiankustannukset olisivat 981,50 mk/brm<sup>2</sup>, Lämpö ja sähkökustannukset olisivat yhteensä 1863,39 mk/brm<sup>2</sup> ja niiden osuus käyttö- ja hoitokustannuksista olisi noin 43 % ja elinkaarikustannuksista noin 17 %.

## Talonrakennustekniikan tutkimusraportteja (v. 1996 - 2003)

- 70 Puska, A., Korjausrakentamisen valvonta. TTKK 1996. 68 s. + 32 liites.
- 71 Wahlman, J., Betonijulkisivujen säilyvyys ja korjaaminen - aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. TTKK 1997. 143 s. + 47 liites., 30 €
- 72 Inha, T., Iso-Mustajärvi, P., Teräsrakenteiden palosuojaus. TTKK 1997. 71 s.
- 73 Huttunen, I., Pentti, M., Julkisivukorjaushankkeen laadunvarmistus. TTKK 1997. 30 s. + 39 liites.
- 74 Huttunen, I., Pentti, M., Vesikattokorjaushankkeen laadunvarmistus. TTKK 1997. 26 s. + 27 liites.
- 75 Leivo, V. (toim.), Koulujen kosteus- ja homevauriokorjaukset. Kokemuksia Ylöjärven kunnasta. TTKK 1997. 83 s. + 6 liites.
- 76 Berg, P., Rätty, H., Rakentamisen ympäristöteknologiaohjelman väliarvio. TTKK 1997. 51 s. + 23 liites.
- 77 Keronen, A., Kylliäinen, M., Sound Insulating Structures of Beam-to-Column Framed Wooden Apartment Buildings. TUT 1997. 23 s. + 44 liites., 34 €
- 78 Koski, T., Lindberg, R., Vinha, J., Lisäeristettyjen hirsiseinien kosteustekninen kunto. TTKK 1997. 107 s. + 51 liites.
- 79 Hietala, J., Keränen, H., Pentti, M., Betonisandwich-ulkoseinän muodonmuutokset ja halkeilu. TTKK 1997. 48 s. + 6 liites.
- 80 Berg, P., Malinen, P., Appraisal for The Technology Programme for Improving Product Development Efficiency in Manufacturing Industries - Rapid Programme. TUT 1997. 69 s. + 56 liites.
- 81 Berg, P., Puurakentamisen teknologiaohjelman painoalueet vuosille 1997 - 1998 sekä ohjelman arviointi- ja ohjaussuunnitelma. TTKK 1997. 57 s. + 32 liites.
- 82 Berg, P., Appraisal of The Wood in Construction Technology Programme. TUT 1997. 37 s. + 35 liites.
- 83 Lahdensivu, J., Viljakainen, M., Avoin puurakentamisjärjestelmä, esiselvitys. TTKK 1998. 35 s. + 19 liites.
- 84 Pihlajamaa, J., Berg, P., Puurakentamisen teknologiaohjelman väliarvio. Puurakentamisen teknologiaohjelman loppujakson toimenpiteiden määrittäminen. TTKK 1998. 67 s. + 45 liites.
- 85 Keronen, A., (toim.), Puukerrostalo: Rakenteet. TTKK 1998. 105 s.
- 86 Berg, P., Rätty, H., Appraisal of The Environmental Technology in Construction Technology Programme. TUT 1998. 37 s. + 23 liites.
- 87 Pentti M., Mattila, J., Wahlman, J., Betonijulkisivujen ja parvekkeiden korjaus. Osa I rakenteet, vauriot ja kunnan tutkiminen. 156 s. TTKK 1998. 42 €
- 88 Wahlman, J.
- 89 Pentti, M., Huttunen, I., Vepsäläinen, K., Olenius, K., Betonijulkisivujen ja parvekkeiden korjaus. Osa III Korjaushanke. TTKK 1998. 124 s. + 23 liites. 42 €
- 90 Lindberg, R., Keränen, H., Teikari, M., Ulkoseinärakenteen vaikutus rakennuksen energiankulutukseen. TTKK 1998. 34 s. + 26 liites.
- 91 Berg, P., Salminen, K., Leivo, V., Nopeat tuotantojärjestelmät teknologiaohjelman painoalueet vuosille 1998-2000 sekä ohjelman arviointi- ja ohjaussuunnitelma. TTKK 1998. 55 s. + 37 liites.
- 92 Berg, P., Malinen, P., Leivo, V., Internal Monitoring of The Technology Programme for Improving Product Development Efficiency in Manufacturing Industries – Rapid Programme. TUT 1998. 81 s. + 93 liites.
- 93 Lepo, K., Laatuohjelman kelpoisuus. TTKK 1998. 101 s. + 50 liites.
- 94 Pentti, M., Hyypöläinen, T., Ulkoseinärakenteiden kosteustekninen suunnittelu. TTKK 1999. 150 s. + 40 liites. 42 €
- 95 Leivo, V. (toim.), Opas kosteusongelmiin – rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. TTKK 1998. 157 s. 25 €
- 96 Vinha, J., Käkelä, P., Vesihöyryn siirtyminen seinärakenteissa diffuusion ja konvektion vaikutuksesta. TTKK 2000. 81 s. + 29 liites. 34 €
- 97 Kylliäinen, M., Keronen, A., Lisärakentamisen rakennetekniset mahdollisuudet lähiöiden asuinkerrostaloissa. TTKK 1999. 59 s. + 37 liites. 34 €
- 98 Mattila, J., Peuhkurinen, T., Lähiökerrostalon lisärakentamishankkeen tekninen esiselvitysmenettely. Korjaus- ja LVIS-tekniikka osuus. TTKK 1999. 48 s.
- 99 Torikka, K., Hyypöläinen, T., Mattila, J., Lindberg, R., Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus. TTKK 1999. 106 s. + 37 liites. 34 €



- 100 Pentti, M., Haukijärvi, M., Betonijulkisivujen saumausten suunnittelu ja laadunvarmistus. TTKK 2000. 2. täydennetty painos. 78 s. + 3 liites. 42 €
- 101 Pessi, A-M., Suonketo, J., Pentti, M., Raunio-Lehtimäki, A. Betonielementtijulkisivujen mikrobiologinen toimivuus. TTKK. 1999. 88 s. + 6 liites. 42 €
- 102 Suonketo, J., Pessi, A-M., Pentti, M.,
- 103 Vinha, J., Käckelä, P., Water Vapour Transmission in Wall Structures Due to Diffusion and Convection. TUT 1999. 110 s. 34 €
- 104 Niemelä, T., Vinha, J., Lindberg, R., Carbon Dioxide Permeability of Cellulose-Insulated Wall Structures. TUT 2000. 46 p. + 9 app. 25 €
- 105 Junttila, T. (toim.), Venäjän federaation kaavoitus- ja rakennuslaki. TTKK 2000. 49 s. 34 €
- 106 Leivo, V., Rantala, J., Maanvaraisten alapohjarakenteiden kosteuskäyttäytyminen. TTKK 2000. 124 s. 34 €
- 107 Binamu, A., Lindberg, R., The Impact of Air Tightness of The Building Envelope on The Efficiency of Ventilation Systems with Heat Recovery. TTKK 2001. 62 p. + 7 app., 25 €
- 108 Hietala, J., Kelluvan betonilattian kaareutuminen. TTKK 2001. 80 s. + 7 liites. 34 €
- 109 Junttila, T., (toim.) Kiinteistöjohtaminen Suomessa ja Venäjällä. Edellytykset kiinteistöalan yhteistyölle. TTKK 2001. 293 s. + 54 liites. 34 €
- 110 Юннтила, Т. (под ред.), Управление недвижимостью в России. Теория и практические примеры. Технический университет Тампере 2001. 356 стр. + приложения на 33 стр. 34 €
- 111 Junttila, T., (toim.) Venäjän rakentamisen oppikirja. Osa A: Liiketoimintaympäristö ja rakennushankkeen johtaminen. TTKK 2001. 173 s. + 21 liites. 34 €
- 112 Junttila, T., (toim.), Venäjän rakentamisen oppikirja.  
Osa B: Talonrakennustekniikka. TTKK 2001. 174 s. 34 €
- 113 Junttila, T., Lod, T., Aro, J., Rakennusinvestointihankkeen toteuttaminen Moskovassa. TTKK 2001. 112 s. + 11 liites. 34 €
- 114 Junttila, T., (toim.) Venäjän rakennusalan tuotekortit. TTKK 2001. 63 s. 34 €
- 115 Junttila, T., Venäjän rakennusalan säädöstö ja viranomaishallinto, osa I ja II. TTKK 2001. 97 s. 34 €
- 116 Vinha, J., Käckelä, P., Kalamees, T., Puurunkoisten seinärakenteiden kosteusteknisen toiminnan vertailu omakotitalossa. TTKK 2002. 54 s. + 11 liites. 25 €.
- 117 Vinha, J., Käckelä, P., Kalamees, T., Comparison of the Moisture Behaviour of Timber-Framed Wall Structures in a One-Family House. TUT 2002. xx p. 25 €.
- 118 Hietala, J., (julkaistaan v. 2003)
- 119 Lindberg, R., Wahlman, J., Suonketo, J., Paukku, E., Kosteusvirtatutkimus. TTKK 2002. 92 s. + 3 liites. 34 €.
- 120 Leivo, V., Rantala, J., Maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteustekninen toimivuus. TTKK 2003. 106 s. + 13 liites. 34 €.
- 121 Leivo, V., Rantala, J., Maanvastaaiset alapohjarakenteet – kosteustekninen mitoittaminen ja korjaaminen. TTKK 2002. 33 s. + 11 liites.
- 122 Leivo, V., Rantala, J., Moisture Behavior of Slab-on-Ground Structures. TUT 2003. 100 p. + 12 app. 34 €.
- 123 Mattila, J.,
- 124 Myllylä, P., Lod, T. (toim.), Pitkäikäinen puurakenteinen halli, toimiva kosteustekniikka ja edullinen elinkaari. TTY 2003. 143 s. + 6 liites. 34 €.
- 125 Kylliäinen, M., Uncertainty of impact sound insulation measurements in field. TUT 2003. 54 p. + 50 app., 34 €.

Raportin hinta: 20 € + alv 8 %, ellei toisin ole mainittu. Oikeus hinnanmuutoksiin pidätetään.  
Myynti: Tietokirjakauppa Juvenes, Korkeakoulunkatu 1, 33720 Tampere  
Puh. (03) 3115 2351, faksi (03) 3115 2191



**TALONRAKENNUSTEKNIikka**  
**TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO**  
**Korkeakoulunkatu 5, PL 600, 33101 Tampere**  
**Puh. (03) 3115 4804, Telefax (03) 3115 2811, s-posti terttu.makipaa@tut.fi**

# PITKÄIKÄINEN PUURAKENTEINEN HALLI

## Toimiva kosteustekniikka ja edullinen elinkaari

Tutkimusraportissa käsitellään rakennuksen pitkäikäisyyteen vaikuttavia tekijöitä. Rakennushankkeen osapuolet pystyvät tässä julkaisussa esitettyjen periaatteiden mukaisesti toimiessaan toteuttamaan kosteusteknisesti oikein toimivan ja kestäväen puurakenteisen hallin. Esitetyt toimintatavat eivät merkittävästi nosta investointikustannuksia. Lisäksi rakennuksen käyttö- ja ylläpitokustannuksissa on mahdollista saada säästöjä mm. energiankulutuksen pienenemisen seurauksena.

Tavoiteltaessa rakennuksen pitkää käyttöikää on tärkeä tunnistaa suunnittelu-, toteutus- ja käyttövaiheen oleelliset asiat. Tutkimuksessa on sovellettu rakennuksen kokonaisvaltaisen tarkastelun ajatusmallia puurakenteiseen hallirakennukseen.

Tutkimuksessa on laadittu suositeltavia, kosteustekniseltä toiminnaltaan turvallisia suunnitteluratkaisuja. Rakennusratkaisujen kohdalla on esitetty myös perustelut, miksi kyseinen asia on tärkeä rakenteiden oikean kosteusteknisen toiminnan kannalta. Vaativien sisäilmasto-olosuhteiden rakennuksia on käsitelty erikseen.

Tutkimusraportissa on lisäksi käsitelty rakennuksen elinkaareen vaikuttavia tekijöitä eri näkökulmista sekä rakennusvaiheen seurannan ja sen dokumentoinnin suunnittelua. Rakennuksen oikean käytön, hoidon ja kunnossapidon pohjaksi on laadittu tarkistuslistat, jotka on esitetty rakennuksen käyttäjän, hoidosta vastaavan sekä omistajan näkökulmasta. Esitettyjen tietojen pohjalta voidaan suunnitella hankekohtaiset ohjeet.

Tutkimus kuului TEKES:n Tukista tuplasti –teknologiaohjelmaan.

---

Julkaisun hinta: 34 € + alv 8 %

Myynti: Tietokirjakauppa Juvenes/ Julkaisumyynti, PL 553  
33101 Tampere, puh.(03) 31152351, faksi (03) 31152191



**TALONRAKENNUS-  
TEKNIikka**

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Korkeakoulunkatu 5, pl 600, 33101 Tampere

Puh. (03) 3115 4804

Faksi (03) 3115 2811

S.posti [terttu.makipaa@tut.fi](mailto:terttu.makipaa@tut.fi)