



Aalto-yliopisto
Taiteiden ja suunnittelun
korkeakoulu

PUUKERROSTALOKORTTELI TAMPEREEN ISOKUUSEEN

PUUJULKISIVUVERHOUKSET ASUINKERROSTALOJEN ARKKITEHTUURISSA

MARKUS HEINONEN



DIPLOMITYÖ

VALVOJA: PROFESSORI PEKKA HEIKKINEN

AALTO-YLIOPISTO / TAITEIDEN JA SUUNNITTELUN KORKEAKOULU / ARKKITEHTUURIN LAITOS

Kiitokset työn ohjauksesta: Pekka Heikkinen, Hannu Hirsi, Hannu Huttunen, Matti Kuittinen, Jussi Murole ja Tuija Schmidt.

Kaikki kuvat ja kaaviot tekijän, ellei kuvatekstissä ole mainittu kuvanumeroa.

Paino: Picaset Oy



PUUKERROSTALOKORTTELI TAMPEREEN ISOKUUSEEN

PUUJULKISIVUVERHOUKSET ASUINKERROSTALOJEN ARKKITEHTUURISSA

MARKUS HEINONEN



DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä Markus Heinonen			
Diplomityön nimi Puukerrostalokortteli Tampereen Isokuuseen - puujulkisivuverhoukset asuinkerrostalojen arkkitehtuurissa			
Päiväys 26.2.2013	Sivumäärä (selostus + liitteet) 115+16	Kuvaplanssit (kpl) 9	Pienoismallit (kpl) 1
Professuuri Puurakentaminen		Professuurin koodi A-112	
Työn valvoja Professori Pekka Heikkinen		Työn ohjaaja	
Tiivistelmä Suomalainen puurakentaminen elää mielenkiintoisia aikoja. Nykyisen hallituksen tavoitteena on tehdä Suomesta ilmastomuutoksen edelläkävijä ja hiilineutraali yhteiskunta, mikä luo hyvät edellytykset puun käytön lisäämiselle rakentamisessa. Suomen voimakkaasti vaihteleva ilmasto asettaa kuitenkin puurakentamiselle erityisvaatimuksia. Tämän diplomityön puukerrostalokorttelisuunnitelma tehtiin osana Tampereen kaupungin järjestämää kumppanuuskaavoitushanketta ja palautettiin suunnittelukilpailuun yhtenä kolmestatoista ehdotuksesta syksyllä 2012. Suunnittelukorttelin lähtötiedot perustuvat Isokuusen kumppanuushankkeen yleissuunnitelmaan, jonka on laatinut Arkkitehtuuritoimisto B&M. Korttelin kokonaiskerrosala on noin 7450 m², mihin sisältyy asuntojen lisäksi 500 m² liike- ja työtiloja sekä 300 m² asukkaiden yhteiskäytössä olevia askartelu-, kerho- ja saunatiloja. Korttelin massoittelu perustuu suuntaukseen edullisiin ilmansuuntiin ja tonttia ympäröiviin toimintoihin. Rakennusten katot kallistuvat järjestelmällisesti sisäpihalle päin, minkä ansiosta asuntoihin saadaan runsaasti auringonvaloa ja hulevedet voidaan imeyttää tonttikohtaisesti. Rakennusmassat ovat korttelin pohjoisreunalla 3-5- kerroksiset ja eteläreunalla 2-3-kerroksiset. Poikkeuksen tekee länsinurkan 8-kerroksinen pistetalo. Rakennusten suunnittelun lähtökohtana ovat olleet miellyttävät sisäänkäynnit läpikuljettavine porrashuoneineen. Punamultamaalein korostetut sisäänkäyntisyvennykset jakavat rakennusmassoja pienempiin osiin ja mahdollistavat viereisten asuntojen valonsaannin kahdesta suunnasta. Syvennysten yhteyteen on sijoitettu myös kerroskohtaiset tuuletusparvekkeet. Puurunkoiset seinät toteutetaan elementteinä. Välipohjina käytetään puurakenteisia ripalaattoja ja lyhyillä jänneväleillä, kuten märkätilojen ja porrashuoneiden kohdalla, ristiinliimattuja massiivipuulevyjä (CLT). Puujulkisivujen suunnittelun tueksi tehtiin kirjallisuustutkimus. Puujulkisivun pitkäaikaiskestävyyttä voidaan edistää rakenteellisella suojauksella (räystäät, ulokkeet, katokset ja sokkelit), pintakäsittelyllä, säännöllisellä huollolla, paksun puumateriaalin käytöllä (vähintään 28mm) sekä puun lämpökäsittelyllä. Julkisivuverhousten elinkaariaikaisiin hiilidioksidipäästöihin vaikuttaa eniten valittu pintakäsittelysystemi. Lisäksi tutustuttiin neljän olemassa olevan puujulkisivun suunnitteluperiaatteisiin ja arvioitiin niiden toimivuutta nykytilan perusteella. Säärasitusten voimakkuutta eri ilmansuuntiin osoittaville julkisivuille tutkittiin säätilastoihin perustuvien laskelmien avulla. Puujulkisivujen suunnittelussa on pyritty siihen, että ne vanhenisivat tasaisesti. Etelän puoleisilla julkisivuilla - joihin kohdistuu kovin säärasitus - käytetään pääosin lämpökäsiteltyä puuta, pystysuuntaista verhousta ja vaaleita pintakäsittelysävyjä. Julkisivut suunniteltiin ulkoseinäelementeistä erillisiksi elementeiksi, jolloin niiden koko ja suunta voi vaihdella vapaasti ja ne voidaan irrottaa huoltoa varten. Puujulkisivut kestävät pitkään, kun ne suunnitellaan hyvin, toteutetaan huolellisesti ja huolletaan säännöllisesti.			
Avainsanat puukerrostalo, puujulkisivu, pitkäaikaiskestävyys, säärasitukset, viistosade, hiilijalanjälki			
Hyväksytty		Kirjasto	

ABSTRACT OF MASTER'S THESIS

Author Markus Heinonen			
Title of Thesis A Block of Wooden Multi-Storey Buildings to Isokuusi, Tampere – Wooden Claddings in Housing Architecture			
Date 26.2.2013	Pages (report + appendix) 115+16	Drawing panels (pcs) 9	Model (pcs) 1
Academic Chair Chair of Wood Construction		Chair Code A-112	
Supervisor Professor Pekka Heikkinen		Instructor	
Abstract In Finland, the need to seek sustainable architectural solutions has motivated renewed interest in the use of wood as a building material. However, building long-term structures with wood poses special challenges in environments experiencing extreme climatic variation, such as the Nordic countries. As part of a collective town planning project organized by the city of Tampere, this thesis sought to develop design principles for a cluster of multi-storey, wooden apartment blocks to be located in the new Isokuusi district of Tampere. The project area was based on the general plan for Isokuusi drawn up by the B&M architectural office. The buildings had an overall floor area of 7450 m², which in addition to the apartments included 500 m² of retail and work spaces as well as 300 m² of hobby rooms, clubrooms and saunas for common use. The buildings were massed to take advantage of the compass orientation as well as the surrounding urban scene, and were designed to stand 3-5 stories on the northern edge and 2-3 stories on the southern edge of the plot. The only exception was a building of eight stories with one stairwell located at the western corner of the plot. The roofs tilt systematically towards the inner courtyard, thus enabling the apartments to gain exposure sunlight. In addition, the stormwaters can be infiltrated within the plot. The proposed housing design provides pleasant entrances with pass-through staircases. Emphasized with red ochre paint, the retractable entrances divide the building masses into smaller parts and enable light to pass from two directions into the small adjacent apartments. Common-use balconies are located beside the entrances on each storey. The timber-framed walls are designed as elements. The intermediate floors are made of either ribbed slabs or, in the case of wet spaces or staircases, short spans of cross-laminated timber (CLT). To guide the design of wooden facades, a literature review was carried out. The long-term durability of wooden facades can be promoted by structural protection (eaves, overhangs, canopies and plinths), coatings, regular maintenance, using thick timber (at least 28mm) and heat treating the wood. The carbon emissions during the life cycle of wooden claddings are mostly affected by the choice of the coating system. In addition the design principles of four existing wooden facades were examined and their functionality was evaluated based on their present state. Calculations based on weather statistics were made to study the intensity of weather stresses for different compass directions. In order to ensure that all facades would weather at the same rate, the southern facades, subjected to higher weather stresses, were designed to be heat-treated wood, oriented vertically and coated with light colours. The facades were designed to be individual elements that are separately attached onto exterior wall elements, thus allowing the layout of the seam lines to vary freely and the elements to be removed for maintenance. Wooden facades last long when they are designed well, made carefully and maintained with regularity.			
Keywords wooden multi-storey building, wooden facade, long-term durability, weather stresses, driving rain, carbon footprint			
Approved		Library	

JOHDANTO

8

I PUUJULKISIVUVERHOUKSET ASUINKERROSTALOJEN ARKKITEHTUURISSA

1 VISUAALINEN ILME	11
1.1 Lautaverhoukset	12
1.2 Levypinnat	14
1.3 Avoimet rakenteet	15
2 TEKNISET OMINAISUUDET JA VAATIMUKSET	17
2.1 Kosteuseläminen	18
2.2 Tuulettuvuus	20
2.3 Paloturvallisuus	22
3 PITKÄAIKAISKESTÄVYYS	25
3.1 Säärasitukset	26
3.1.1 Aurinko: UV-säteily, näkyvä valo ja infrapunasäteily	26
3.1.2 Sade ja tuuli	30
3.1.3 Auringonsäteilyn ja sateen yhteisvaikutukset	38
3.1.4 Yhteenveto säärasituksista	38
3.2 Biologiset rasitukset	38
3.3 Rakenteellinen suojaus	40
3.3.1 Räystäät ja ulokkeet	40
3.3.2 Riittävän räystäspituuden teoreettinen määrittäminen	40
3.3.3 Sokkelit	43
3.3.4 Ohjeet ja suositukset	44
3.4 Pintakäsittely	46
3.5 Puujulkisivun huolto	47
4 JULKISIVUVERHOUSTUOTTEET JA NIIDEN HIILIJALANJÄLKI	49
4.1 Tuotteen elinkaari (tuotanto, huolto, käytöstä poistaminen)	50
4.2 Vanerit	50
4.3 Lämpökäsitelty puu	50
4.4 Pintakäsittelyn ympäristövaikutukset	50
5 ESIMERKKIKOhteiden JULKISIVUT TÄNÄÄN	55
5.1 Kiinteistö Oy Viikinmansio, 1997	57
5.2 Gardenia-Helsinki, 2001	62
5.3 Porvoon Länsiranta, 2004 / 2005	67
5.4 FMO Tapiola, 2005	73
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	78
LÄHTEET	80

II PUUKERROSTALOSUUNNITELMA TAMPEREEN ISOKUUSEEN

1 LÄHTÖKOHDAT	86
2 SUUNNITTELURATKAISUT	88
Kaupunkikuva ja liittyminen ympäristöön	88
Pysäköinti ja liikenne	88
Sisäpiha	88
Yhteistilat	90
Asunnot	92
Rakenteet	92
Julkisivut	92
Tekniset ratkaisut ja e-luku	94
Hiilijalanjälki	94
Liite 1 - Synergia-laskurilla laskettu hiilijalanjälki	116

JOHDANTO

Suomalainen puurakentaminen elää mielenkiintoisia aikoja. Kataisen hallituksen (2011-2015) ”*tavoite tehdä Suomesta ilmastomuutoksen torjunnan edelläkävijämaa ja hiilineutraali yhteiskunta luo hyvät edellytykset puun käytön ja puurakentamisen edistämiseksi. Puurakentaminen on esillä hallitusohjelmassa kolmen eri ministeriön vastuulla.*”¹

Puun käyttö julkisivumateriaalina on perusteltua muun muassa ekologisista näkökulmista, onhan se uusiutuva rakennusmateriaali. Puujulkisivuilla on myös merkittävä rooli modernien puukaupunkien katutiloja rajavina elementteinä. Miten uusia miellyttäviä puurakentamisalueita syntyy ja mikä on niiden luonne? Mitkä ovat puujulkisivujen mahdollisuudet ja mitkä rajaehdot?

Tässä diplomityössä onkin ollut mielenkiintoista perehtyä ajankohtaiseen aiheeseen sekä teorian että suunnittelun kautta. Diplomityö koostuu kahdesta osasta. Teoriaosassa käsitellään aluksi puujulkisivuja asuinkerrostalojen näkökulmasta. Siinä on syvennytty puujulkisivujen suunnitteluun vaikuttaviin tekijöihin painottaen pitkäaikaiskestävyyteen liittyviä ratkaisuja. Teoriaosuus perustuu kirjallisuustutkimukseen, säääristusten laskentaan sekä neljän toteutetun kohteen puujulkisivujen nykytilan arviointiin.

Toinen osa on suunnitelma puukerrostalokorttelista Tampereen Isokuuseen. Suunnittelualueen lähtötiedot perustuvat Isokuusen alueen kumppanuuskaavoitushankkeeseen ja suunniteltu kortteli on alueen niin sanottu aloituskortteli. Suunnitelma palautettiin yhtenä ehdotuksena kumppanuuskaavoitushankkeen kilpailuun syksyllä 2012. Arviointipöytäkirjassa käsiteltiin erityisesti ehdotuksen asutosuunnittelua ja rakennusratkaisuja. Suunnitelmaa on tarkennettu kilpailun jälkeen vielä asunto- ja julkisivusuunnittelun osalta.

Suunnitelmassa on keskitytty kilpailuohjelman mukaisesti kaupunkikuvallisiin ominaisuuksiin, asutosuunnitteluun sekä vuosina 2010-2012 kehitetyn Runko-PES-järjestelmän mukaisiin detaljeihin. Lisäksi teoriaosuuden puujulkisivututkimusta on sovellettu julkisivusommittelussa ja -detaljeissa.

1 Viljakainen (2)

I PUUJULKISIVUVERHOUKSET ASUINKERROSTALOJEN ARKKITEHTUURISSA



SAKARINMÄEN KOULU, HELSINKI. ARKKITEHTISUUNNITTELU: SARI NIEMINEN / ARKKITEHDIT FLN OY.

(Kuva 5.1.2013 Markus Heinonen)

JULKISIVUSSA ON KÄYTETTY VAIHTELEVAN LEVYISIÄ LAUTOJA. VIEREKKÄISTEN LAUTOJEN JATKOSKOHDAT ON LIMITETTY. VUONNA 2005 VALMISTUNEEN KOULUN ETELÄNPUOLEISET JULKISIVUT ON HUOLTOMAALETTU KERTAALLEEN ALUNPERIN KÄYTETYILLÄ KEITTOMAALEILLA VUONNA 2011. PROSESSI OLI VERRATTAIN HELPPÖ, SILLÄ UUSI MAALIKERROS VOITIIN HARJAUKSEN JÄLKEEN LEVITTÄÄ SUORAAN VANHAN MAALIN PÄÄLLE. KUVASSA JULKISIVUN OSA LUOTEESEEN ALKUPERÄISESSÄ MAALISSAAN.

(Lähde: Kouluisäntä Harri Kärki)

1.1 Lautaverhoukset

Erilaiset lautaverhoukset ovat puujulkisivuissa selvästi käytetyin verhoustyyppi. Historiallisesti ne ovat toimineet hirsikehikoiden sääsuojina, uhrikerroksena. Seinärakenne on pysynyt ehjänä ja kuivana, kun lautaverhousta on voitu helposti huoltaa ja korjata.

Nykyarkkitehtuurissa lautaverhoukset antavat mahdollisuuden elävien julkisivupintojen luomiseen. Perinteisesti on käytetty sekä vaaka- että pystyverhouksia, mutta onpa lautaverhouksia naulattu myös vinoon; muun muassa räystään suuntaisesti.

Visuaalisen ilmeen suhteen muuttuvia tekijöitä ovat laudoituksen suunta, käytettävän laudan leveys ja pituus, ponttiuran leveys, syvyys ja muoto, väri ja pintakäsittely sekä pinnan karkeusaste. Lautojen pituus vaikuttaa muodostuvien pintojen kokoon ja niiden saumajakoon. Lautojen leveys puolestaan määrittelee syntyvää rytmiä; leveämpi laudoitus luo ehkä rauhallisempaa pintaa. Vaihtelevan levyisten lautojen käytöllä muodostuvan pinnan rytmiin voidaan saada toisinaan kaivattua vaihtelevuutta. Tästä perinteinen esimerkki on peiterimalaudoitus, jossa vaihtelevilla leveyksillä on visuaalisen ilmeen lisäksi myös rakennustekninen merkitys.

Ponttiuran leveys, syvyys ja muoto vaikuttavat lautajaon näkyvyyteen. Muutaman millin levyisellä, vain tarvittavan kosteuselämisen mahdollistavalla, ponttiuralla pintavaikutelma on yhtenäinen. Syvällä ja leveällä, varjoja muodostavalla uralla voidaan puolestaan korostaa lautajaosta muodostuvaa rytmiä. Puun helposta työstettävyydestä johtuen ponttiuran profiilin suunnittelussa on lukemattomia mahdollisuuksia.

Vaakalaudoitusten eri dimensiot. Porvoo.



14.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Pontattu vaakalaudoitus. Puu-Käpylä, Helsinki.



17.1.2013 / MARKUS HEINONEN

Pontattu pystyлаudoitus. Kiinteistö OY Viikinmansio, Helsinki.



12.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Vaakalimilaudoitus ja leveä vaakalaudoitus. Porvoo.



14.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Vinoon asennettu puoliponttilaudoitus. Vuosaaren merimieskeskus, Helsinki.



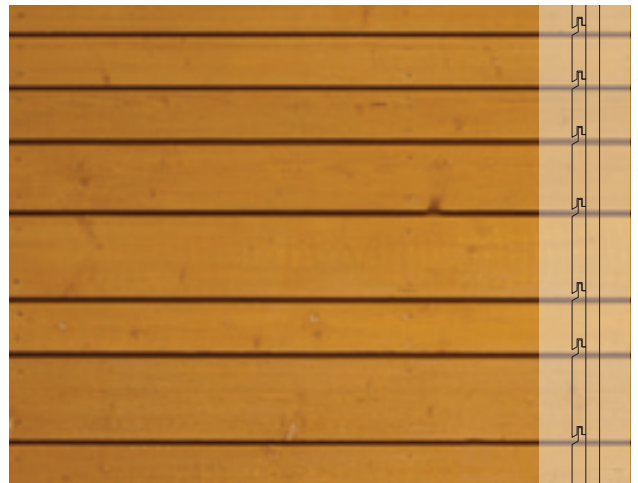
14.1.2013 / MARKUS HEINONEN

Lomalaudoitus. Kumpula, Helsinki.



17.1.2013 / MARKUS HEINONEN

Vaihtelevan levyiset vaakaponttilaudat samassa pinnassa. Sakarinmäen koulu, Helsinki.



5.1.2013 / MARKUS HEINONEN

Peiterimalaudoitus. Puu-Käpylä, Helsinki.



17.1.2013 / MARKUS HEINONEN

Vaihtelevan levyiset pystyponttilaudat samassa pinnassa. Sakarinmäen koulu, Helsinki.



5.1.2013 / MARKUS HEINONEN

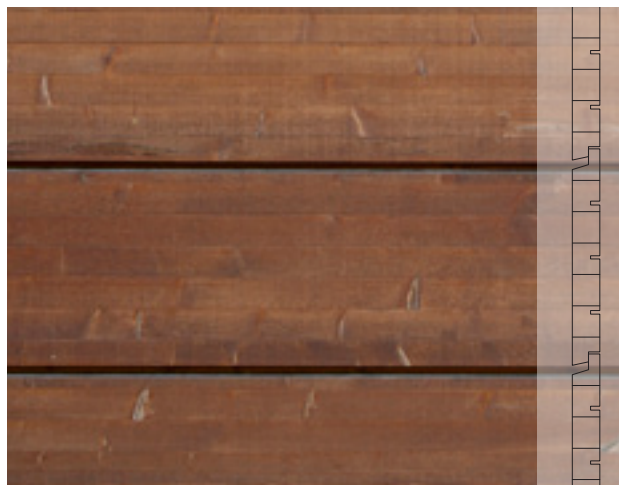
1.2 Levypinnat

Levyverhouksilla voidaan luoda yhtenäistä ja rauhallista julkisivupintaa. Merkittävin visuaalinen vaikutus syntyy kuitenkin levyjen saumoista ja niiden sijainnista. Levyverhousta käytettäessä levytyypin valinnan lisäksi tärkeintä onkin tasaisessa pinnassa korostuvan saumajaon suunnittelu. Levykokoja vaihtelemalla voidaan haluttaessa luoda julkisivupintaan elävyyttä tai pitäytymällä toistuvassa levykoossa muodostaa julkisivuun hallittua rytmikkyyttä.

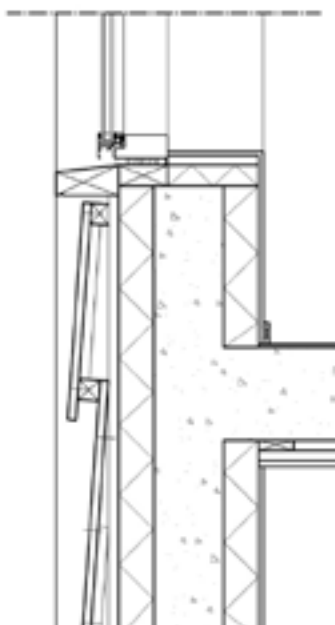
Vanereiden ja muiden puuteollisuuden sivutuotteista liimattujen levyjen käyttö julkisivuverhouksena on kyseenalaista, sillä niiden säänkestävyys on heikko. Ne voidaan toki pintakäsitellä, mutta suojan rikkoutuessa huokoiset levyt imevät vettä herkästi, mikä aiheuttaa usein pysyviä muutoksia levyn rakenteessa. Vanerin pintakäsittelyn vaurioituessa ohut pintaviilu halkeaa ja päästää veden sisään.

Liimapuulevyt ovat säänkestoltaan parempia, sillä ne vastaavat kosteudensieto-ominaisuuksiltaan normaaleja verhouslautoja. Liimapuulevyjä käytettäessä on kuitenkin varmistuttava käytetyn liiman kosteudenkestävyydestä.

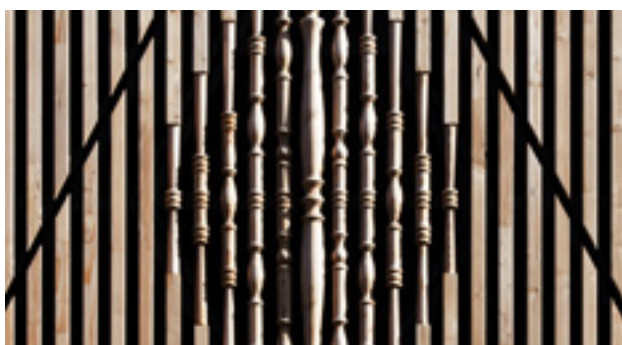
Liimalevyylankku (Kuningaspaneeli). FMO Tapiola, Espoo.



Kuva 1. Tham & Videgård arkkitehtien suunnittelema "K-house"-pientalo Tukholmassa (2004). Julkisivuvanereiden sateelle herkäät vaakasaumat on limitetty paanukaton tapaan.



Kuva 2. Vincent Parreiran arkkitehtitoimiston suunnittelema Saint-Denisin koulu Ranskassa. Douglaskuusesta tehty avosaumainen pystyrimaverhous paljastaa sen takana olevat ikkunat iltaisin. (Puu-lehti 3/2012)



1.3 Avoimet rakenteet

Puujulkisivu voidaan toteuttaa myös avosaumoin. Tällöin tuuletusrako on esteettömästi yhteydessä ulkoilmaan ja varsinainen säältä suojaava rakenne on verhouksen takana.¹ Avoimet julkisivurakenteet päästävät kosteuden lävitseen, mutta tuulettuvat myös tehokkaasti.

Erilaiset säleköt mahdollistavat visuaalisen leikkittelyn. Niiden ilme vaihtelee katselusuunnasta riippuen ja ohi kuljettaessa. Ne luovat yksityisyyttä sisätilaan, mutta mahdollistavat kuitenkin luonnonvalon käytön. Ulkona oleva ei näe sisälle päiväsaikaan, mutta sisältä näkee ulos. Pimeällä efekti toimii päinvastoin.

¹ RT 82-10829 Puujulkisivut, s.6

Kuva 3. Detalji Saint-Denisin koulun julkisivusta. Taustarakenteet ovat tummat, jolloin ne jäävät kokonaisuutta tarkasteltaessa näkymättömiin.

Kuvat 4 ja 5. Henning Larsen arkkitehtien ja White arkkitehtien yhteistyönä suunnittelema Umeå'n arkkitehtikoulu. Lehtikuusesta tehty pystyverhous on toteutettu elementteinä niin, että saumoja ei ole näkyvissä. Vaihtelevasti viistetyt pinnat tekevät julkisivusta elävän.



Kuva 4.



Kuva 5.



FMO TAPIOLA, ESPOO. ARKKITEHTISUUNNITTELU: PEKKA HELIN JA PETER VERHE / HELIN & CO ARKKITEHDIT.

(Kuva 28.10.2012 Markus Heinonen)

JULKISIVUMATERIAALEINA OVAT LIIMAPUUSTA HALKAISTU KUUSILANKKU (@Kuningaspaneeli), LÄMPÖKÄSITELTY RIMA JA PARVEKEULOKKEESSA LIIMAPUU. LIIMATUISTA OSISTA MUODOSTUVAT LANKUT OVAT PERINTEISEEN JULKISIVULAUTAAN VERRATTUNA TASALAATUISEMMAT, JOLLOIN NIIDEN KOSTEUSVAIHTELUISTA JOHTUVA KÄYRISTYMINEN ON VÄHÄISEMPÄÄ. KÄYTTÄMÄLLÄ LIIMATTUJA KOMPONENTTEJA VOIDAAN TOTEUTTAA MYÖS TAVALLISIA JULKISIVULAUTOJA LEVEÄMPIÄ LANKKUJA (@Kuningaspaneelin mitat: 42x312mm).

2 TEKNISET OMINAISUUDET JA VAATIMUKSET

2.1 Kosteuseläminen

Puun elää kulloinkin vallitsevan ilmankosteuden mukaan kutistuen ja turvoten. Pituussuunnassa muutokset ovat pieniä, mutta säteen ja tangentin suuntaiset muutokset täytyy huomioida detaljisuunnittelussa muun muassa pontattujen lautojen elämisvaroina. *Mänty ja kuusi kutistuvat tuoreesta vedettömän kuivaksi pituussuunnassa 0,2-0,3%, tangentin suunnassa noin 8% ja säteen suunnassa noin 4%.* Suurin osa julkisivuverhouslaudoista kuivataan nykyisin alle 18% kuivuuteen, jolloin ilmankosteuden vaihteluista johtuva kosteuseläminen on pienempää.¹ Siikanen mukaan ”Ponttilautaa kuivana asennettaessa on syytä jättää saumoihin 1-3 mm:n laajenemisvara”².

Puuverhouslautojen kosteuskäyttäytymistä on tutkittu sadetuskokein Teknillisen korkeakoulun Rakennus- ja ympäristötekniikan osastolla vuosina 1999 ja 2006. Mika Nuorasan diplomityössä havaittiin, että verhouslautojen kosteuselämisestä johtuva käyristyminen on huomattavasti pienempää paksuilla (24 ja 28mm) verhouslaudoilla ohuisiin (18 ja 21mm) verrattuna. Paksuissa laudoissa muutokset olivat alle millimetrin eli noin puolet ohuiden lautojen muutoksista.³

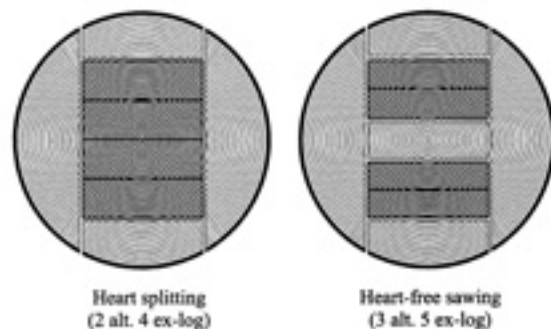
Jari Virta puolestaan vertaili lisensiaatti- ja väitöskirjatyössään eri paksuisten sekä lämpökäsiteltyjen ja lämpökäsittelemättömien verhouslautojen kosteuskäyttäytymistä. Hänkin totesi paksun laudan pysyvän paremmin muodossaan. Myös puulajilla oli merkitystä: 21mm:n paksuinen kuusilauta käyristyi 40% vähemmän vastaavan paksuiseen mäntylautaan verrattuna. 28mm:n paksuinen kuusilauta käyristyi puolestaan 70% vähemmän 21mm:n mäntylautaan verrattuna. Lämpökäsittely vähensi myös merkittävästi käyristymistä. Käyristyminen oli jopa 90% pienempää lämpökäsittelimättömiin lautoihin verrattuna (lämpökäsittely, ks. luku 4.5). Kokeissa havaittiin myös käyristymisen vähenyvän sitä enemmän, mitä korkeammassa lämpötilassa laudat oli lämpökäsitelty.⁴

Puun kosteuselämisestä johtuvaa halkeilua ja pinnoitteen irtoamista voidaan pienentää pitämällä puun kosteuspitoisuus mahdollisimman tasaisena. Kosteusvaihteluiden vaikutuksia voidaan pienentää pintakäsittelyllä, käyttämällä riittävän paksua verhouslautaa (vähintään 28mm) sekä käyttämällä lämpökäsiteltyä puuta.

Kuva 6. Puu on anisotrooppinen materiaali eli se kutistuu ja turpoaa eri suuntiin eri tavoin (Siikanen, s.43). Pituussuunnassa muutokset ovat pieniä, mutta säteen ja tangentin suuntaiset muutokset täytyy huomioida detaljisuunnittelussa muun muassa pontattujen lautojen elämisvaroina.



Kuva 7. Ulkoverhouslautojen tyypillisimmät sahaustavat Pohjoismaissa Jari Virran mukaan. Parhaimpaan kestävyyspyrkäessä puun ydinosan käyttöä julkisivuverhouksessa tulisi välttää (Puuinfo (2)).



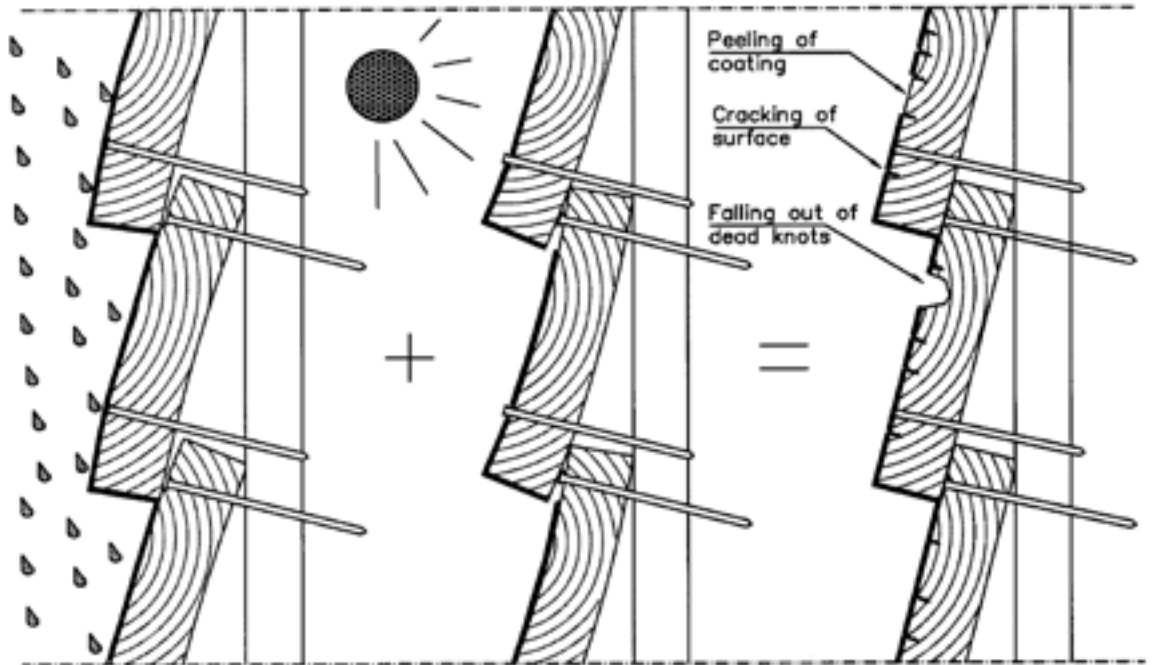
1 Siikanen, s.43

2 Siikanen, s.270

3 Nuoranen, s.133

4 Virta (2), s.18

Kuva 8. Puiselle julkisivuverhoukselle tyypilliset säärasitusten aiheittamat vauriot Jari Virran mukaan. Sateella pintapuolen kosteuspitoisuus nousee taustapuolta nopeammin aiheuttaen käyriintymistä. Auringon paistaessa pintapuoli puolestaan kuivuu taustapuolta nopeammin johtaen päinvastaiseen liikkeeseen. Kosteuseläminen voi aiheuttaa muun muassa pintakäsittelyn irtaamista ja pintapuun halkeilua.



2.2 Tuulettuvuus

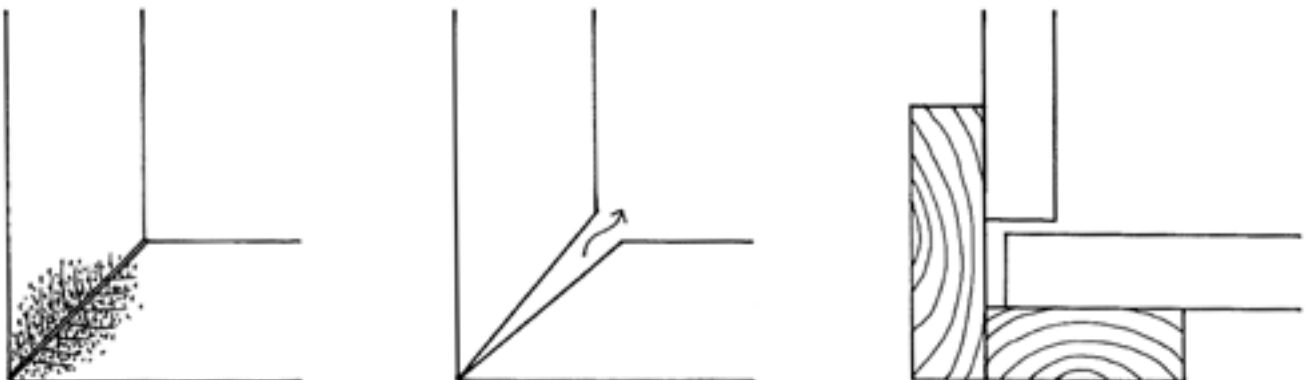
Jotta puuhun imeytynyt kosteus pääsee ilman kosteuspitoisuuden muuttuessa haihtumaan, tulee julkisivurakenne olla tuuletettu. Tämä vaatimus on korostunut modernien kosteutta läpäisemättömien maalien yleistyessä. Perinteisessä rakentamisessa julkisivun takana ei ole käytetty tuuletusrakoa, mutta kosteus on silti päässyt poistumaan esimerkiksi kalvoa muodostamattomia keittomaaleja käytettäessä.

Puufon tiedotteessa ”Pitkäikäinen puujulkisivu” verhouslaudan paksuuteen nähden kaksinkertaista kiinnityslautaa pidetään kiinnikkeiden tartunnan kannalta yhden laudan paksuutta parempana. Tällöin tuuletusväliksi muodostuu noin 50-75mm.

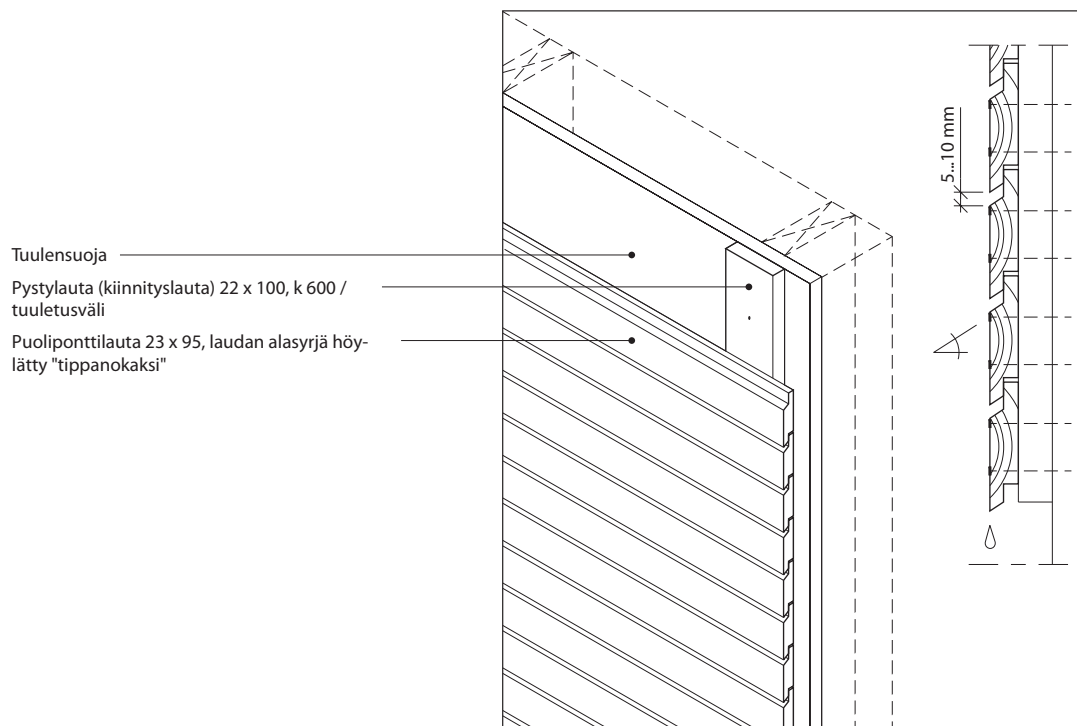
Soikkeli puolestaan suosittelee tutkimuksensa perusteella tuuletusvälin kuristamista 10-16mm:iin, jottei verhouslautojen liian nopea kuivuminen aiheuttaisi halkeilua. Polttokokeiden mukaan kuristusrimojen käyttö hidastaa myös julkisivupaloa ja parantaa siten paloturvallisuutta.¹

¹ Soikkeli, s.111

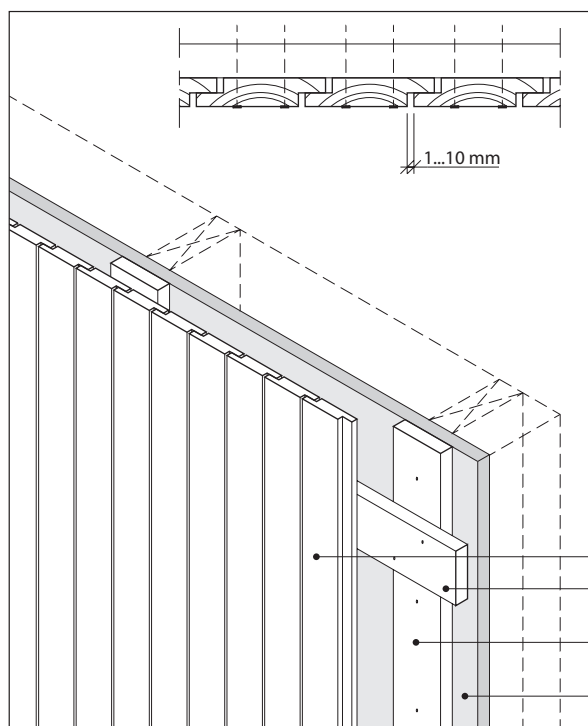
Kuva 9. Vaakaverhouksen nurkkaliitoksia Soikkelin mukaan. Vasemmalla on esitetty jiirinurkka, jossa laudat liittyvät 45° kulmassa toisiinsa. Ratkaisua tulee välttää, koska nurkassa kosteus pääsee imeytymään lautojen päihin. Keskellä on esitetty 1800-luvulla ja 1900-luvun alussa käytetty nurkkaliitos, jossa jiirinurkkien laudat sahattiin teräväksi kulmaksi; tällöin nurkkarakenne tuulettui eikä kosteus päässyt vahingoittamaan nurkkaa. Suositeltavin tapa tehdä vaakalautojen nurkkaliitos on esitetty oikealla; tässä ratkaisussa nurkka on suojattu pystylaudoin ja lautojen päät tuulettuvat pystylautojen takana. (Soikkeli, s.104)



Kuva 10. Esimerkit vaaka- ja pystyverhouksista sekä niiden taakse muodostuvista tuuletusväleistä RT 82-10829 mukaan. Vaakaverhouksen taakse tuuletusväli muodostuu luontevasti pystyyn asennettavien kiinnityslautojen avulla. Pystyverhouksen taakse järjestettävä tuuletusväli on tavanomaisesti kahden laudan paksuinen.



Puoliponttilaudoitus, pystyleikkaus ja aksometria. UYV-vakioprofilista muokattu "tippanokallinen" versio.



Puoliponttilaudoitus (UYS-profiili), vaakaleikkaus ja aksometria.

- Puoliponttilaudalla saumaton leveys voidaan säätää halutuksi. Asennuksessa on syytä käyttää sopivaa rakotulkkia, jotta ura saadaan kauttaaltaan samanlevyiseksi. Saumauran leveydeksi voidaan valita 1...10 mm.

2.3 Paloturvallisuus

1990-luvun lopulla valmistuneissa Suomen ensimmäisissä puukerrostaloissa mahdollisen julkisivupalon etenemistä pyrittiin useimmiten hidastamaan palokat-kouloksia käyttäen. Markku Karjalaisen mukaan Alle 100mm:n ulokkeet eivät ole riittäviä ja ne voivat jopa edistää paloa antamalla tuuletusrakoon lisähappea. Sen sijaan 200-300mm:n levyiset paloulokkeet estävät hyvin palon leviämistä julkisivupinnassa, etenkin jos ne tehdään palamattomista tarvikkeista riittävän tukeviksi.¹

Puujulkisivun palotilanteessa palo etenee sekä ulkopinnalla että tuuletusraossa. Pinnalla palo etenee hitaasti ja hallitusti. Tuuletusraossa sen sijaan voi syntyä niin sanottu hormivaikutus, minkä johdosta palo voi edetä nopeastikin räyställe asti. Siksi onkin erityisen tärkeää sijoittaa palokatkot tuuletusrakoon. Myös polttokokeiden perusteella on todettu, että tuuletusrakoon sijoitettu palokatko toimii palotilanteessa paremmin. Tämä johtuu siitä, ulkopinnalla etenevä palo pystyy kiertämään ulokkeellisen palokatkon, mikäli se ei ole riittävän syvä.²

Tuuletusrakoon sijoitettavan palokatkon suurimpana haasteena on sekä palo- että kosteusteknisen toimivuuden yhtäaikainen toteutuminen. VT:n vuonna 2003 julkaistussa loppuraportissa ”Ontelotilojen paloturvallisuus: Ontelopalojen leviämisen katkaiseminen” esitellään tuuletusrakoon sijoittuvien palokatkojen toimintaa. Polttokokeissa käytettiin kahta erityyppistä palokatkoa: rei’itettyä peltiprofilia, jonka reikien pinta-ala vastaa 5%:ia tuuletusraon poikkipinta-alasta sekä puurimoilla kuristettua tuuletusrakoa, jonka avoimeksi jäävä osuus vastaa 20%:ia tuuletusraon leveydestä. Kokeiden mukaan rei’itetty peltiprofiili toimii paloteknisesti paremmin, mutta paloturvallisuuden kannalta molempien toiminta on riittävä.

Kokeessa käytettyjen puurimojen suurempaa avointa osuutta perustellaan käytännön toteutuksen haasteilla. ”Rakoa ei kuitenkaan voi tehdä juurikaan kapeammaksi, koska tällöin ei jäisi paljonkaan toleranssia rakenteen mittatarkkuuden, kosteuselämisen, roskaantumisen/pölyntyymisen, yms. seikkojen suhteen.”³ Olisi kuitenkin mielenkiintoista tietää, miten peltiprofilin rei’itystä vastaava puinen palokatko toimisi. Pystysuunnassa eri kohdissa olevat reiät voisi porata kahteen erilliseen puurimaan. Tällöin jäisi pois epäily peltiprofilin vaikutuksista julkisivuverhoukseen pitkällä aikavälillä. Muodostuuko sen pinnalle esimerkiksi kondenssivettä, joka voi aiheuttaa kosteusrasitusta puupintoihin?

Rei’itetyn peltiprofilin kosteusteknisestä toiminnasta todetaan: ”tämän katkon virtausvastuksen perusteella tehdyissä kosteusteknisissä laskuissa ja arvioinneissa havaittiin, että katko toimii kosteusteknisesti (reikien sallima virtaus on sopivan toleranssin päässä minimivaatimuksesta). Edellytyksenä toimivuudelle on kuitenkin se, että sadevesiä ei pääse merkittävästi tuuletusrakoon. Esimerkiksi pontattu puuseinä on tähän nähden riittävän tiivis rakenne.” Käytännön kokeuksia tai mittauksia kosteusteknisestä toimivuudesta ei kuitenkaan ilmeisesti ole vielä olemassa.

Mahdollisen julkisivupalon leviäminen yläpohjaan ja sen onteloon tulee estää EI 30-rakenteella. Räystäällä osastoivan rakenteen toteuttamisen tekee haasteelliseksi yhtäaikaiset palo- ja kosteustekniset vaatimukset. Yläpohjan tuuletuksen tuloilma otetaan usein räystään kautta, mutta toimiakseen myös paloteknisesti räystään alapinta ei voi olla suoraan auki yläpohjaan. Tuloilman johtamisessa voidaan käyttää muun muassa palopellein varustettuja tuuletusputkia tai oheisen kuvan mukaisesti johtaa ilma räystäskourun ja räystään alapinnan välistä.⁴

4 Puuinfo (1)

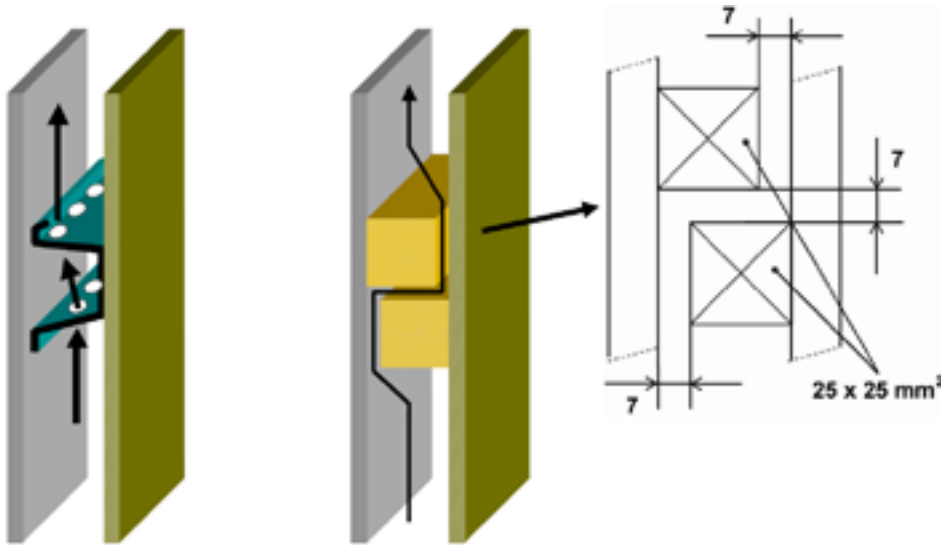
Kuva 11. Polttokokeessa käytettiin vaakasuuntaisia teräsreikäpeltiprofiileja. Kuvassa oleva seinä on palanut 100 minuuttia ja palokatkot ovat toimineet erittäin hyvin. Palo ei leviä sivusuunnassa pystykoolausten tai -katkojen yli vaan etenee vain pystysuunnassa siinä tuuletusrakokaistassa, mikä on sytytetty. (Karjalainen (1), s.63)



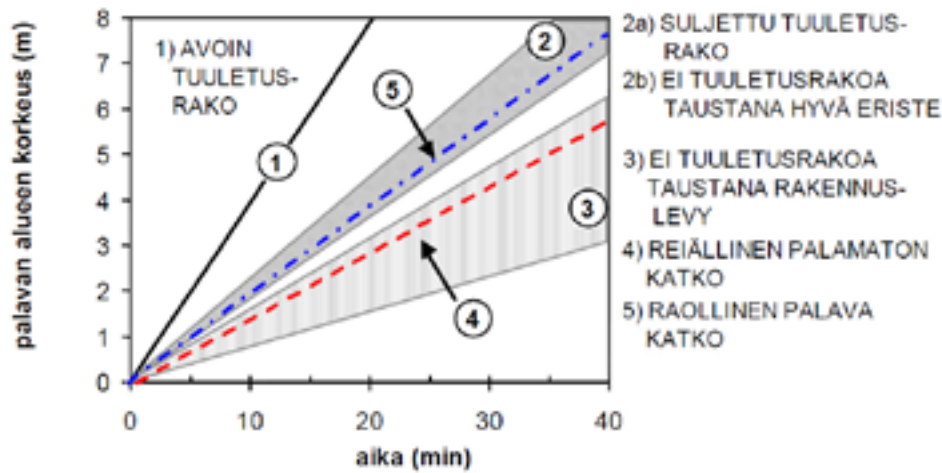
1 Karjalainen (1), s. 64

2 Viljakainen (1), s.22

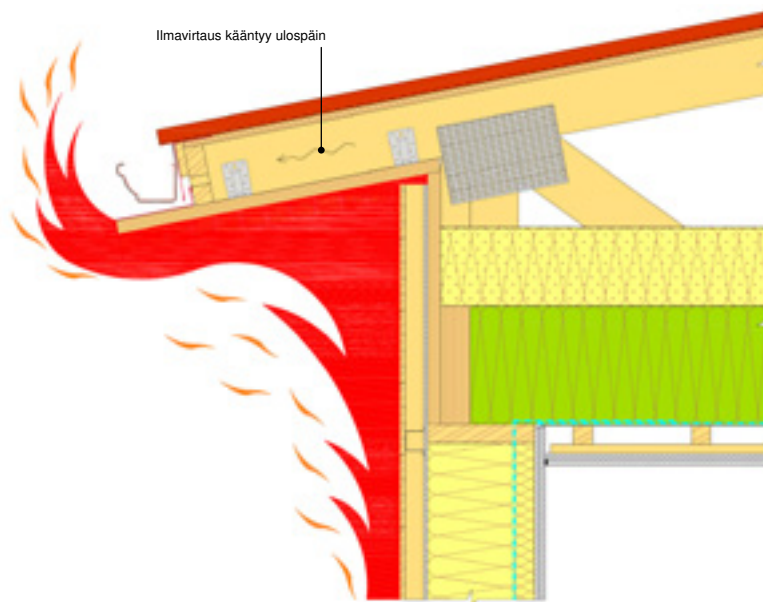
3 Hietaniemi et al., s.79



Kuva 12. VTT:n polttokokeissa testatut palokatkotyyppit: rei'itetty peltiprofiili, jonka reikien pinta-ala vastaa 5%:ia tuuletusraon poikkipinta-alasta sekä puurimoilla kuristettu tuuletusrako, jonka avoimeksi jäävä osuus vastaa 20%:ia tuuletusraon leveydestä.



Kuva 13. Molemmat palokatkotyyppit (4 ja 5) vähensivät selvästi palon etenemistä tuuletusraossa avoimeen tuuletusrakoon (1) verrattuna.



Kuva 14. Räystäsrakenne, joka estää julkisivupalon leviämisen tuuletettuun yläpohjaan. Liekit ulospäin ohjaava levy ulottuu otsalaudan yli, mikä aiheuttaa räystääseläntöön imua ulospäin ja osaltaan estää palon leviämistä.

VUONNA 1928 RAKENNETTU 2-KERROKSIINEN PIENKERROSTALO KUMPULASSA OSOITTEESSA LIMINGANTIE 14, HELSINKI.

(Kuva 17.1.2013 Markus Heinonen)

PUNAMULTAMAALILLA PINTAKÄSITELTY PEITERIMALAUDOITUS LOUNAAN PUOLEISELLA SEINÄLLÄ. KEITTOMAALIT EIVÄT SUOJAA PUUVERHOUSTA KASTUMISELTA, MUTTA EIVÄT TOISAALTA ESTÄ NIIDEN KUIVUMISTAKAAN. PERINTEISESSÄ RAKENTAMISESSA JULKISIVUVERHOUKSET ON VOITU TOTEUTTAA ILMAN TUULETUSRAKOA, SILLÄ HENGITTÄVÄT PINTAKÄSITELYKERROKSET OVAT PÄÄSTÄNEET LIIALLISEN KOSTEUDEN LÄVITSEEN. TUULETUSRAON KÄYTTÖ ON YLEISTYNYT VASTA MODERNIEN MAALIEN AIKAKAUDELLA.

Puujulkisivun pitkäaikaiskestävyyteen vaikuttavat oleellisesti siihen kohdistuvat säärasitukset. Toimivalla detaljoinnilla, ammattitaitoisella toteutuksella ja tarvittavilla huoltotoimenpiteillä kaikki säärasitusten tuomat haasteet voidaan kuitenkin ratkaista. Todisteena tästä voidaan pitää puukaupunkiemme alkuperäisiä julkisivuja, jotka ovat vielä satojenkin vuosien päästä moitteettomassa kunnossa^{1,2,3}.

Luvussa 3.1 tarkastellaan ensin auringon säteilyn ja vesisateen aiheuttamia rasituksia erikseen. Luvun lopussa pohditaan vielä näiden yhteisvaikutuksia sekä kootaan yhteen tärkeimmät suunnittelussa huomioitavat asiat. Säärasitusten jälkeen käsitellään puujulkisivujen suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä ratkaisuja, joilla voidaan edistää julkisivun kestävyttä.

3.1 Säärasitukset

Säärasituksia tarkasteltaessa on hyvä kiinnittää huomio niiden jakautumiseen eri ilmansuuntien kesken. Eteläjulkisivu joutuu huomattavasti kovemmalle rasitukselle pohjoispuoleen verrattuna sekä auringon että sateen suhteen. Toisaalta pohjoispuolen julkisivu ei auringonsäteilyn vähäisyydestä johtuen kuivu yhtä nopeasti. Eri ilmansuuntien ominaispiirteet tulisikin ottaa suunnittelussa huomioon ja valita kullekin suunnalle sopivimmat ratkaisut.

3.1.1 Aurinko: UV-säteily, näkyvä valo ja infrapunasäteily

Maanpinnalle tuleva auringonsäteily koostuu useista aallonpituuksista. UV-säteilyn osuus on 5%, näkyvän valon 43% ja infrapunasäteilyn 52% kokonaissäteilyenergiasta. Mitä lyhyempi on säteilyn aallonpituus, sitä enemmän se sisältää energiaa. Voimakkaimmin puujulkisivuun vaikuttaakin UV-säteily, jonka aallonpituus on lyhyt vaihdellen 100-400nm:n välillä. Lyhytaaltoiset UVB- (280-315nm) ja UVC-säteilyt (100-280nm) absorboituvat lähes kokonaan ilmakehän otsonikerrokseen. Maanpinnalle tulevasta UV-säteilystä noin 99% on UVA-säteilyä, jonka aallonpituus vaihtelee välillä 315-400nm.⁴ Auringon UV-säteily saa aikaan rakenteellisia muutoksia puun pintakerroksessa ja kuluttaa siten verhousta hiljalleen. UV-säteilyn vaikutuksesta käsittelemätön puupinta kuluu 6-7mm sadassa vuodessa⁵.

Myös näkyvällä valolla on todettu olevan vaikutusta puupinnan keston⁶.

Auringon infrapuna-, eli lämpösäteily, puolestaan nostaa puujulkisivun pintalämpötilaa ja saattaa vaikuttaa pintakäsittelykerroksen pysyvyyteen. Aurinkoisina päivinä julkisivujen pintalämpötilamuutokset voivat olla hyvinkin suuret. 10-15°C erot ilman yö- ja päivälämpötiloissa ovat tavanomaisia. Vastaavat lämpötilaerot julkisivun pinnalla voivat olla 30-45°C.⁷ Pintalämpötilan vaihteluihin vaikuttaa oleellisesti myös julkisivun väri. Tummat värit absorboivat enemmän auringonsäteilyä, kuin vaaleat. Aurinkoisena päivänä eteläseinän pintalämpötila voi vaihdella 35°C:sta (valkoinen) 80°C:een (musta)⁸. Tumma, aurinkoon suunnattu pinta lämpenee ja kuivuu huomattavasti nopeammin, jolloin pinnoitteen ja sen alapuolisen puun väliset jännitteet kasvavat ja aiheuttavat halkeilua.⁹

Seuraavassa on tarkasteltu auringon säteilyenergiaa ja sen jakautumista eri ilmansuunnille eri kuukausina. Tiedot perustuvat Ilmatieteen laitoksen raporttiin *"Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastomuutoksen vaikutuksista."*¹⁰ Siinä on ilmoitettu eri ilmansuuntiin osoittaville pystypinnoille kertyvä auringon kokonaissäteilyenergia 30 vuoden keskiarvona ilmastovyöhykkeillä I ja II, joihin suunnitteluosan kohdekin kuuluu. Lukemia vertailemalla voinee päätellä myös julkisivuverhoukseen kohdistuvan rasituksen.

1 Järvinen

2 Kaila (3)

3 Soikkeli

4 Säteilyturvakeskus

5 Ahola, s.37

6 Ahola, s.8

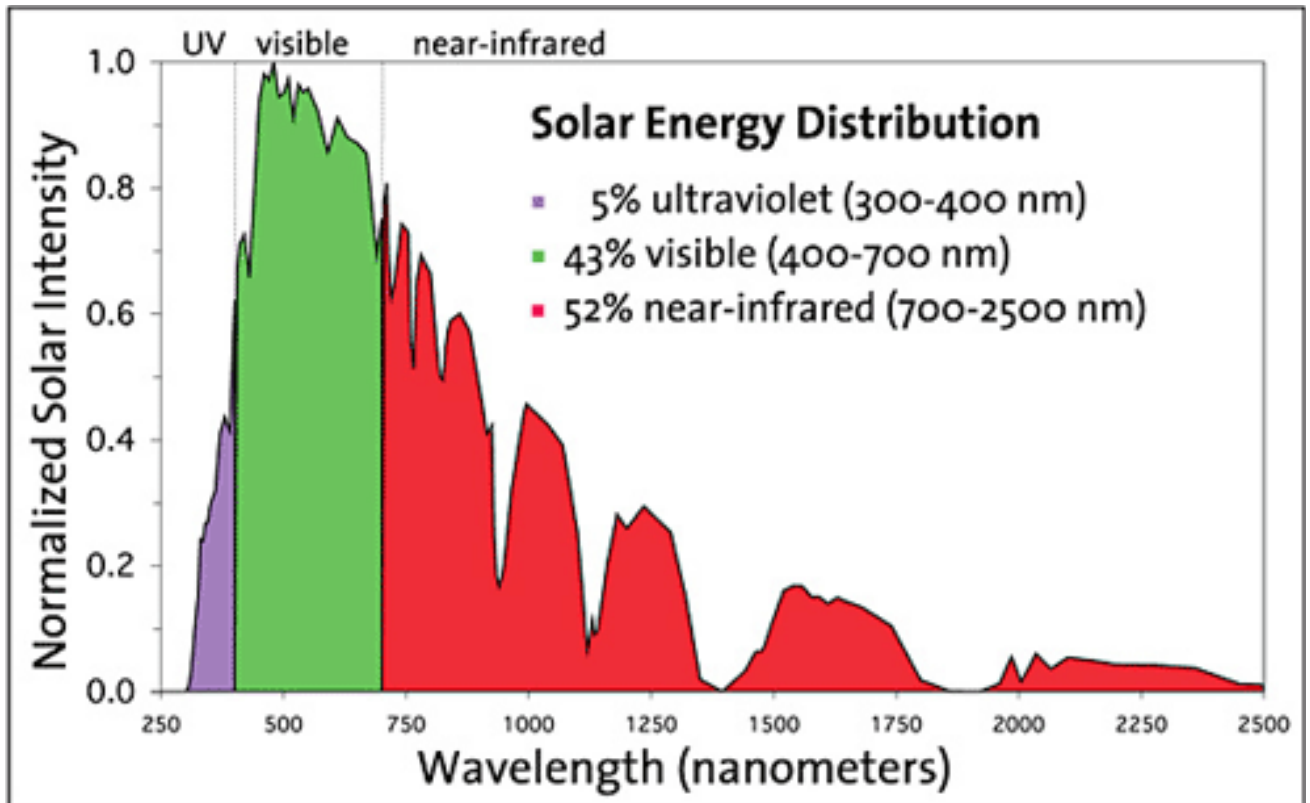
7 Kanko, s.19

8 Virta, s.12

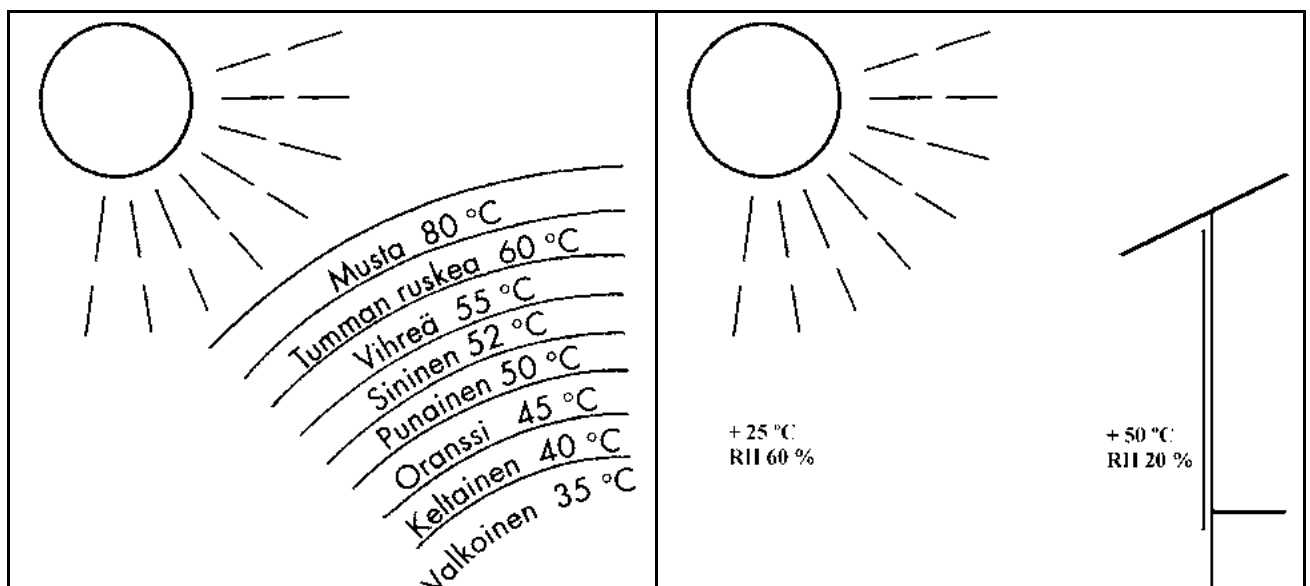
9 Nuoronen, s.134

10 Jylhä et al., s.86

Kuva 15. Maanpinnalle tuleva auringon säteily koostuu useista aallonpituuksista. UV-säteilyn osuus on 5%, näkyvän valon 43% ja infrapunasäteilyn 52% kokonaissäteilyenergiasta.



Kuva 16. Pintkäsittelyaineen värin vaikutus eteläjulkisivun pintalämpötilaan aurinkoisena päivänä. Lämpötilan kasvaessa ilman suhteellinen kosteus pienenee seinäpinnan läheisyydessä, mikä tehostaa kuivumista ja lisää halkeiluvaaraa.



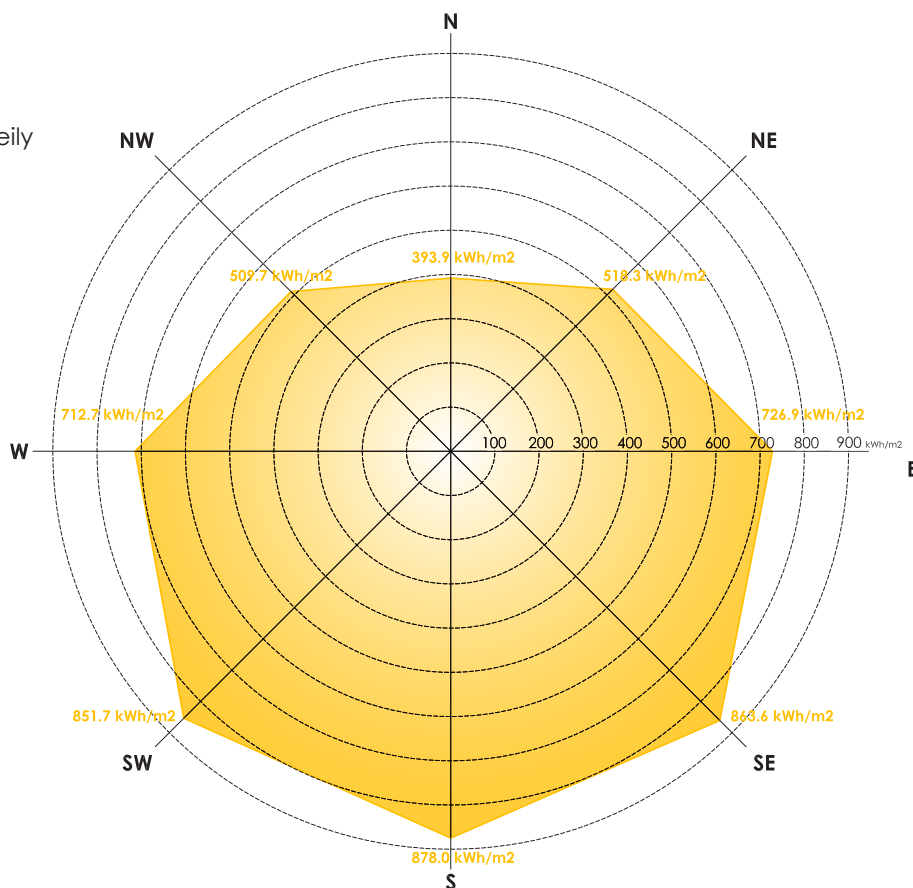
Kuva 17. Eri ilmansuuntiin osoittaville pystypinnoille kertyvä auringon kokonaissäteily vuodessa (kWh/vuosi) lämpötilavyöhykkeillä I ja II (Etelä- ja Keski-Suomi).

Auringon kokonaissäteilyenergia pystysuuntaisille seinäpinnoille

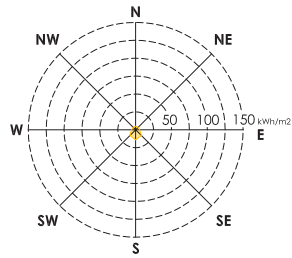
Taulukko L8.1. Auringon kokonaissäteilyenergia eri ilmansuuntiin osoittaville pystypinnoille (P=pohjoinen, Ko=koillinen, jne) vyöhykkeillä I ja II (Vantaa) sekä ilmansuunnittain muunnoskerroin, jonka avulla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan pystypinnalle tulevaksi energiaksi. Tulokset perustuvat testivuoden TRY2012 säteilyarvoihin.

Auringon kokonaissäteilyenergia eri ilmansuuntiin osoittaville pystypinnoille								
$G_{\text{säteily, pystypinta}}, \text{kWh/m}^2$								
Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	5,0	5,0	5,9	11,1	14,1	11,1	5,8	5,0
Helmikuu	14,1	14,3	20,7	35,1	43,8	34,8	20,6	14,3
Maaliskuu	40,5	42,9	60,3	86,1	97,8	80,6	55,6	41,9
Huhtikuu	41,5	57,4	86,4	106,8	110,1	107,4	87,4	58,1
Toukokuu	57,4	85,2	119,8	128,3	118,0	122,9	112,5	79,9
Kesäkuu	70,7	91,4	116,5	114,1	102,9	115,5	118,7	93,0
Heinäkuu	66,5	95,4	127,0	128,5	117,5	133,9	130,6	95,1
Elokuu	47,8	67,9	98,8	111,6	102,7	98,4	86,0	63,0
Syyskuu	29,0	37,1	61,8	89,0	103,1	92,0	64,3	37,5
Lokakuu	13,2	13,5	19,3	30,2	38,1	31,9	20,5	13,6
Marraskuu	5,1	5,1	6,7	13,6	17,5	13,6	6,7	5,1
Joulukuu	3,2	3,2	3,8	9,3	12,5	9,8	4,1	3,2
Koko vuosi	393,9	518,3	726,9	863,6	878,0	851,7	712,7	509,7

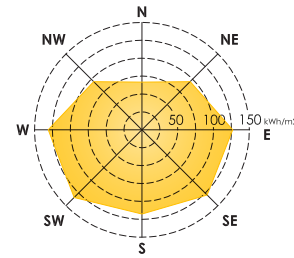
Yllä olevan taulukon tiedoista koostettu koko vuoden "säteilyruusu" ($\text{kWh/m}^2/\text{vuosi}$). Eteläseinälle kertyvä auringonsäteily on yli kaksinkertainen pohjoisseinään verrattuna.



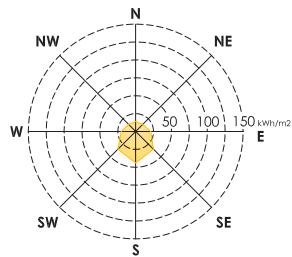
Eri ilmansuuntiin osoittaville pystypinnoille kertyvä auringon kokonaissäteily kuukaudessa (kWh/m²/kk) .



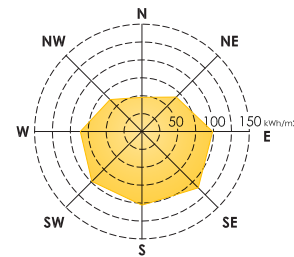
1
Tammikuu



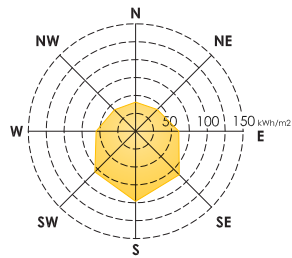
7
Heinäkuu



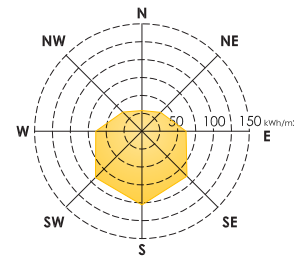
2
Helmikuu



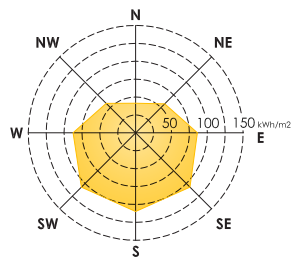
8
Elokuu



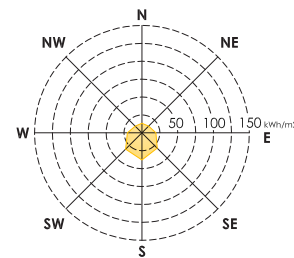
3
Maaliskuu



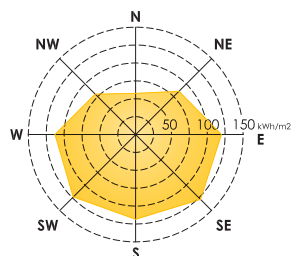
9
Syyskuu



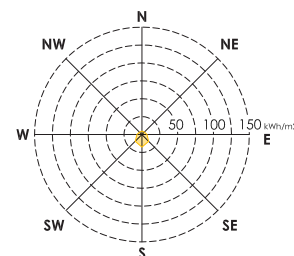
4
Huhtikuu



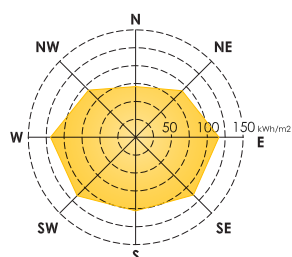
10
Lokakuu



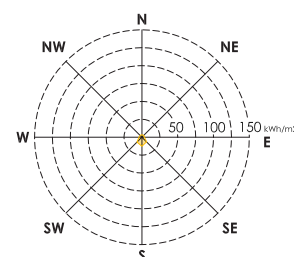
5
Toukokuu



11
Marraskuu



6
Kesäkuu



12
Joulukuu

3.1.2 Sade ja tuuli

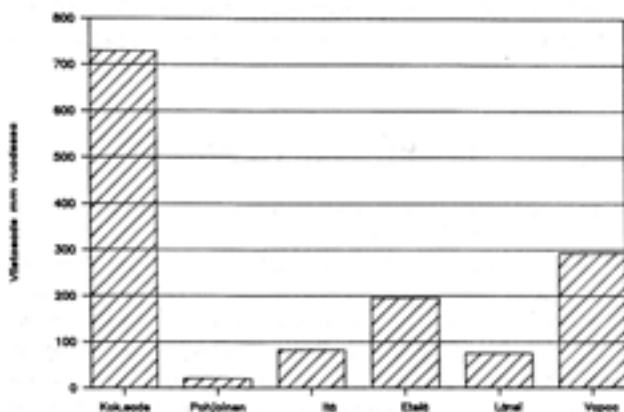
Vesisade altistaa puujulkisivun kosteusrasitukselle. Se ei ole haitallista, kunhan puu ehtii välillä kuivua. Mikäli puu pysyy pitkään kosteana ja lämpötila on sopiva, muodostuu lahottajasienille ja muille eliöille suotuisat olosuhteet. Tuulen ja vesisateen yhteysvaikutuksesta kosteus voi tunkeutua sisään pienistäkin liitoksista ja jopa julkisivupintaa ylöspäin.

Puujulkisivujen sadesuojauksessa parhaat tulokset saavutetaan rakenteellisella suojauksella. Erilaisilla pintakäsittelyaineilla voidaan vähentää sadeveden imeytymistä puuhun, ja siten vähentää kosteusvaihteluista aiheutuvia muodonmuutoksia, mutta niitä ei tulisi pitää ainoana suojana. Puujulkisivun tulisikin toimia moitteettomasti myös ilman pintakäsittelyä, sillä niillä on taipumus kuluä pois säärasitusten vaikutuksesta, eikä huoltokäsittelyä aina tehdä riittävän ajoissa.

VTT tutki vuosina 1985-1986 puujulkisivuihin kohdistuvia säärasituksia, joista suurimman huomion saivat sade ja auringon säteily. Viistosateen määrät laskettiin tunneittain mitatuista sadesummista ja tuulen tuntikeskiarvoista. Vuoden pituisen tarkastelujakson aikana eri ilmansuuntiin lasketut viistosateen määrät poikkesivat toisistaan huomattavasti: *"Viistosateen määrä oli ylivoimaisesti suurin eteläjulkisivulla. Itä- ja länsisivuilla viistosateen määrä oli noin 40% ja pohjoissivulla vain noin 10% eteläjulkisivun sademäärästä."*¹

1 Kanko, s.14

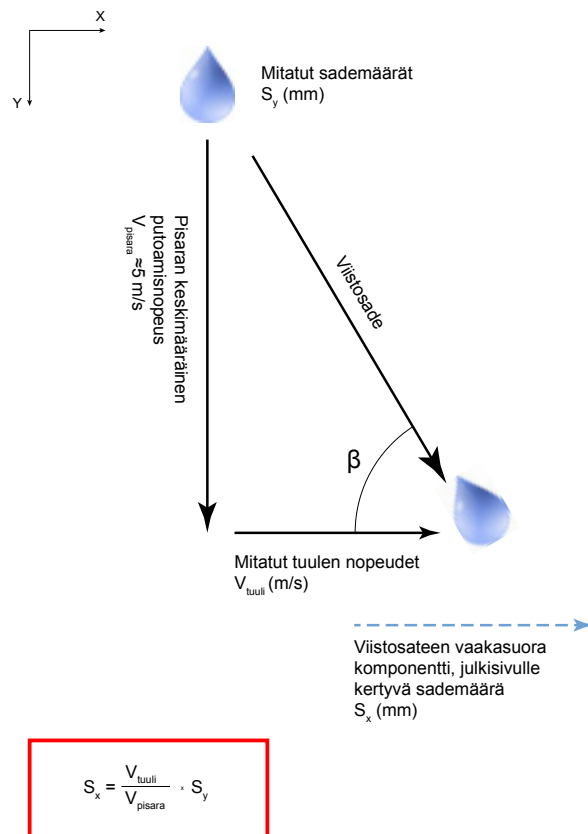
Kuva 18. VTT:n koetalolla kerättiin sade- ja tuulihavainnot aikavälillä 1.9.1985 - 31.8.1986. Sadehavainnot ovat tuntisummia ja tuulihavainnot tunnin keskiarvoja. Niiden perusteella laskettiin eri ilmansuuntiin oleville julkisivupinnoille kertyvät viistosademäärät (mm/vuosi). Lyhyellä havaintovälillä saavutettiin mahdollisimman todenmukaiset tulokset. Itä- ja länsisivuilla viistosateen määrä oli noin 40% ja pohjoissivulla vain noin 10% eteläjulkisivun sademäärästä. (Kanko, s.14)



Tässä diplomityössä viistosadetta on tarkasteltu Tampereen säätilastojen perusteella, sillä suunnittelualue sijaitsee Tampereen Isokuudessa. Sade- ja tuulitilatot perustuvat Ilmatieteen laitoksen julkaisuun Tilastoja Suomen ilmastosta 1981-2010². Siinä sademäärät sekä tuulen suunnat ja nopeudet on ilmoitettu kuukausittain 30 vuoden keskiarvoina. Näin koostetuissa tilastoissa kuukausien väliset erot tasoittuvat, mutta eri ilmansuunnilla on edelleen havaittavissa selkeät erot. Lienee myös korostettava, että paikalliset olot, kuten maaston muodot ja viereiset rakennukset vaikuttavat merkittävästi tuuleen ja siten myös viistosateiden määrään. Suunnittelun luonnosvaiheessa sateen tarkempaa jakautumista julkisivupinnoille voitaisiin mahdollisesti simuloida pienoismallille tehtävin tuulitunnelikokein. Tarkempia ja luotettavia tuloksia saataisiin kuitenkin vasta alueen rakentamisen jälkeisillä mittauksilla, mutta silloin suunnitteluun saatava hyöty jäisi käyttämättä. Tämän teoreettisen tarkastelun tarkoituksena onkin antaa yleiskuva viistosademäärien suuruusluokista eri ilmansuuntiin osoittavilla julkisivuilla.

2 Pirinen et al.

Seinäpinnoille kerääntyvän viistosateen periaatekuva Strauben mukaan. (Straube, s.2)



Viistosateen vaakasuora komponentti S_x voidaan laskea tuulennopeuden, sademäärän ja sadepisaran putoamisnopeuden avulla. Monimutkaiseksi laskemisen tekee kuitenkin se, että sadepisaran putoamisnopeus riippuu sen halkaisijasta. Kenttä-tutkimuksilla ja tietokonemalleilla keskimääräiseksi sadepisaran putoamisnopeudeksi on määritetty 4-5m/s (putoamisnopeuden käänteisarvoksi DRF mainitaan 0,2-0,25³). Putoamisnopeus vaihtelee kuitenkin merkittävästi sadetyyppien välillä: tihkusateessa pisara putoaa nopeudella ~2m/s (DRF=0,5) ja rankkasateessa nopeudella ~7m/s (DRF=0,15). Seuraavat taulukkolaskennat on tehty käyttäen sadepisaran putoamisnopeutena arvoa 5m/s.

Pirkkalan lentoaseman tuulennopeudet on mitattu 14 metrin korkeudelta maanpintaan nähden⁴. Tuulennopeudet kasvavat merkittävästi mittauskorkeuden mukaan. Tuulen nopeus tietyllä korkeudella, $V(z)$, voidaan laskea kaavasta

$$V(z) = V_{10} \cdot (z/10)^\alpha$$

Missä V_{10} on mitattu tuulennopeus 10 metrin korkeudessa (m/s), z on korkeus maanpinnasta (m) ja α on ”altistumiskerroin”, joka riippuu ympäristön avoimuudesta. Keskitehokkuudella rakennetun alueen, kuten Isokuusen, kerroin on 0.25. Täten tuulennopeus muuttuisi kolmen kerroksen korkeuserolla noin 15%. Esimerkiksi neljännen kerroksen korkeudelta (+14m) mitattu tuulennopeus 10m/s vastaisi seitsemännen kerroksen korkeudella noin

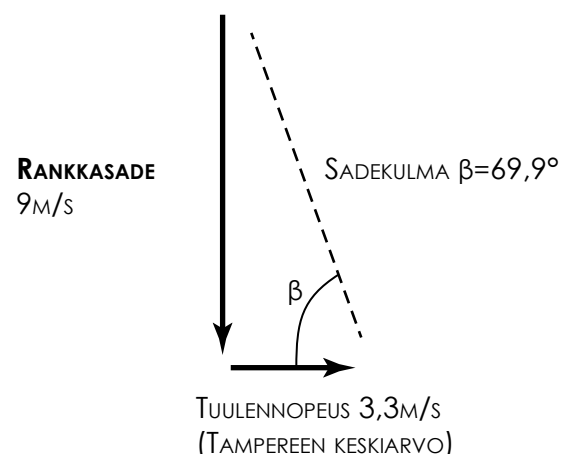
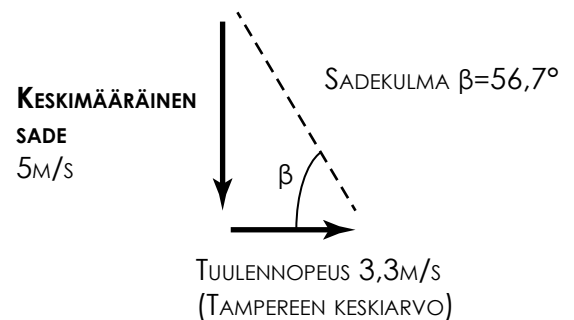
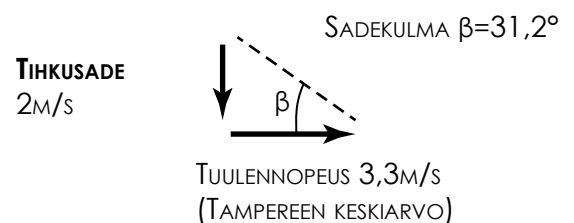
3 Straube, s.3

4 Pirinen et al., s.12

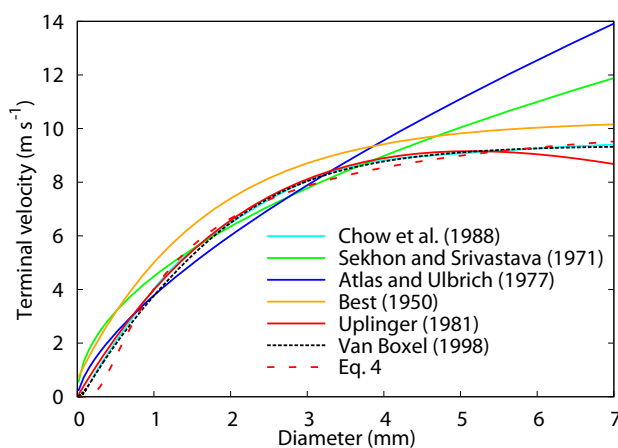
11,7m/s (+17%).⁵ Prosentuaalinen tuulennopeuden lisäys voidaan siirtää myös suoraan seinäpinnalle kertyvän viistosateen määrään, sillä ne kasvavat samassa suhteessa. Laskelmissa ei ole huomioitu korkeusaseman muutoksia; säätilastojen arvoja on käytetty sellaisenaan.

5 Straube, s.6

Sadepisaran koko ja sen myötä putoamisnopeus vaihtelevat merkittävästi sadetyypistä riippuen. Tihkusade voi kulkea rakennusten läheisyydessä lähes vaakasuoraan. Rankkasade puolestaan sataa alas jyrkemmässä kulmassa, jolloin myös pienempi osuus siitä osuu julkisivupinnalle.



Kuva 19. Sadepisaran putoamisnopeus halkaisijan funktiona useiden eri lähteiden mukaan. Viistosadelaskelmissa on käytetty arvoa 5m/s.



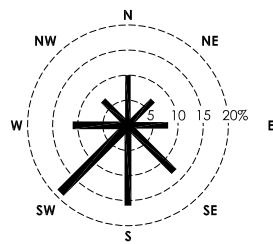
Kuva 20. Tampere-Pirkkalan lentoaseman säätilastojen 30 vuoden keskiarvot. Tilastoista on korostettu laskelmissa käytetyt luvut. Puujulkisivun kestävyys kannalta mielenkiinto kohdistuu seinäpinnalle kertyvän vesisateen määrään. Sademääriä tarkastellaan siksi huhtikuulta lokakuulle, jolloin ilman keskilämpötilat ovat yli +0 °C ja voidaan olettaa, että sateet tulevat seinäpinnalle vetenä.

Kk Month	Ilmanpaine Air pressure hPa		Ilman lämpötila Air temperature °C				Lämpötilan ääriarvot Extreme temperature °C						Lämpötilapäivät Temperature days						Maanp. alin Gr.min
	Aika/Time UTC				Karvo Mean	Keskim/Average		Absol ylin max	V/Year	Absol alin min	V/Year	Ylin Max		Alin Min	Alin Min				
	00	06	12	18		ylin max	alin min					Ylin Max	Ylin Max						
1215	PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA																		
1	1009	-6,6	-6,8	-5,5	-6,3	-6,4	-3,4	-9,7	8,0	2007	-35,8	1987	-	19	29	12			
2	1012	-7,9	-8,4	-4,9	-6,6	-6,9	-3,5	-10,6	9,4	1990	-31,8	2007	-	19	26	13			
3	1011	-4,7	-4,9	0,2	-2,1	-2,8	1,2	-6,6	14,9	2007	-29,1	1981	-	10	27	9			
4	1014	0,2	1,7	6,9	4,6	3,3	8,2	-1,3	24,2	1998	-14,8	1988	-	1	18	1			
5	1014	5,3	8,9	13,6	12,2	9,7	15,4	3,8	28,4	1984	-7,2	1999	1	-	6	-			
6	1011	9,9	13,6	17,5	16,3	14,1	19,5	8,6	31,7	1999	-3,0	1984	4	-	0	-			
7	1011	12,9	16,3	20,3	19,0	16,9	22,2	11,7	32,5	2010	1,5	1987	7	-	-	-			
8	1012	11,8	14,2	18,4	16,2	15,0	19,9	10,4	31,1	1992	-0,4	1984	4	-	0	-			
9	1012	7,5	8,5	12,9	9,8	9,8	14,0	5,9	24,8	1999	-7,0	1986	-	-	3	-			
10	1011	3,6	3,6	6,6	4,4	4,6	7,5	1,9	17,5	1984	-16,4	1992	-	1	10	0			
11	1011	-0,9	-1,0	0,2	-0,7	-0,6	1,5	-3,0	10,4	1999	-21,9	2010	-	10	21	3			
12	1010	-4,7	-4,7	-3,9	-4,6	-4,5	-1,9	-7,6	9,5	2006	-33,0	1995	-	16	27	10			
Vuosi/ Year	1012	2,2	3,4	6,9	5,2	4,4	8,4	0,3	32,5		-35,8		16	76	167	48			

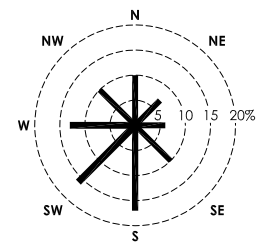
Kk Month	Suhteellinen kosteus Relative humidity %					Sademäärä Precipitation mm			Sadepäivät Precipitation days				Suurin vrksade Max daily prec. mm	Lumensyvyys Snow depth cm		
	Aika/Time UTC				Karvo Mean	Keskim Mean	Suurin Max	V/Year	Pienin Min	V/Year	Kpl/Number ≥0,1 mm ≥1,0 mm ≥10,0mm				15 p. viim.p. 15th last day	
	00	06	12	18												
1215	PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA, 1222 TAMPERE HÄRMÄLÄ															
1	90	90	89	90	90	41	78,3	2005	9,5	2010	22	10	0	20,9	21	28
2	89	89	83	88	87	29	72,3	1990	1,5	1994	18	7	0	19,2	29	31
3	88	89	71	80	82	31	56,6	1994	7,6	2003	16	8	0	18,0	30	16
4	82	78	55	64	70	32	74,9	1988	0,9	1987	12	7	1	20,2	2	0
5	81	68	49	54	63	41	93,7	1995	4,1	1993	12	7	1	38,5	0	-
6	83	70	52	57	66	66	169,4	1981	16,1	1982	13	9	2	41,8	-	-
7	86	75	55	61	69	75	218,5	1988	2,7	1994	15	10	2	43,2	-	-
8	89	83	60	70	76	72	163,6	2008	8,8	1996	15	10	2	44,5	-	-
9	90	90	66	81	82	58	178,9	2001	9,5	2003	14	9	2	52,6	-	-
10	91	92	78	87	87	60	121,7	2008	21,7	2002	17	10	1	30,6	1	1
11	92	92	88	91	91	51	111,0	1996	3,3	1993	21	11	1	29,8	2	6
12	92	92	91	91	92	42	91,0	1983	5,5	2002	22	11	0	19,8	10	16
Vuosi/ Year	88	84	70	76	80	598	218,5		0,9		197	109	12	52,6		

Tuulien jakautuminen – Wind distribution																		
Kk Month	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		Tyyni Calm %	Ka Mean m/s
	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%		
1215	PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA																	
1	2,7	10	2,9	7	3,3	8	3,5	13	3,4	16	4,4	19	3,8	11	3,1	7	8	3,3
2	2,6	10	3,1	8	3,1	10	3,3	13	3,4	17	3,8	18	3,6	9	3,0	7	8	3,1
3	2,9	9	3,0	6	3,4	9	3,3	15	3,6	20	3,8	15	3,7	9	3,0	7	9	3,2
4	3,3	12	3,7	9	3,3	9	3,2	12	3,3	16	3,5	13	3,7	10	3,2	8	10	3,3
5	3,1	11	3,3	9	3,3	9	2,9	9	3,3	14	3,7	14	3,8	15	3,2	9	10	3,2
6	3,1	12	3,1	9	3,2	8	3,0	9	3,2	15	3,6	13	3,5	13	3,1	11	9	3,1
7	3,0	10	2,9	7	2,9	6	2,7	10	3,1	17	3,5	16	3,4	13	2,8	10	10	2,9
8	2,9	10	2,8	8	3,1	9	2,8	12	3,0	16	3,4	14	3,3	11	2,8	10	11	2,9
9	3,1	7	3,3	9	3,3	8	3,0	12	3,2	17	3,6	17	3,5	12	3,1	9	10	3,2
10	3,3	6	3,1	7	3,3	8	3,2	14	3,3	20	4,0	20	3,7	12	3,2	9	6	3,3
11	3,5	6	3,5	9	3,3	10	3,2	17	3,3	18	4,1	17	3,6	9	3,1	8	5	3,3
12	3,0	7	3,5	9	3,3	9	3,3	13	3,5	18	4,1	18	3,6	11	3,0	8	7	3,3
Vuosi/ Year	3,0	9	3,2	8	3,3	9	3,1	12	3,3	17	3,8	16	3,6	11	3,1	9	9	3,2

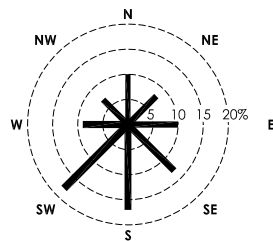
Tampere-Pirkkalan lentoaseman säätilastosta koostetut tuuliruusuut. Viivan pituus kuvastaa tuulensuunnan prosenttiosuutta koko kuukauden tuulesta. Viivan paksuus puolestaan kertoo tuulen keskimääräisestä voimakkuudesta.



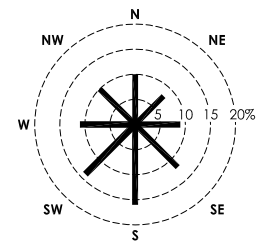
1
Tammikuu



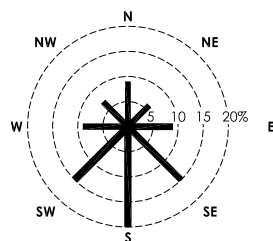
7
Heinäkuu



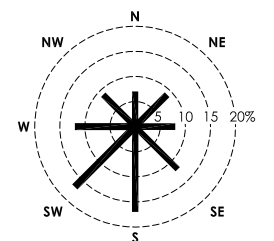
2
Helmikuu



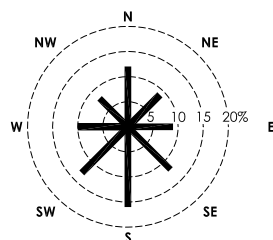
8
Elokuu



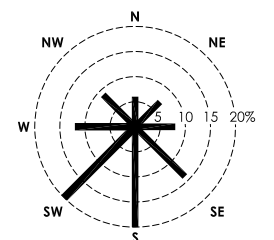
3
Maaliskuu



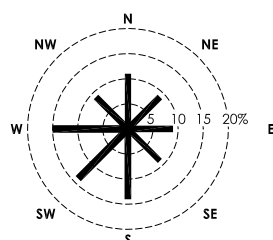
9
Syyskuu



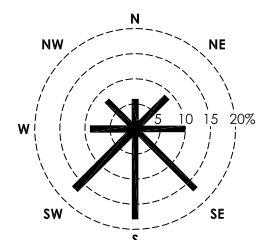
4
Huhtikuu



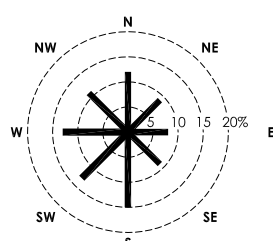
10
Lokakuu



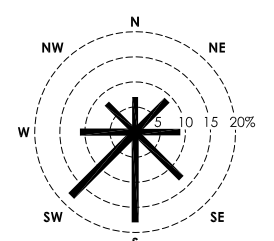
5
Toukokuu



11
Marraskuu



6
Kesäkuu



12
Joulukuu

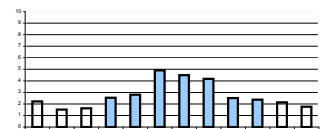
Säätalastoista on otettu keskimääräiset tuulennopeudet V_{tuuli} ja prosentuaaliset suunnat "tuuli%". Niiden perusteella kullekin ilmansuunnalle ja kuukaudelle on laskettu seinäpinoille kertyvän viistosateen määrä S_x ja sateen keskimääräinen kulma β vaakatasoon nähden. Punaisella on korostettu kunkin ilmansuunnan viistosademaksimi. Kuukaudet marraskuusta maaliskuuhun on himmennetty, sillä silloin sade tulee keskimäärin lumena ja vaikutus puujulkisivuihin on vähäinen. Viistosademäärät on esitetty myös pylväsdiagrammeina kuhunkin ilmansuuntaan siten, että kuukaudet marraskuusta maaliskuuhun on esitetty valkoisin pylväin (lumisade) ja kuukaudet huhtikuusta lokakuuhun on esitetty sinisin pylväin (vesisade).

Kuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
sademäärä (mm)	41	29	31	32	41	66	75	72	58	60	51	42

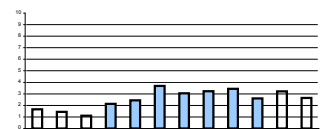
598 mm/vuosi

N - pohjoinen

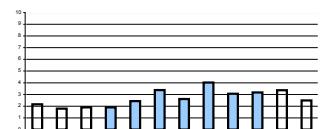
V_{tuuli}	2,7	2,6	2,9	3,3	3,1	3,1	3,0	2,9	3,1	3,3	3,5	3,0
β	61,6	62,5	59,9	56,6	58,2	58,2	59,0	59,9	58,2	56,6	55,0	59,0
tuuli %	10	10	9	12	11	12	10	10	7	6	6	7
S_x (mm)	2,21	1,51	1,62	2,53	2,8	4,91	4,5	4,18	2,52	2,38	2,14	1,76

**NE - koillinen**

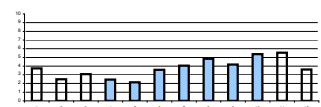
V_{tuuli}	2,9	3,1	3,0	3,7	3,3	3,1	2,9	2,8	3,3	3,1	3,5	3,5
β	59,9	58,2	59,0	53,5	56,6	58,2	59,9	60,8	56,6	58,2	55,0	55,0
tuuli %	7	8	6	9	9	9	7	8	9	7	9	9
S_x (mm)	1,66	1,44	1,12	2,13	2,44	3,68	3,05	3,23	3,45	2,6	3,21	2,65

**E - itä**

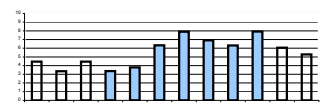
V_{tuuli}	3,3	3,1	3,4	3,3	3,3	3,2	2,9	3,1	3,3	3,3	3,3	3,3
β	56,6	58,2	55,8	56,6	56,6	57,4	59,9	58,2	56,6	56,6	56,6	56,6
tuuli %	8	10	9	9	9	8	6	9	8	8	10	9
S_x (mm)	2,16	1,8	1,9	1,9	2,44	3,38	2,61	4,02	3,06	3,17	3,37	2,49

**SE - kaakko**

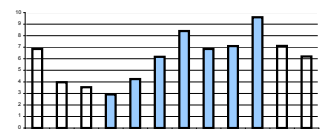
V_{tuuli}	3,5	3,3	3,3	3,2	2,9	3,0	2,7	2,8	3,0	3,2	3,2	3,3
β	55,0	56,6	56,6	57,4	59,9	59,0	61,6	60,8	59,0	57,4	57,4	56,6
tuuli %	13	13	15	12	9	9	10	12	12	14	17	13
S_x (mm)	3,73	2,49	3,07	2,46	2,14	3,56	4,05	4,84	4,18	5,38	5,55	3,6

**S - etelä**

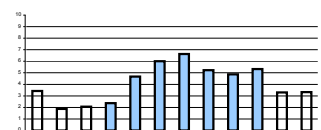
V_{tuuli}	3,4	3,4	3,6	3,3	3,3	3,2	3,1	3,0	3,2	3,3	3,3	3,5
β	55,8	55,8	54,2	56,6	56,6	57,4	58,2	59,0	57,4	56,6	56,6	55,0
tuuli %	16	17	20	16	14	15	17	16	17	20	18	18
S_x (mm)	4,46	3,35	4,46	3,38	3,79	6,34	7,91	6,91	6,31	7,92	6,06	5,29

**SW - lounas**

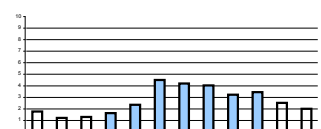
V_{tuuli}	4,4	3,8	3,8	3,5	3,7	3,6	3,5	3,4	3,6	4,0	4,1	4,1
β	48,7	52,8	52,8	55,0	53,5	54,2	55,0	55,8	54,2	51,3	50,6	50,6
tuuli %	19	18	15	13	14	13	16	14	17	20	17	18
S_x (mm)	6,86	3,97	3,53	2,91	4,25	6,18	8,4	6,85	7,1	9,6	7,11	6,2

**W - länsi**

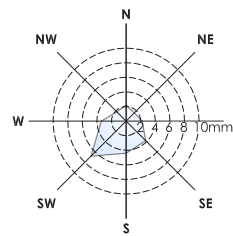
V_{tuuli}	3,8	3,6	3,7	3,7	3,8	3,5	3,4	3,3	3,5	3,7	3,6	3,6
β	52,8	54,2	53,5	53,5	52,8	55,0	55,8	56,6	55,0	53,5	54,2	54,2
tuuli %	11	9	9	10	15	13	13	11	12	12	9	11
S_x (mm)	3,43	1,88	2,06	2,37	4,67	6,01	6,63	5,23	4,87	5,33	3,3	3,33

**NW - luode**

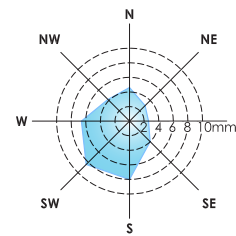
V_{tuuli}	3,1	3,0	3,0	3,2	3,2	3,1	2,8	2,8	3,1	3,2	3,1	3,0
β	58,2	59,0	59,0	57,4	57,4	58,2	60,8	60,8	58,2	57,4	58,2	59,0
tuuli %	7	7	7	8	9	11	10	10	9	9	8	8
S_x (mm)	1,78	1,22	1,3	1,64	2,36	4,5	4,2	4,03	3,24	3,46	2,53	2,02



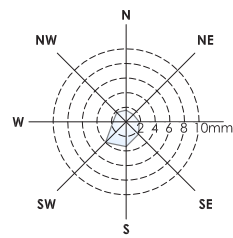
Lasketut viistosademäärät (mm/kk) kuukausittain ja ilmansuunnittain. Marraskuusta maaliskuuhun sade tulee keskimäärin lumena (siniharmaa) ja huhtikuusta lokakuuhun vetenä (sininen).



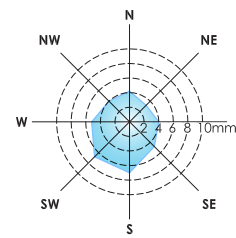
1
Tammikuu



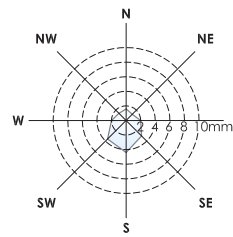
7
Heinäkuu



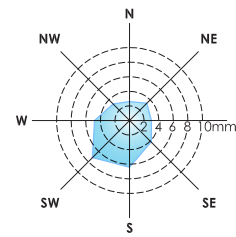
2
Helmikuu



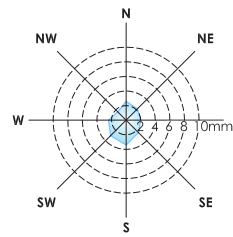
8
Elokuu



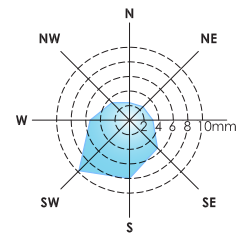
3
Maaliskuu



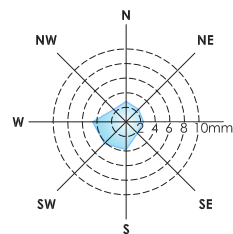
9
Syyskuu



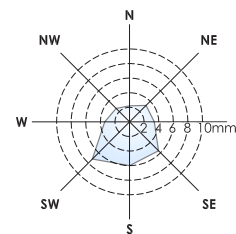
4
Huhtikuu



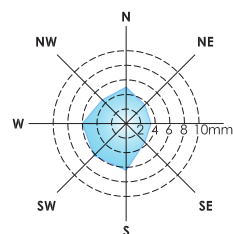
10
Lokakuu



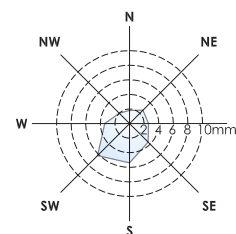
5
Toukokuu



11
Marraskuu

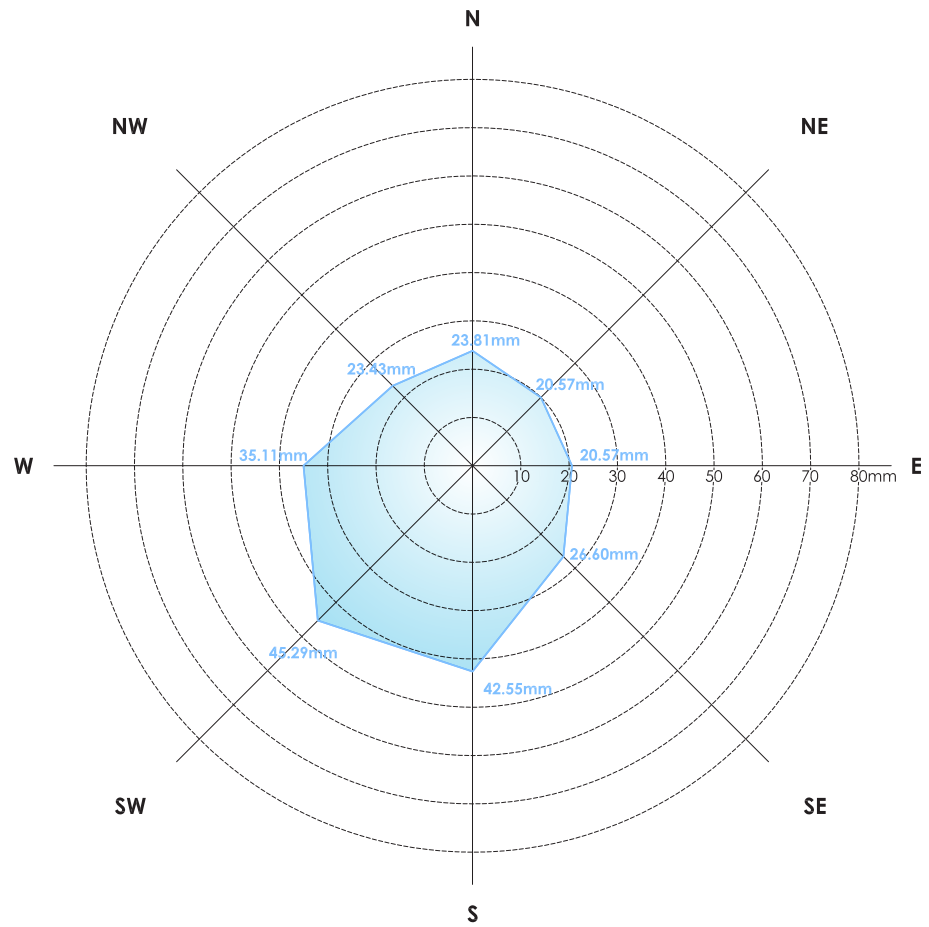


6
Kesäkuu

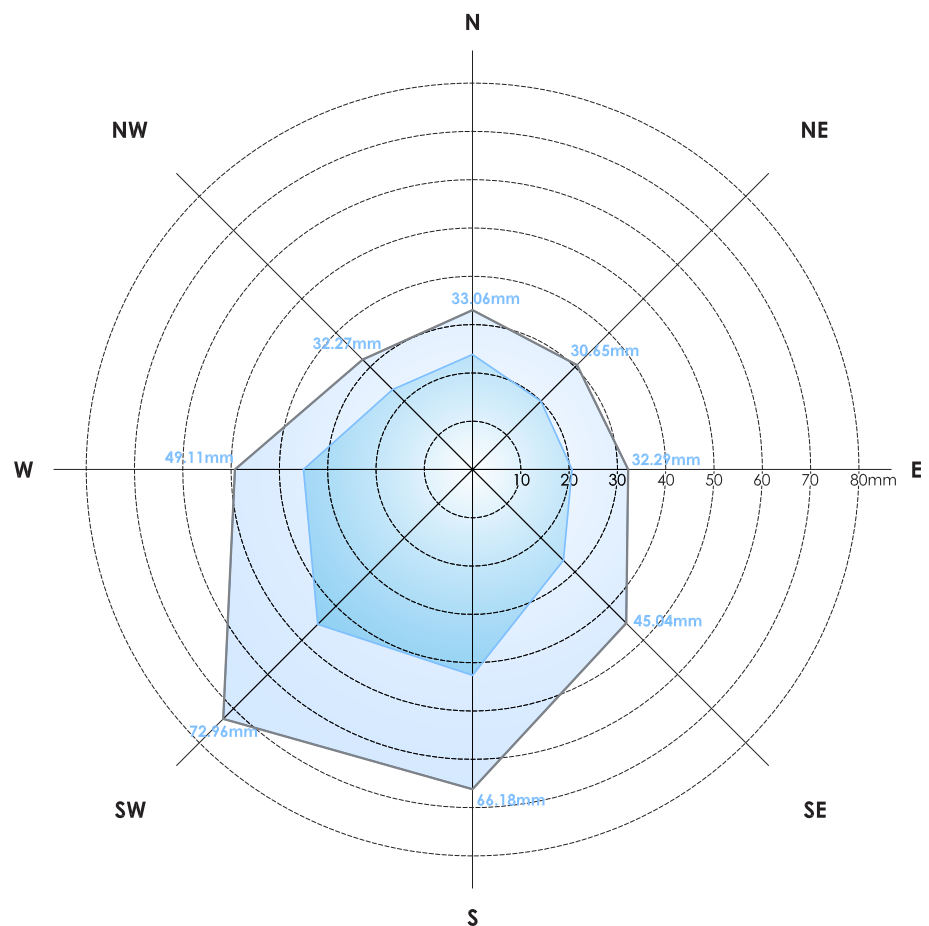


12
Joulukuu

Lasketut viistosademäärät
(mm/vuosi) ilmansuunnittain.
Mukana kuukaudet
huhtikuusta lokakuuhun
(vesisade).



Lasketut viistosademäärät
(mm/vuosi) ilmansuunnittain.
Mukana kaikki kuukaudet
(vesisade+lumisade
vesisateeksi muutettuna).
Mikäli ilmaston lämpenemisen
myötä Suomen
keskilämpötilat nousevat,
muuttuu osa lumisateesta
vesisateeksi ja puujulkisivujen
kosteusrasitukset kasvavat.



Ylhäällä lasketut viistosademäärät (mm/vuosi) ilmansuunnittain. Alhaalla viistosateen määrä suhteessa vuotuisen kokonaissademäärään on laskettu arvoilla lähellä VTT:n mitattuja arvoja. Tämän perusteella voidaan olettaa, että keskimääräisenä sadepisaran putoamisnopeutena käytetty 5m/s on lähellä todellista keskiarvoa.

VIISTOSADESUMMAT			
	vesi	lumi	yht.
N - pohjoinen	23,81	9,25	33,06
NE - koillinen	20,57	10,08	30,65
E - itä	20,57	11,72	32,29
SE - kaakko	26,60	18,44	45,04
S - etelä	42,55	23,63	66,18
SW - lounas	45,29	27,67	72,96
W - länsi	35,11	14,00	49,11
NW - luode	23,43	8,85	32,27
YHT.	237,93	123,63	361,55

	vuotuinen sademäärä (mm/vuosi)	viistosademäärät (mm/vuosi)	viistosateen osuus (%)
Omat laskelmat:	598	361,55	60,5 %
VTT:n mittaukset:	720	430	59,7 %

3.1.3 Auringonsäteilyn ja sateen yhteisvaikutukset

Auringonsäteilyn ja sateen yhteisvaikutuksista keskeisin on auringon infrapunasäteilyn kuivattava vaikutus. Viereisen sivun viistosade- ja auringon säteilyruusuja vertailemalla voidaan päätellä, että syysateet ovat puujulkisivujen kosteusvaihteluiden kannalta haasteellisimmat. Elokuulta marraskuulle sademäärät pysyvät melko suurina, kun taas kuivattava auringon lämpösäteily vähenee koko ajan. Erityisesti lokakuu ja osa marraskuusta, jolloin sade tulee vetenä, ovat haasteelliset, sillä kosteus haihtuu hitaasti.

3.1.4 Yhteenveto säärasituksista

Ilmatieteen laitoksen koostamiin säätilastoihin perustuvat laskelmat osoittavat, että auringonsäteily ja viistosade jakautuvat voimakkaasti eri ilmansuuntien kesken. Pystypinnoille kertyvä auringon säteilyenergia on eteläisivulla noin kaksinkertainen pohjoispuoleen verrattuna. Pystypinnoille kertyvä viistosade on puolestaan suurimmillaan lounaispuolella, jossa se on yli kaksinkertainen koillis- ja itäpuoliin verrattuna. Tekemällä tarkempia mittauksia, on kuitenkin havaittu että eteläpuolen julkisivuun kohdistuva viistosademäärä voi olla todellisuudessa jopa kymmenkertainen pohjoispuoleen verrattuna. Kovimmat säärasitukset ajoittuvat syksyyn, jolloin sademäärät ovat suuret, eikä auringonsäteily enää juurikaan kuivata julkisivuja.

3.2 Biologiset rasitukset

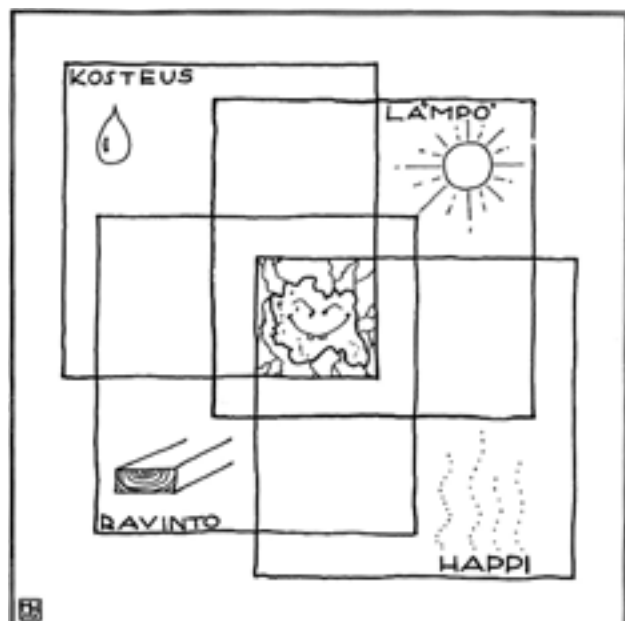
Mikäli verhouksen kosteuspitoisuus ja lämpötila pysyttelevät pitkään korkeina, syntyy erilaisille kasvustoille otolliset olosuhteet. Puun vaurioitumisen kannalta haasteellisimpia ovat lahosienet. Ne hengittävät happea ja sulattavat puuta ravinnokseen. Ravinnon ja hapen lisäksi sienten kasvu vaatii sopivat kosteus- ja lämpöolosuhteet. Käytännössä helpoin lahontarjontakeino on pitää puu riittävän kuivana. Kosteuspitoisuuden tulisi pysyä alle 25%.¹

Lahosienen lisäksi puupinnalla voivat viihtyä sinistäjä- ja homesienet sekä levät ja jäkälät. Sinistäjä sienet aiheuttavat puun värin muuttumisen siniseksi tai harmaaksi. Värimuutos ei ole vain pinnassa vaan se jatkuu myös puun sisälle, eikä tuoreen puun väriä voi siten palauttaa edes hiomalla. Sinistäjä sienien ei heikennä puun lujuutta, sillä se ei käytä puuta ravinnokseen. Homesienet, levät ja jäkälät elävät vain puun pinnalla, eivätkä ne siten vaikuta puun lujuuteen. Puujulkisivussa ne ovatkin vain visuaalinen haitta, mikä voidaan korjata pesemällä tai harjaamalla. Homesienen esiintyminen voi kuitenkin olla merkki liian korkeasta kosteuspitoisuudesta, jolloin myös riski lahottajasienien kasvuksi on olemassa.²

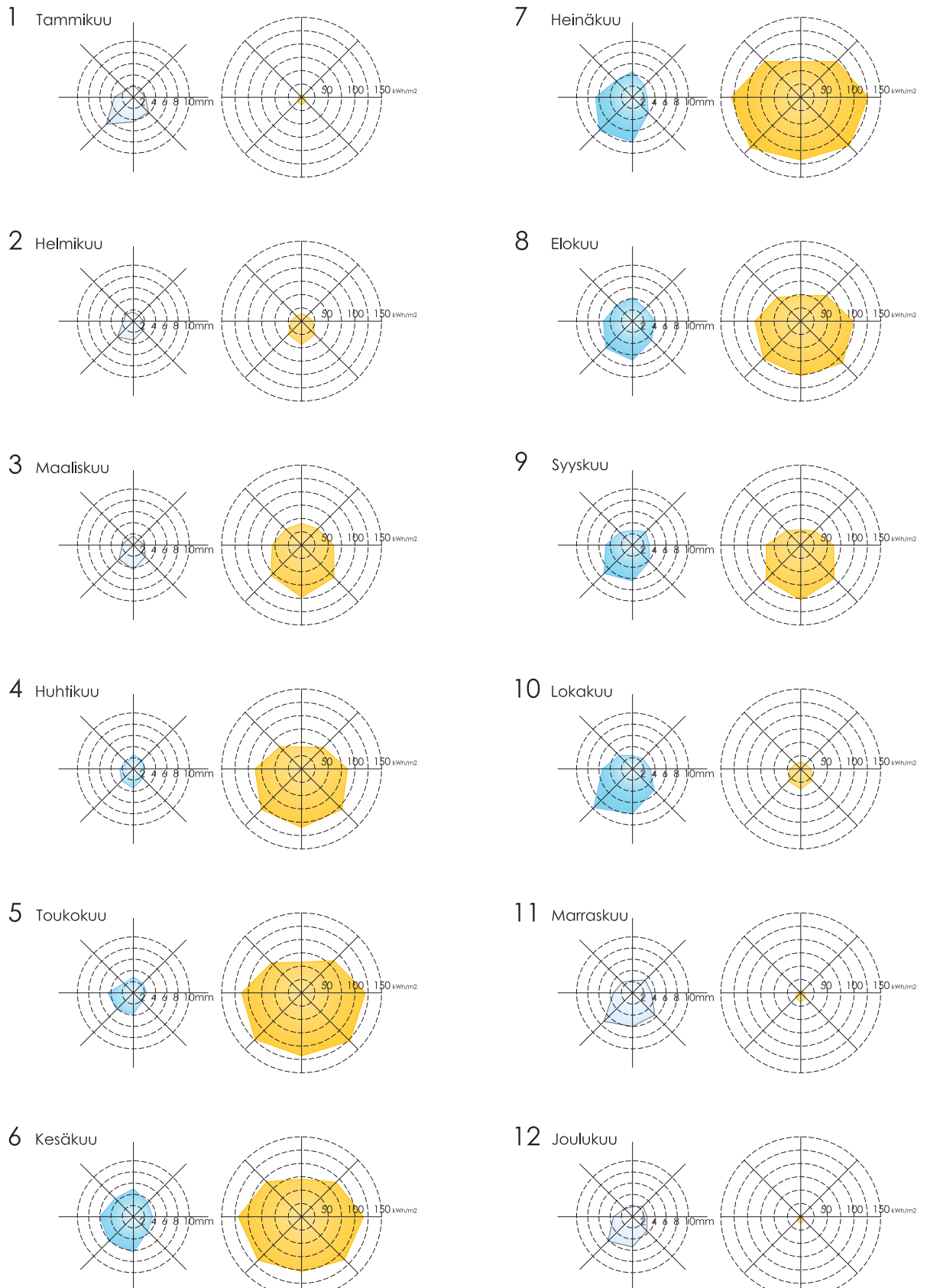
1 Kaila (1), s.302-313

2 Kaila (1), s.345-348

Kuva 21. Lahosienen kasvu vaatii kosteutta, lämpöä, happea ja ravintoa. Luonnollisessa lahontarjunnassa helpointa on puuttua puun kosteuspitoisuuteen. Mikäli se pysyy alle 25%, ei lahosieni kasva.



Lasketut viistosademäärät (mm/kk) ja pystypinnoille kertyvä auringon kokonaissäteily ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{kk}$) kuukausittain ja ilmansuunnittain. Puujulkisivujen kannalta haasteellisin ajankohta sijoittuu elokuulta marraskuulle, jolloin sademäärät pysyvät melko suurina ja kuivattava auringon lämpösäteily vähenee koko ajan



3.3 Rakenteellinen suojaus

Puujulkisivun rakenteellisella suojauksella tarkoitetaan puuhun kohdistuvien rasitusten vähentämistä rakenteellisin keinoin. Lähtökohtana on usein estää veden pääsy rakenteisiin ja toisaalta mahdollistaa kastuneiden osien kuivuminen. Tyypillisimpiä keinoja ovat räystäät, ulokkeet, katokset ja sokkelit, mitkä vähentävät viistosateesta aiheutuvaa kosteusrasitusta. Myös veden valumista julkisivupinnalla ohjaavat yksityiskohdat, kuten tippanokiksi muotoillut puuosat ja peltilistat ovat tärkeitä veden poistumisen kannalta. Julkisivun ulkonäköä ajatellen on usein edullista, että siihen kohdistuvat säärasitukset vanhentavat julkisivua tasaisesti. Siksi esimerkiksi erilaisia ulokkeita tai parvekkeita sommiteltaessa onkin syytä huomioida niiden vaikutus julkisivulle kertyvän viistosateen määrään ja auringonsäteilyyn.

3.3.1 Räystäät ja ulokkeet

Puurakennusten yhteydessä on totuttu pitkiin räystäisiin. Ne ovatkin varmin keino suojata julkisivuja viistosateen aiheuttamalta kosteusrasitukselta. Mikäli haluttaisiin, että räystäät suojaisivat yhtä lailla kerrostalojen julkisivuja viistosateelta, muodostuisivat ne kuitenkin kohtuuttoman pitkiksi. Seuraavassa kappaleessa ja kaaviossa teoreettisia räystääspituuksia on tutkittu sadekulman ja kerrosluvun suhteen.

Vaikka räystäät eivät suojaisikaan kerrostalojen julkisivuja kokonaan suoralta viistosateelta, ne kuitenkin ohjaavat ohi puhaltavien tuulten kulkua. Tämä on

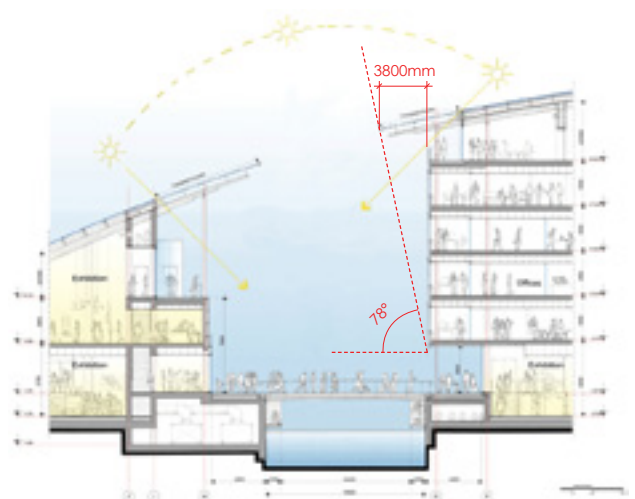
oleellista, sillä tuulten mukana kulkeutuu myös vesisade. Viereisen sivun kaaviokuvissa näkyy havainnollisesti, miten viistosade jakautuu julkisivulle riippuen räystääsratkaisusta. Räystäättömällä julkisivulla suurin kosteusrasitus kohdistuu sekä yläreunaan että sivuille. Pienenkin räystään lisääminen kuitenkin ohjaa tuulten kulkua siten, että suurin kosteusrasitus kohdistuu yläreunan sijasta alemmas. Näin toimien kosteusrasitus jakautunee julkisivulla hieman tasaisemmin. Tulee kuitenkin muistaa, että vaikka julkisivun alaosaan ei kohdistuisikaan yhtä paljon suoraa viistosadetta, kasvaa sen kosteusrasitus julkisivupintaa pitkin valuvan veden myötä. Siksi alareunaan kohdistuu lopulta suurin kosteusrasitus.

3.3.2 Riittävän räystääspituuden teoreettinen määrittäminen

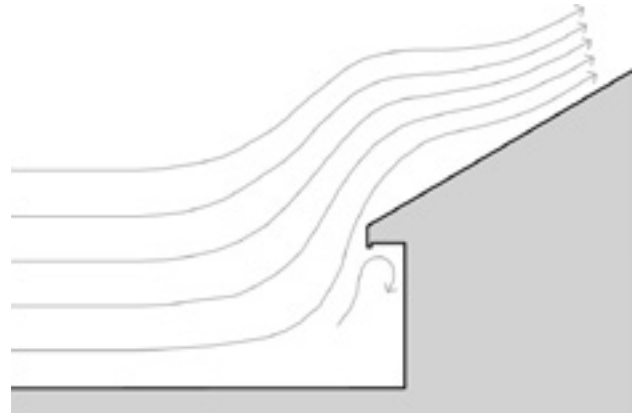
Puujulkisivujen suunnitteluohjeissa sopivaksi räystään pituudeksi määritellään usein vähintään 500mm. RT 82-10829 mukaan puujulkisivuja suojaavien ”räystäiden suositeltava vähimmäisleveys on pitkällä sivuilla 600 mm ja päädyissä 400 mm.”¹ Koska puurakentaminen ja siihen liittyvät ohjeet painottuvat vielä 1-2-kerroksisiin pienotaloihin, on räystään viistosateelta suojaava vaikutus kerrostalojen tapauksessa kyseenalainen. Kerrostaloissa 500mm:n räystään suojaava vaikutus ulottuu vain julkisivun yläosiin. Lisäksi tuulen keskimääräisen jakautumisen mukaan viistosade painottuu voimakkaasti eteläjulkisivulle. Räystään pituutta ja sen suojaavaa vaikutusta on tarkasteltu tässä näistä lähtökohdista.

¹ RT 82-10829 Puujulkisivut, s.13

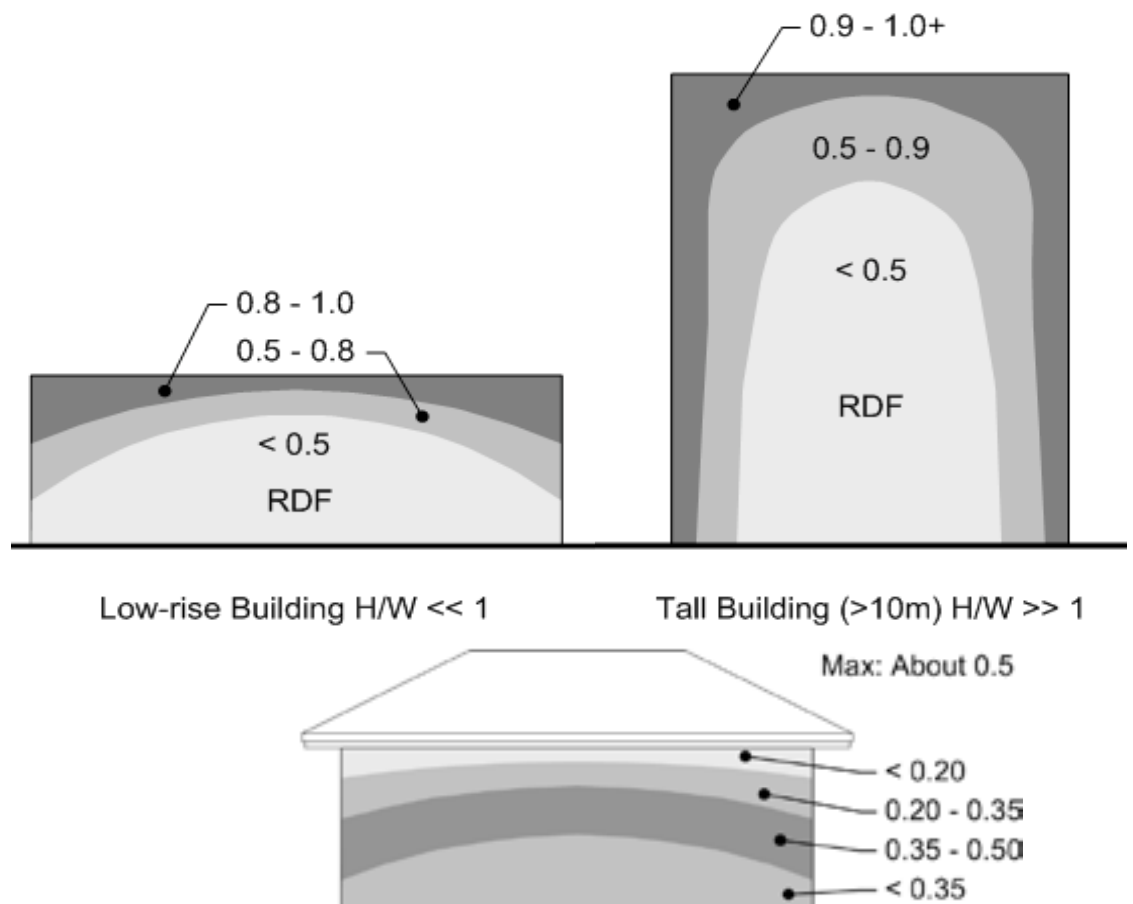
Kuva 22. Renzo Pianon suunnitteleman Oslossa sijaitsevan Astrup Fearleyn museon puujulkisivua suojaavat pitkälle ulottuvat räystäät. Leikkauspiirustuksen perusteella räystääs ulottuu viidennen kerroksen korkeudessa noin 3,8 metrin etäisyydelle julkisivupinnasta, mikä vastaa sadekulmaa 78° (punaiset mittaviivat lisätty itse).



Kuva 23. Räystään vaikutus tuuliin rakennusten läheisyydessä (Straube, s.6). Matalien rakennusten läheisyydessä suurin osa viistosateesta kulkeutuu puhaltavan tuulen mukana julkisivupinnan yli.

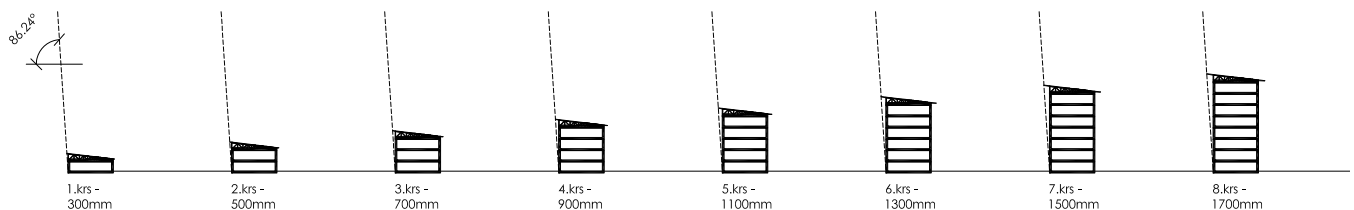


Kuva 24. RDF (Rain deposition factor) eli viistosateen kohdistumiskerroin erilaisten rakennustyyppien yhteydessä. Kerroin 1.0 vastaa vapaata viistosadetta eli pystysuoralle pinnalle kertyvää sadetta, johon vaikuttaa ainoastaan vaakasuora tuuli. Räystäätömissä rakennuksissa suurimmat viistosademäärät kohdistuvat julkisivun yläosaan ja nurkkiin. Räystäillä varustetuissa rakennuksissa yläosa on parhaiten suojattu ja suurin rasitus kohdistuu alemmas. (Straube, s.6)

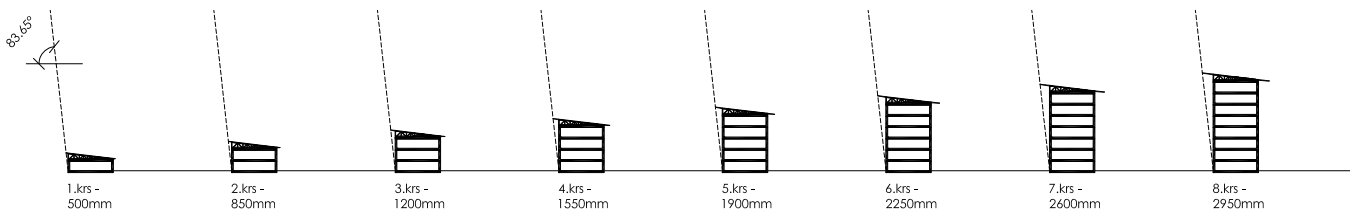


Tutkielmia räystääspituudesta. Kerroskorkeudeksi on oletettu 3100mm ja viistosadetta kuvaava katkoviiva on piirretty 500mm:n korkeuteen maasta (puujulkisivun alareuna). Räystäiden teoreettiset pituudet julkisivupinnoista ulospäin on ilmoitettu kerroslukumäärien mukaan.

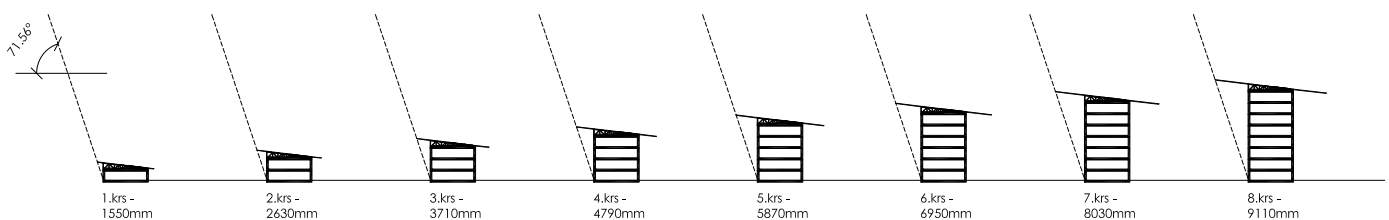
Jotta suositusten mukaiset räytät antaisivat kerrostalojen julkisivuille samantasoisien suojan viistosadetta vastaan, kuin ne antavat pientaloille, tulisi niitä ulottaa merkittävästi pidemmälle kerrosluvun kasvaessa. Kerrostalojen tapauksessa täysin viistosateelta suojaavat räytät ovat kuitenkin täysin teoreettiset ja kohtuuttomat toteuttaa. Julkisivun tasaisen kuluminen kannalta voikin olla järkevintä pitäytyä lyhyissä räystäissä, jotka estävät julkisivun yläosaan kohdistuvan suuren kosteusrasituksen, ja antavat viistosateen jakautua tasaisemmin koko julkisivulle.



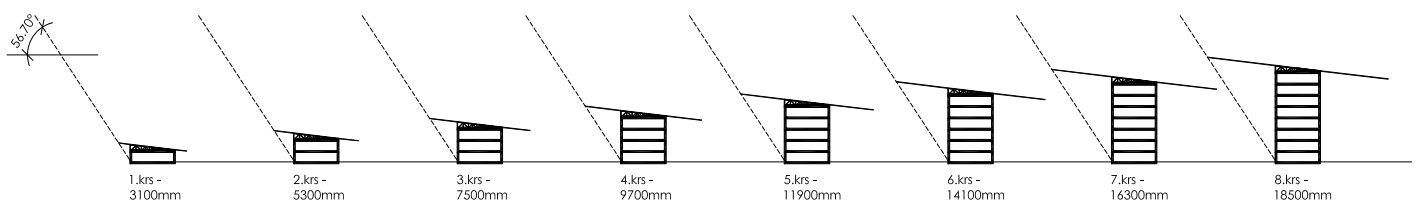
Lähtökohtana 500mm:n räystäs (RT:n suositus) 2-kerroksisessa rakennuksessa.
Suoja viistosateelta kulmassa $\beta=86,24^\circ$
Räystääspituus $300+(n-1)\times 200\text{mm}$



Lähtökohtana 500mm:n räystäs (RT:n suositus) 1-kerroksisessa rakennuksessa.
Suoja viistosateelta kulmassa $\beta=83,65^\circ$
Räystääspituus $500+(n-1)\times 350\text{mm}$



Lähtökohtana rankkasateen sadekulma (71.56°), sadeepisaran putoamisnopeudeksi oletettu 9m/s ja tuulennopeudeksi 3.3m/s (Tampereen keskiarvo)
Suoja viistosateelta kulmassa $\beta=71.56^\circ$ (julkisivut pysyisivät kuivina rankkasateen aikana)
Räystääspituus $1550+(n-1)\times 1080\text{mm}$



Lähtökohtana laskettujen viistosademaksimien mukainen keskimääräinen sadekulma (56.70°)
Suoja viistosateelta kulmassa $\beta=56.70^\circ$ (julkisivut pysyisivät täysin kuivina)
Räystääspituus $3100+(n-1)\times 2200\text{mm}$

3.3.3 Sokkelit

Julkisivun alareunaan kohdistuu poikkeuksellisen suuri kosteusrasitus. Kaikki julkisivua pitkin valuva vesi päätyy lopulta seinän alareunaan. Kosteusrasitusta kasvattavat lisäksi maasta roiskuva vesi ja sulava lumi.

Jotta verhouksen alareunaan kohdistuva kosteusrasitus ei kasvaisi liian suureksi, tulee alareunan vedenpoiston toimia moitteettomasti ja tehokkaasti. Verhouksen alareuna tulee viistää tippanokaksi, jotta vesi pois-tuisi nopeasti. Roiskeveden ja lumen hättäväikutusten välttämiseksi puuverhouksen etäisyys maanpinnasta tulee olla riittävän suuri. Puujulkisivuille sopivana sokkelikorkeutena pidetään yleisesti noin 500 mm:ä.^{1,2}

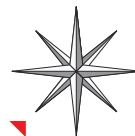
1 Virta, s.29

2 Soikkeli, s.113



14.10.2012 / MARKUS HEINONEN

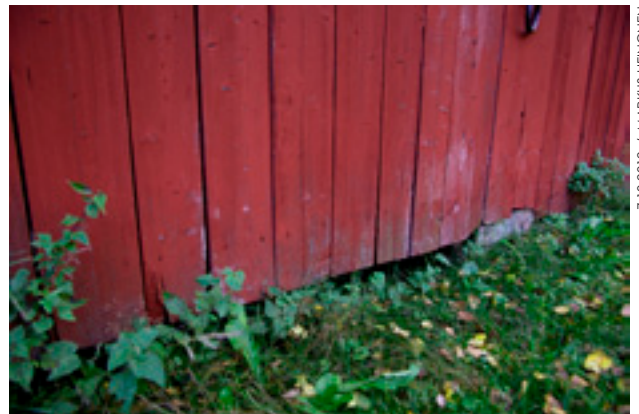
Sokkeliä suojaava pelti on lähes vaakasuora, mikä lisää alimpiin lautoihin kohistuvaa roiskevettä ja siten kosteusrasitusta. Alinta lautaa ei ole työstetty tippanokaksi, mutta toisaalta naaraspontin muoto ohjannee veden pellityksen kautta maahan. Suurimmalle kosteusrasitukselle joutuvat alimmat lautarivit on vaakaverhouksen tapauksessa helppo tarvittaessa vaihtaa. Asunto Oy Porvoon Fredrika.



Vasemmanpuoleisessa kuvassa ovilautojen alapäävät ovat päässeet lahoamaan. Sulavat lumet ja betonitasosta roiskuva vesi ovat pitäneet ne kosteina. Oikeanpuoleisessa kuvassa oven viereiset laudat ovat kuitenkin hyvässä kunnossa, vaikka ne ulottuvatkin lähes maahan asti. Nurmipinnasta sadevesi ei roisku ylöspäin ja sulamisvedet imeytyvät nopeasti maahan. Kuvaparissa ulkorakennus Nuuksion Kattilassa.



7.10.2012 / MARKUS HEINONEN



7.10.2012 / MARKUS HEINONEN

3.3.4 Ohjeet ja suositukset

Pitkäaikaiskestävyyden kannalta puujulkisivun detaljit keskittyvät pääasiassa kosteudenhallintaan. Julkisivulle satava vesi tulee johtaa mahdollisimman nopeasti pois ja toisaalta puuhun imeytyneen kosteuden tulee päästä haihtumaan. Pintakäsittelyn kestävyys kannalta kosteusvaihteluista aiheutuvat nopeat muodonmuutokset ovat haasteellisia. Siksi myöskään liian nopea kuivuminen ei ole aina eduksi.

Suomen metsät ovat havupuuvaltaisia. Koko maanpuuston tilavuudesta männyn osuus on noin 51%, kuusen noin 30% ja koivun noin 16%. Muita puulajeja on yhteensä noin 3%.¹ Suomessa julkisivuverhouksissa käytetään yleensä kuusta, sillä solukkorakenteensa johdosta se imee vähemmän kosteutta, kuin mänty².

Pysty- ja vaakaverhousten kestävydestä esiintyy kirjallisuudessa useampaa mielipidettä. *Vaakalaudoitusta pidetään pysty-laudoitusta kestävämpänä siihen vedoten, että alas valuva vesi rasittaa kutakin lautaa vain hetken³.* Toisen näkemyksen mukaan pysty-laudoitusta on yleisesti pidetty säännestoltaan vaakalaudoitusta parempana, mutta siitä huolimatta vanhimmat seinävuoraukset olivat vaakasuuntaisia. Soikkelin puujulkisivujen kestävyyttä käsittelevässä tutkimuksessa pystyverhouksissa havaittiin vähemmän vaurioita vaakaverhouksiin verrattuna. Lahovaurioita oli vaakaverhouksissa 8,4 kpl/rakennus ja pystyverhouksissa 2,5/rakennus. Maalivaurioiden vastaavat luvut olivat 8,3 ja 3,5/rakennus. Pystyverhouksessa vesi pääsee valumaan vapaasti, kun taas vaakaverhouksessa se joutuu kulkemaan ponttiuria pitkin.⁴ Pystyverhousta voitaneenkin tämän perusteella suositella ainakin kohtiin, jotka joutuvat kovimmalle säärasitukselle.

Puujulkisivun vaurioherkkiä kohtia ovat lautojen päät, sekä jatkos- ja kiinnityskohdat. Lautaverhouksen jatkoksia tulisi välttää, mikäli mahdollista. Jatkokset tulee aina tehdä tukien kohdalla. Lyhyitä lautoja tulee välttää; yksittäisen laudan tulisi aina kiinnittyä vähintään kolmeen runkotolppaan tai alusrimaan. Lomalaudoituksen päällimmäisten lautojen tulisi olla yhtenäiset ja aluslaudoissa mahdolliset jatkokset tulisi sijoittaa mahdollisuuksien mukaan räystään suojaan. Pysty-laudoituksessa jatkoskohta tehdään vinoksi, vettä ulospäin johtavaksi. Puskusaumaa tulee välttää, ettei vesi pääse imeytymään kapilaarisesti. Lautojen väliin tulee jättää noin 2mm:n rako tai vaihtoehtoisesti viistää päät

epäsymmetrisesti niin, että sauma on avoin tuuletusraon puolelta. Lautojen päät tulee aina pintakäsitellä huolellisesti, koska niiden kautta vesi pääsee muuten imeytymään puuhun syiden suuntaisesti.⁵

Verhouksen kiinnitykseen tulee myös kiinnittää erityistä huomiota. Nuorasan kokeissa seinien ”sadevedenpitävyyttä heikensivät eniten naulaushalkeamat sekä verbouslautojen saumakohdat⁶.” Naulaushalkeamien estämiseksi naulausetaisyys laudan päästä tulee olla vähintään 70mm. Halkeamia voidaan estää myös reikien esiporauksella. Puu on heterogeeninen materiaali, jolloin naulapyssyn voimaa ei voi säätää niin, että kaikkien naulojen kannat päätyisivät samaan syvyyteen. Voima tulisikin säätää niin, että naulojen kannat jäävät hieman pinnan ulkopuolelle, jonka jälkeen naulaus lopulliseen syvyyteen tehdään vasaralla. Näin toimien vältetään liian syväle uppoavilta nautoilta, jotka voivat aiheuttaa ympärillään kosteuspiitoisuuden nousua. Mikäli julkisivuverhous toteutetaan elementteinä, voidaan verhoukslaudat kiinnittää taustapuolelta ruuvein, jolloin pintapuoli jää ehjäksi.

Mikäli verhouksen saumakohdissa käytetään vaakalis-toja, tulisi niiden kallistus olla vähintään 20°. Ikkunapellitysten kallistuksen tulisi olla vähintään 30° ja niiden yläpuolelta alkavien lautojen etäisyys pellistä vähintään 25mm roiskeveden välttämiseksi.⁷

Muita pitkäaikaiskestävyyttä parantavia ominaisuuksia ovat muun muassa riittävän paksu kiinnitysalusta valinta. Sen tulisi olla vähintään verhoukslaudan paksuinen, mutta kosteuselämistä estävän tarttuvuuden varmistamiseksi suositellaan kiinnitysalustaa, jonka paksuus on kaksinkertainen verhoukslaudan nähden. Laudat tulee yleensä asentaa sydänpuoli ulospäin, jolloin niiden mahdollisesta käyritymisestä ei ole suurta haittaa. Pystyverhouksessa lustokuvion tulee osoittaa alaspäin.⁸

1 Siikanen, s.33

2 Siikanen, s.269

3 Kaila (1), s.439

4 Soikkeli, s.52

5 Siikanen, s.272

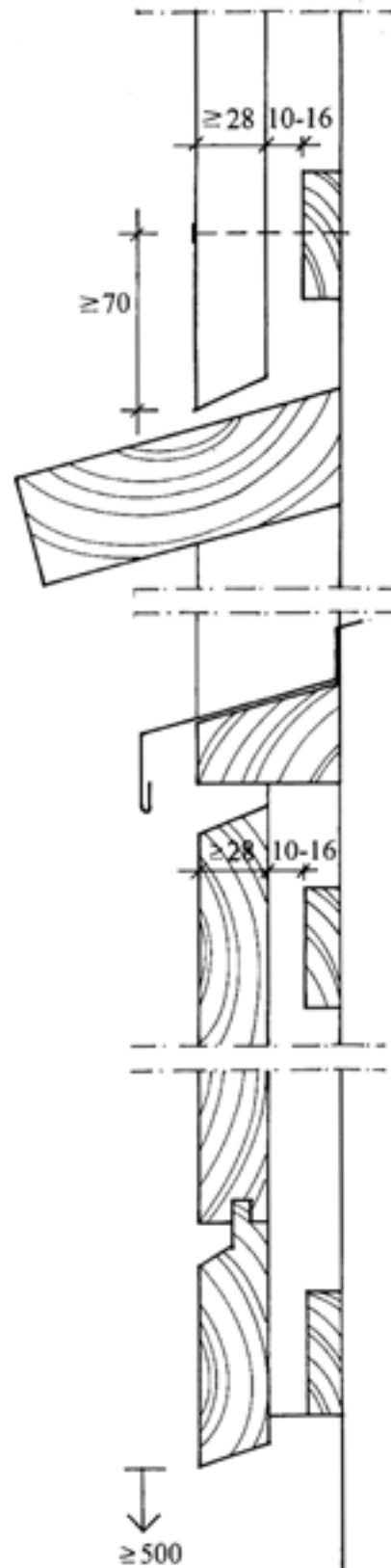
6 Nuoranen, s.136

7 Nuoranen, s.135

8 Puuinfo (2)

Kuva 25. Tutkimustensa perusteella Anu Soikkelin suosittamat puujulkisivun detaljit:

- verhouslaudan paksuus vähintään 28mm
- naulaus tehty vähintään 70mm:n etäisyydeltä laudan päästä
- lautojen alaosat viistetty tippanokiksi
- alimmaisten lautojen etäisyys maasta vähintään 500mm
- tuuletusrako kuristettu rimojen avulla 16mm:iin



3.4 Pintakäsittely

Ulkoerhouksen pintakäsittely vaikuttaa merkittävästi julkisivun säänkestävyyteen ja ulkonäköön. Sadeveden imeytymiseltä suojaavat maalit vähentävät puun kosteuspitoisuuden vaihtelua ja siitä aiheutuvaa käyritymistä. Perinteisesti puujulkisivujen värit on vaihdellut saatavilla olevien pigmenttien mukaan. Nykymaalari tekee valintansa kuitenkin lähes rajattomasta väripaletista.

Pintakäsittelyaineet koostuvat sideaineesta, liuottimesta ja pigmenteistä. Lisäksi niihin voidaan lisätä erilaisia lisäaineita, joilla pyritään parantamaan esimerkiksi säilyvyyttä. Sideaine on pintakäsittelyaineen osa, joka muodostaa seinäpinnalle kosteusrasituksilta suojaavan kerroksen. Maalipurkissa sideaine on nestettä, mutta seinällä se muuttuu kiinteäksi eli kuivuu. Liuottimen haihtuminen on osa useimpien maalien kuivumisprosessia. Liuottimena voi toimia esimerkiksi vesi tai lakkabensiini. Pigmentit antavat pintakäsittelyaineelle värin ja suojaavat puuta UV-säteilyn vaikutuksilta.

Keittomaalit saavat nimensä valmistustavasta. Maalia valmistettaessa keittoastiaan lisätään seuraavassa järjestyksessä vettä, rautavihtrillää, ruisjauhoa, punamultaa, suolaa sekä joidenkin ohjeiden mukaan vernissaa eli keitettyä pellavaöljyä. Uudet ja vanhat puupinnat maalataan keittomaalilla yhteen kertaan.¹

Öljymaalia on käytetty tulkinnasta riippuen jo 1500-luvulta lähtien. 1800-luvun alussa se oli jo itsestään selvä pintakäsittelytapa arvokkaimmissa rakennuksissa. Öljymaalin pääraaka-aine on vernissa eli keitetty pella-

vaöljy. Valkoisissa maaleissa pigmenttinä on aiemmin käytetty kestävästä lyijyvalkoista, mutta myrkyllisyytensä takia sen käyttö väheni Suomessa 1960-luvun lopulla ja lopulta sen käyttö kiellettiin 1993. Nykyisin korvaavana pigmenttinä käytetään usein titaanioksidia. Perinteinen öljymaali ei sisällä mitään liuotinta ja se kuivuu hitaasti hapettumalla.^{2,3}

Petroliöljymaali koostuu vernissasta ja pigmenteistä, kuten öljymaalikin, mutta siihen on lisätty lisäksi valopetrolia. Petroli parantaa maalattavuutta ja mahdollistaa suuremman pigmenttimäärän käytön. Siksi yksi kerros riittää tekemään pintakäsittelystä peittävän. Petrolin myötä maalipinta jää öljymaalista poiketen mattapintaiseksi. *Uusimstarve on noin 30-40 vuoden kuluttua.*⁴

Panu Kailan ja Kalevi Järvisen puujulkisivujen pintakäsittelyä käsittelevissä teoksissa on useita esimerkkejä pellavaöljy- ja keittomaalien pitkäaikaiskestävyydestä.^{5,6} Näiden perinteisten maalien toimintaan voikin huoletta luottaa, mikäli maalaustyö toteutetaan oikein. Ne vanhenevat kauniisti vähitellen kulumalla ja liutuuntumalla. Uusintamaalaus on helppo tehdä heti pintojen teräsharjauksen jälkeen. Kailan mukaan öljymaali on parhaimmillaan kymmenen vuoden iässä.

2 Kaila (2)

3 Kaila (3)

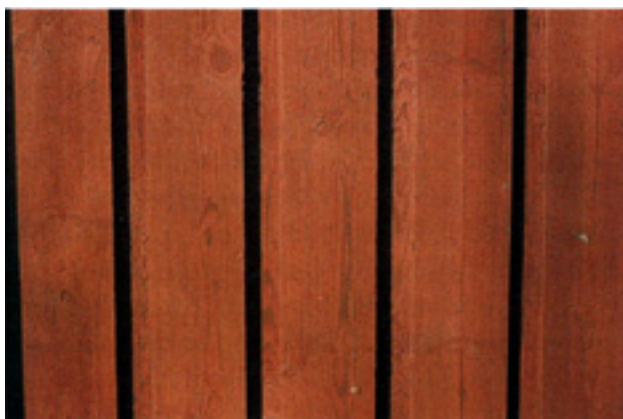
4 Järvinen, s.20-28

5 Kaila (3)

6 Järvinen

1 Järvinen, s.11-19

Kuva 26. Punamultamaalilla yhdeksän vuotta sitten maalattu ulkorakennuksen seinä kohti etelää. Maali kuluu kauniisti ja huoltomaalaus voidaan tehdä helposti harjauksen jälkeen suoraan vanhan maalin päälle.



Kuva 27. 1880-luvulla rakennettu kesähuvila, jossa vielä alkuperäinen öljymaalipinta. Kuva on vuodelta 1997 eli pintakäsittely on reilusti yli 100 vuotta vanha. Räystäslautoista maali on kulunut lähes kokonaan pois, mutta seinäpinoissa on vielä ohueksi liituuntuneet maalikerrokset. Vaaleissa öljymaaleissa käytettiin tuolloin kestävyttä parantavaa ja pigmenttinä toimivaa lyijyvalkoista, jonka käyttö kuitenkin kiellettiin 1900-luvun lopulla myrkyllisyytensä takia.



Viime vuosikymmeninä yleistyneiden, lateksi-, muovi tai dispersiomaaleiksi kutsuttujen vesiohenteisten maalien on sen sijaan nähty irtoavan alustastaan kalvo- maisina riekaleina. Näiden muovimaalien liuottimena on vesi ja sideaineena toimivat pienet muovipallot, jotka veden haihtuessa muodostavat yhtenäisen kalvon. Käytettyjä muovityyppejä ovat akrylaatit, vinyylit, alkydit ja epoksit. Kun muovimaalin pintaan tulee vaurio, se päästää sadeveden imeytymään puuhun ja jäljellä oleva kalvo estää puun kuivumisen. Mikäli vaurioon ei puututa ajoissa, lahovaurion riski on suuri. Huoltomaalausten myötä paksuneva maalikerros muodostuu yhä tiiviimmäksi, jolloin pinnan haljetessa kosteusvaurion riski kasvaa edelleen.^{7,8}

Muovipohjaisten maalien huolto on myös työlästä, sillä vanha maalikerros tulee useimmiten poistaa kokonaan. Tämä vaikuttaa myös huoltomaalauksen kustannuksiin: maalinpoisto on itse maalaustyöhön verrattuna 1,5-2 kertaa kalliimpaa⁹.

7 Kaila (3), s.161-191

8 Järvinen, s.39-42

9 Kaila (3), s.220

Kuva 28. Petrolöljymaalilla yhteen kertaan noin 50 vuotta sitten maalattu rakennus. Kuvassa eniten kulunut seinäpinta.



3.5 Puujulkisivun huolto

Oikein suunniteltu ja toteutettu puujulkisivu kestää pitkään. Huoltoa vaatii lähinnä pintakäsittelykerros, joka kuluu säärasitusten vaikutuksesta. Pidemmällä aikavälillä myös julkisivun osia voidaan joutua vaihtamaan uusiin. Korjausten tekeminen on kuitenkin verrattain helppoa muihin materiaaleihin verrattuna. Jotta julkisivujen huoltotarve eri ilmansuuntiin osoittavilla osilla tasaantuisi, tulisi eniten rasitettuihin olosuhteisiin valita kestävimmit ratkaisut¹.

Suurien julkisivupintojen jakaminen elementeiksi voi olla järkevää. Erityisesti kerrostalotyömailla, joilla asennustyössä joudutaan käyttämään erilaisia nostimia, elementointi on perusteltua. Julkisivuverhoukset voidaan koota ja pintakäsitellä valmiiksi elementeiksi kuivissa tehdasolosuhteissa, jolloin työmaalla jää tehtäväksi vain elementtien kiinnitys. Elementtejä käytettäessä verhoukslaudat voidaan kiinnittää taustapuolelta, jolloin säärasituksille altistuva pintapuoli säilyy ehjänä, mikä puolestaan lisää pitkäaikaiskestävyyttä.

Elementoinnilla saavutettaneen lisäarvoa myös julkisivua huollettaessa. Pintakäsittelyn huolto voidaan tällöin tehdä tarvittaessa sisätiloissa. Toisaalta, mikäli elementit huollon ajaksi irrotetaan, seinäpinnat on suojattava kastumisen estämiseksi. Irrottamisen hyötynä voidaan pitää myös tuuletusraon huollon helpoutta. Mahdolliset roskat ja tukkeumat voidaan tällöin poistaa ja samalla varmistua tuuletuksen toimivuudesta. Mikäli pintakäsittelynä on käytetty liutuuntumalla kuluvia öljymaaleja tai keittomaaleja riittää pohjatöiksi usein pelkkä irtonaisen maalin teräsharjaus, jonka päälle pintamaalaus voidaan suoraan tehdä. Mikäli selvittää yhdellä huoltomaalauskerroksella, lienee järkevintä tehdä maalaus paikalla. Onkin tapauskohtaisesti harkittava, miten huolto kannattaa tehdä. Tehtiin huolto miten tahansa, ei elementoinnista kuitenkaan liene mitään haittaa. Se lähinnä lisää huoltotoimenpiteiden joustavuutta ja mahdollisuuksia.

1 Viljakainen (1), s.17

VUOSAAREN MERIMIESKESKUS. ARKKITEHTISUUNNITTELU: PENTTI KAREOJA / ARK-HOUSE ARKKITEHDIT OY.

(Kuva 14.1.2013 Markus Heinonen)

ETELÄJULKISIVUN VINOON LIMITETTY, HÖYLÄTTY JA HARJATTU LAUTAVEROUS. PUOLIPONTATUT LAUDAT OVAT SIPERIAN LEHTIKUUSTA JA NE ON PINTAKÄSITELTY KEVYESTI PUUNSUOJA-AINEELLA.

(Lähde: Puv-lehti 3/2009)

4 JULKISIVUVERHOUSTUOTTEET JA NIIDEN HIILIJALANJÄLKI

Uusiutuvasta materiaalista toteutettuna säännöllisesti huollettavaa puujulkisivua voidaan pitää ympäristöystävällisenä vaihtoehtona rakennuksen suojaamisessa. Eri puutuotteiden muodostamien julkisivupintojen välille voi kuitenkin muodostua merkittäviäkin eroja, kun asiaa tarkastellaan julkisivun koko elinkaaren ajalta ja mittayksikkönä käytetään hiilidioksidipäästöjä valmista julkisivuneliometriä kohden. Tässä luvussa aihetta on tarkasteltu vertaamalla eri tuotteiden ympäristövaikutuksia, pintakäsittelyjä, oletettuja huoltovälejä ja kierrätystä elinkaaren lopussa. Päälähteenä on VTT:n tutkimus ”Pintakäsittelyn ulkoverhoukselaudan ympäristövaikutukset käyttöänsä aikana.” vuodelta 1999¹. Siinä on käsitelty ulkoverhoukselaudan ja erilaisten pintakäsittelysystemien ympäristövaikutuksia.

Julkisivuverhouksen osuus koko rakennuksen ympäristövaikutuksista on pieni. Tarkasteltaessa pelkkää julkisivuverhousta erilaisten pintakäsittelysystemien välille syntyy kuitenkin suuria eroja. Laskelmien mukaan pelkän julkisivulaudan hiilidioksidipäästöt ovat noin 110g CO₂/kg. Jos julkisivuverhouksena käytetään 28mm:n lautta, painaa 1 m² noin 12kg (puun tiheytenä käytetty arvoa 430kg/m³). Julkisivulaudan hiilidioksidipäästöiksi muodostuu tällöin 1320g CO₂/m². Pintakäsittelysystemien hiilidioksidipäästöt vaihtelevat arvosta 1100g CO₂/m² (keittomaalisysteemi) arvoon 4300g CO₂/m² (akrylaattisysteemi).

4.1 Tuotteen elinkaari (tuotanto, huolto, käytöstä poistaminen)

Puutuotteen elinkaari alkaa metsästä. Kasvaessaan puu sitoo ilmakehän hiilidioksidia eli toimii niin sanottuna hiilinieluna. Puu kaadetaan sen kasvettua noin 80 vuoden ikään. Tämän jälkeen aloitetaan tuotantoprosessi, jonka lopputuloksena on valmis lauta tai levy.

Ennen valmista julkisivupintaa tuotteita on kuljetettu, kuivattu, valmistettu oheistuotteita, kuten kiinnikkeitä ja pintakäsittelyaineita. Sahauksen ja höyläyksen sivutuotteina syntyy hukkapaloja ja purua. Niitä voidaan joko käyttää uusien tuotteiden, kuten lastulevyjen raaka-aineena tai vaihtoehtoisesti polttaa ja käyttää vapautuva energia lämmitykseen ja sähköntuotantoon. Työmaalle päädyttyään julkisivuverhous on joko koottu valmiiksi elementeiksi ja asennettu seinälle tai rakennettu paikalla. Puujulkisivun huoltoon kuuluu lähinnä pintakäsittelyn uusiminen ja mahdollisesti vaurioituneiden osien vaihtaminen. Elinkaarensa päässä oleva tuote voidaan joko käyttää uudelleen tai kierrättää energiaksi polttolaitoksessa.

4.2 Vanerit

Vanerit tehdään viiluista ristiin liimaamalla. Ympäristövaikutusten kannalta merkittävä osuus vanerin muodostamista päästöistä syntyy käytettävästä liimasta. Havuvanerin hiilidioksidipäästöt ovat 560g CO₂/kg ja koivuvanerin 650g CO₂/kg.² Mikäli julkisivun osana käytettäisiin esimerkiksi 21mm:n vahvuista vaneria olisivat vastaavat päästöt neliometriä kohden havuvanerilla 5300g CO₂/m² ja koivuvanerilla 9000g CO₂/m².

4.3 Lämpökäsittely puu

Puun pinnan polttamista on jo pitkään käytetty parantamaan puun kosteudenkesto-ominaisuuksia. Muun muassa aitaseipäiden maakosketukseen joutuvat osat on käsitelty näin. Modernimpaa sovellusta puun lämpökäsittelystä on kehitetty Saksassa 1930-luvulta lähtien ja Suomessa VTT:n toimesta 1980-luvulta lähtien.³

Lämpökäsittelyllä puulla tarkoitetaan tässä Thermo-Woodia eli VTT:n kehittämällä menetelmällä käsiteltyjä tuotteita. Prosessi vastaa aluksi täysin normaalin julkisivulaudan tuotantoa, mutta lopussa laudat kuumakäsitellään uunissa.⁴ Lämpötila nostetaan ensin nopeasti 100 °C:een, minkä jälkeen hitaammin 130 °C:een. Puun kosteuspitoisuus laskee tällöin lähelle 0%:ia. Varsinainen lämpökäsittelyn aikana lämpötila nostetaan yli 160 °C ja pidetään vakiona 2-4 tuntia. Puun lämpökäsittelyllä saavutettavia, julkisivuverhouksen kannalta tärkeimpiä ominaisuuksia ovat kosteuselämisen väheneminen sekä parantunut lahonkesto.⁵

4.4 Pintakäsittelyn ympäristövaikutukset

Seuraavalla aukeamalla on koostettu VTT:n tutkimusaineistostoon perustuvat pylväsdiagrammit. Tarkastelun kohteena ovat erilaisten pintakäsittely-yhdistelmien hiilidioksidipäästöt sekä VOC-päästöt (Volatile organic compound). maaliteollisuuden liuottimet ovat merkittävä VOC-päästöjen lähde. Päästövertailussa korostuvatkin liuottimiin perustuvat pintakäsittelyaineet. Suurimmat hiilidioksidipäästöt aiheutuvat akrylaattipohjaisten pintakäsittelyaineiden käytöstä.

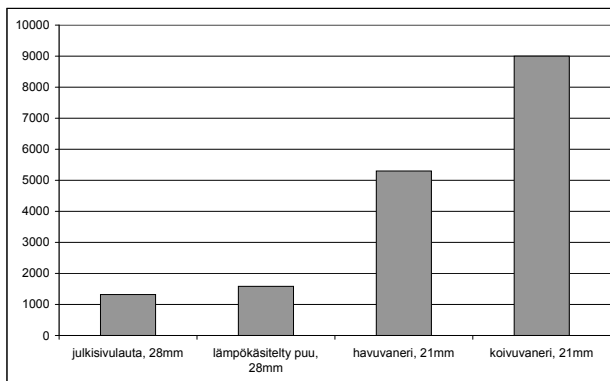
2 RT-Ympäristöselosteet

3 Siikanen, s.123

4 Viitaniemi

5 Lämpöpuuyhdistys ry

Julkisivulaudan, lämpökäsitellyn puun ja havu- sekä koivuvanerin hiilidioksidipäästöt neliometriä kohden ($\text{g CO}_2/\text{m}^2$).

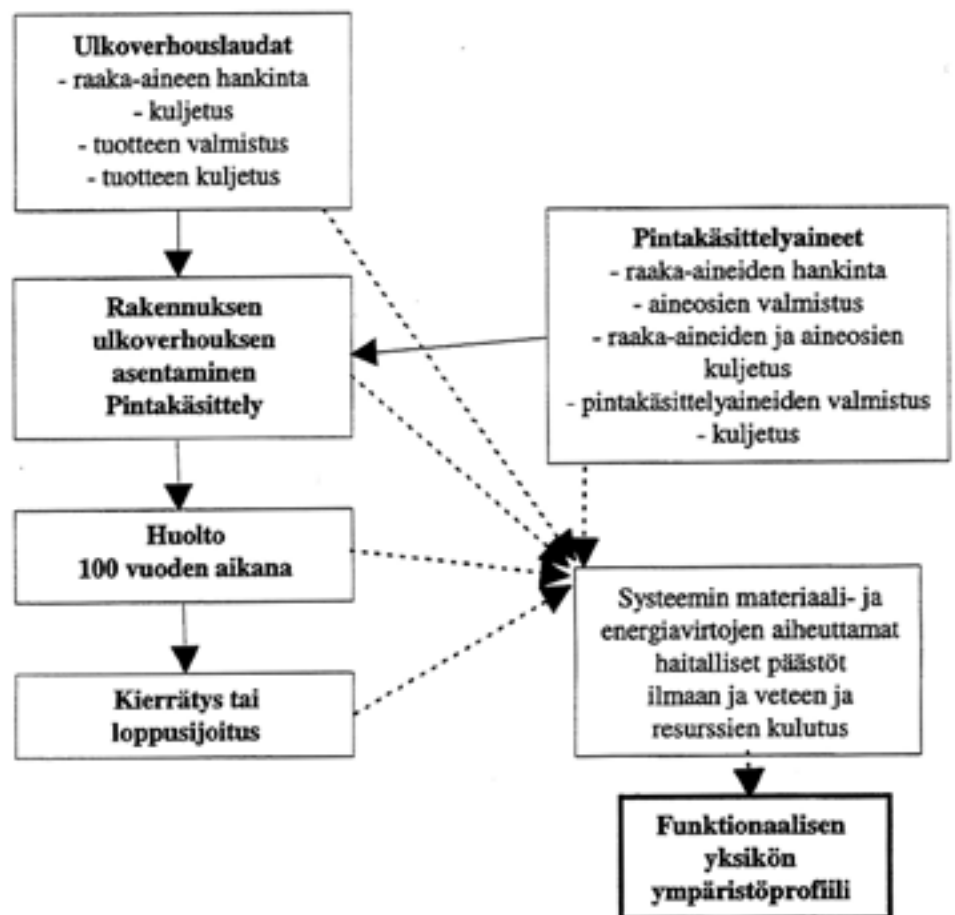


Kuva 29. Ulkokäyttöön soveltuva vaneri on pinnoitettu maalauspohjapaperilla ja liimaukset on tehty säänkestävillä liimoilla. Pintakäsittelyn peittäessä vanerin pintaviilu halkeaa helposti ja päästää veden sisään. Reunasuojaus on tehtävä erityisen huolellisesti.



Kuva 30. Pintakäsittelyn ulkoverhouslaudan ympäristövaikutuksia arvioitaessa toiminnallisena yksikkönä käytetään 1m^2 :iä maalattua puista julkisivua 100 vuoden aikana. Kuvassa on esitetty VTT:n laskelmissa huomioitavat asiat.

SYSTEEMIN KUVAUS



Kuva 31. VTT:n tutkimuksessa vertailut pintakäsittelysystemit 100 vuoden tarkastelujakson aikana. Tarkastelujaksoon kuuluvat pintakäsittelymateriaalien valmistusketjut, julkisivuverhouksen valmistusprosessit ja asentaminen sekä maalaus, uusintamaalaukset ja tarvittaessa maalinpoisto tai laudoituksen uusiminen. VO=vesiohenteinen, LO=liuotinohenteinen. Tehostevärit lisätty itse. (Pintakäsittelysystemit: Häkkinen, Tarja et al., VTT)

	Pohjuste	Pohjamaali	Pintamaali	Uudelleen- maalausjakso
1.			2 x Lietemaali	10
2.	Sinkkivalkois-pohjamaali	Pellavaöljyjaali (ohennettuna)	Pellavaöljyjaali (TiO ₂)	10
3.	Sinkkivalkois-pohjamaali	Pellavaöljyjaali (ohennettuna)	Pellavaöljyjaali (keltaokra)	10
4.	Pohjustuspuun-suoja (LO)		2 x Alkydipohjainen kuullote (LO)	5
5.	Pohjustuspuun-suoja (VO)		2 x Alkydipohjainen kuullote (VO)	5
6.	Pohjustuspuun-suoja (LO)		2 x Alkydipohjainen kuullote (VO)	5
7.	Pohjustuspuun-suoja (LO)	Alkydipeittomaali (ohennettuna)	Alkydipeittomaali	10
8.	Teollinen pohjuste	Alkydipeittomaali (ohennettuna)	Alkydipeittomaali	10
9.	Pohjustuspuun-suoja (VO)		2 x Akrylaattipohjainen kuullote (VO)	5
10.	Pohjustuspuun-suoja (LO)		2 x Akrylaattipohjainen kuullote (VO)	5
11.	Pohjustuspuun-suoja (LO)	Alkydipohjamaali (LO)	Akrylaattipeittomaali	10
12.	Pohjustuspuun-suoja (LO)		2 x Akrylaattipeittomaali	10
13.	Teollinen pohjuste		2 x Akrylaattipeittomaali	10
14.	Pohjustuspuun-suoja (VO)	Alkydipohjamaali (LO)	Akrylaattipeittomaali	10
15.	Pohjustuspuun-suoja (VO)		Akrylaattipeittomaali	10

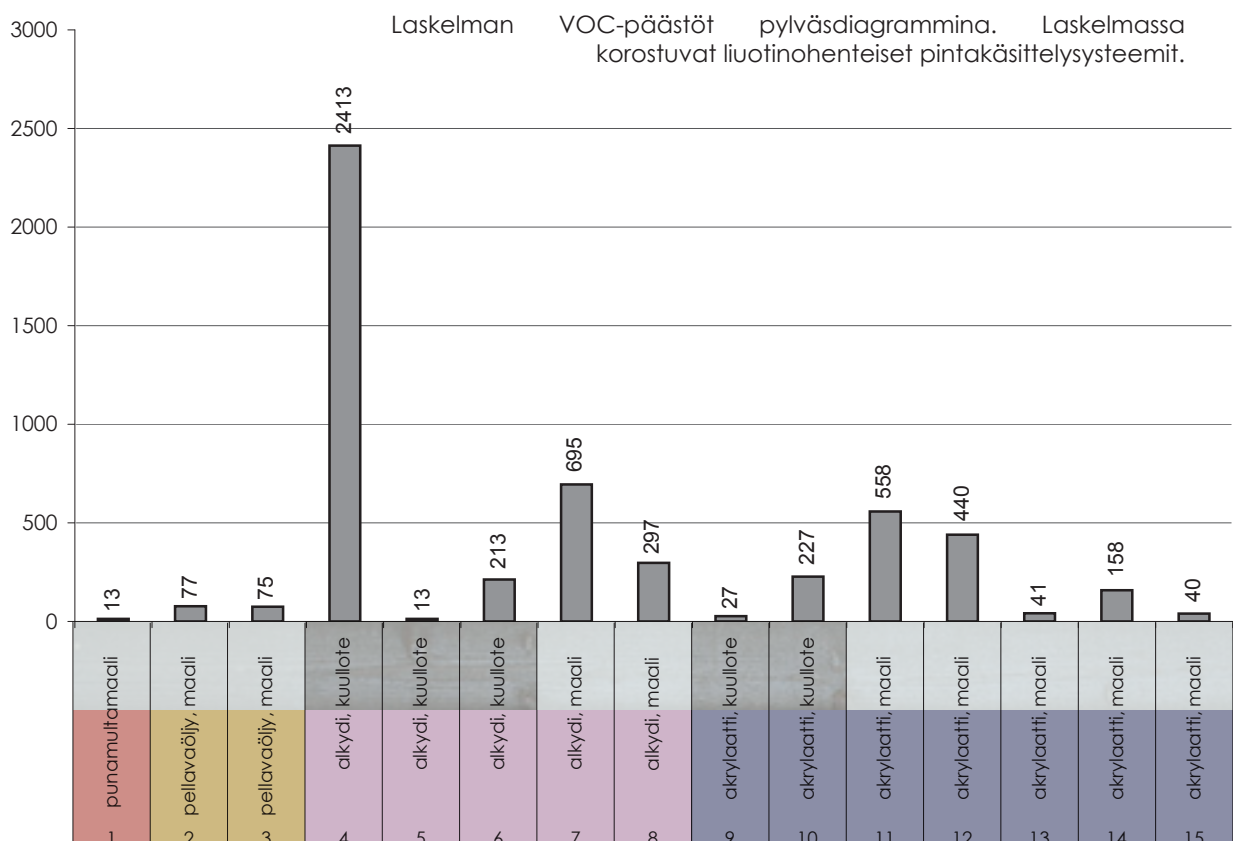
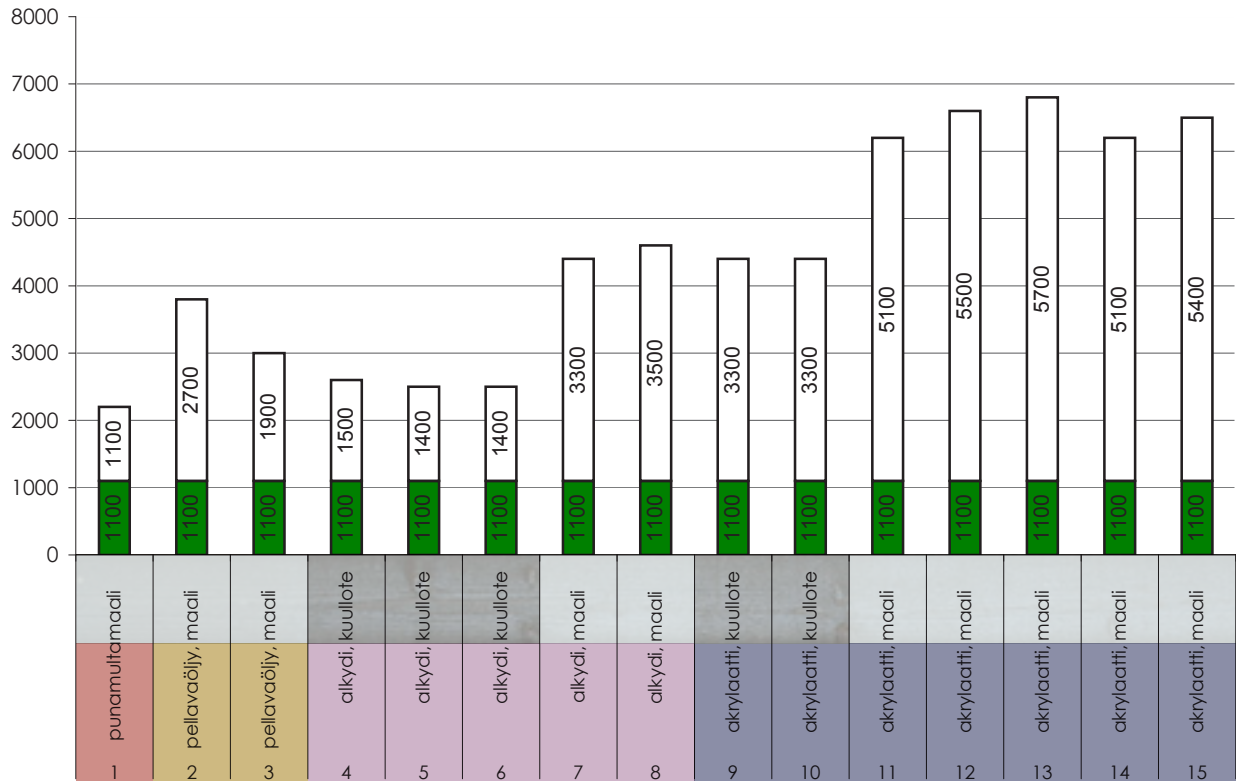
Kuva 32. Tarkasteltujen elinkaarisysteemien ympäristöprofiilit. Laskelmaan sisältyy puijen julkisivuverhouksen oma profiili 1100g CO₂/m². Laskelmassa ei ole otettu huomioon puuhun sitoutunutta "negatiivista" hiilidioksidia. Tehostevärit lisätty itse. (Laskelma: Häkkinen, Tarja et al., VTT)

Puisen ulkoverhouksen pintakäsittelysystemi															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
EUE *	45	85	75	160	52	61	100	90	95	100	140	140	130	120	120
UE **	400	800	800	400	400	400	790	790	390	390	780	780	780	780	780
CO ₂	2200	3800	3000	2600	2500	2500	4400	4600	4400	4400	6200	6600	6800	6200	6500
SO ₂	5,6	10	5,6	8,8	9,4	9,4	16	18	16	16	23	25	27	23	25
NO _x	30	62	60	32	31	31	60	61	38	38	67	69	70	67	68
Hirakk.	3,9	6,4	3,9	5,5	5,8	5,8	10	11	4,9	4,9	11	11	12	11	11
CH ₄	5,0	9,8	7,9	5,5	5,4	5,4	11	12	12	12	17	18	19	17	18
VOC	13	25	23	13	13	13	26	27	27	27	38	40	41	38	40
VOC maal.	0	52	52	2400	0	200	669	270	0	200	520	400	0	120	0
RM ***	0,0042	0,0093	0,0089	0,035	0,041	0,041	0,036	0,036	0,0055	0,0052	0,015	0,011	0,011	0,015	0,012
	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
COD	<0,01	0,090	0,089	1,6	1,9	1,9	1,4	1,4	2,3	2,3	1,9	2,0	2,0	1,9	2,0
P _{tot}	1,0	3,3	3,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N _{tot}	8,9	0,55	0,55	0,28	0,28	0,28	0,55	0,55	0,28	0,28	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
F _{tot}	0,29	0,19	0,19	0,097	0,097	0,097	0,19	0,19	0,097	0,097	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
SO ₄ ²⁻	0	40	0	0	0	0	61	77	0	0	75	81	97	75	81

* Uusiutamaton energia ** Uusiutuva energia

*** Raskasmetallit ilmaan **** Luvut eivät ole vertailukelpoisia, koska useiden osakomponenttien kohdalla puutteellisia tietoja.

VTT:n laskelman hiilidioksidipäästöt koostettu pylväsdiagrammiksi. Vihreällä pohjalla julkisivuverhouksen aiheuttamat päästöt (1100g CO₂/m²). Värikoodit havainnollistavat kunkin pintakäsittelysystemin sideainetta ja peittävyyttä. Suurimmat päästöt syntyvät akrylaattipohjaisten maalien käytöstä. Keittomaalien päästöt ovat pienimmät. Vierelle lisätty julkisivulautaan sitoutuneen hiilidioksidin määrä.



2-KERROKSIINEN RIVITALO LAAMANNINKADULLA PORVOOSSA.
(Kuva 14.10.2012 Markus Heinonen)

VAAKALAUDOITUSTEN VAIHTELEVAT RYTMIT.

5 ESIMERKKIKOhteiden Julkisivut tänään

Esimerkkikohteet on valittu tarkasteltaviksi siten, että ne olisivat puujulkisivuiltaan erityyppiset ja edustaisivat siten kattavasti aiheeseen liittyviä ratkaisutapoja ja käytäntöjä. Valokuviissa esiintyy tarkoituksellisesti sekä toimivia että huonommin toimivia ratkaisuja. Toimivat ratkaisut osoittavat puujulkisivujen kestävyys- ja huonommin toimivissa ratkaisuissa huomio keskittyy vaurioiden syntyyn ja niistä ammennettavaan oppiin: miten vauriot olisi voitu välttää? Kohteita kuvatessa huomasi, kuinka kamera kohdistuu helposti vauriokohtiin. Ajatus siirtyy siitä edelleen vaurion syihin.

Kohteet on esitelty aikajärjestyksessä valmistumisvuoden mukaan. Kuvissa esiintyvien julkisivujen suuntaukset on merkitty niiden yhteyteen kompassiruusuin.

Julkisivumateriaalit: 25mm:n paksuinen pystysuuntainen puolipontattu kuusilautaverhous (kiinnitysalusta julkisivulaudan paksuuteen nähden kaksinkertainen eli 50mm), sementtikuitulevy

Pintakäsittely: Pintakäsittely 4-kertainen, viimeistelymaalina 2-kertainen öljymaali

Kiinteistö Oy Viikinmansion pintakäsittelyt ovat alkuperäiset.

Lähde: Puu-lehti 3/1997 ja Mauri Mäki-Marttusen kanssa käyty puhelinkeskustelu 13.2.2013



5.1 KIINTEISTÖ OY VIKKINMANSIO, 1997

Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky

KUVA 12.10.2012 / MARKUS HEINONEN



Korttelin yleisilme on säilynyt siistinä. Riittävät räystäät ja ehkä jopa kerrosten väliset palokatkoulkkeet ovat suojanneet julkisivuja kosteusrasituksilta. Eteläsivujen tummansinisiksi maalatut parvekeseinät lämpenevät auringonpaisteella voimakkaasti ja ovat ehkä siitä johtuen kullertaviksi maalattuja sementtikuitulevypintoja enemmän.



12.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Näkymä pihakujalta.



12.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Kiinteistö Oy Viikinmansion rakennukset olivat valmistuessaan Suomen ensimmäisiin lukeutuvia puukerrostaloja ja niiden muodostamaa korttelikonaisuutta pidetään Suomen ensimmäisenä yhtenäisenä puukerrostalokokonaisuutena. Kiinteistö Oy Viikinmansiolle myönnettiin Puupalkinto 1998.¹

Rakennusten julkisivut ovat pääosin 25mm:n paksuista puolipontattua kuusilautaa. Ne on toimitettu tehtaalta valmiiksi maalattuina pienelementteinä. Pintakäsittely on 4-kertainen ja pintamaalaus on tehty 2-kertaisella öljymaalilla. Noin 10% julkisivupinnoista on verhottu sementtikuitulevyin. Välipohjien kohdilla on vaakasuuntaiset vanerirakenteiset ja peltipinnoitetut palokatkokoulokkeet.²

Palomääräykset ovat muuttuneet sitten Viikinmansion rakentamisen. Julkisivun ulkopuolisia palokatkoja toimivammaksi ratkaisuksi on todettu tuuletusraossa toteutettava kuristus vaakasuuntaisilla rei'itetyillä peltiprofileilla tai puurimoilla.

Lautaverhousen alkuperäiset maalipinnat ovat vielä 15 vuoden jälkeen hyvässä kunnossa. Ulkonäköön liittyvää häirtä esiintyy paikoin leväkasvuston muodossa. Niiden puhdistaminen olisi todennäköisesti melko vaivatonta.

1 Puu-lehti 3/1997 ja 4/1997

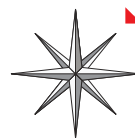
2 Karjalainen, s.109

Naulapyssy on painanut naulan liian syvälle muodostaen painanteen säleikön pintaan. Säleikön vaakasuorilta ylä- ja alapinnoilta vesi ei poistu nopeimmalla mahdollisella tavalla. Kalteva yläpinta ja tippanokaksi muotoiltu alapinta toimisivat paremmin. Säleikön pinnalle muodostuneen levä- ja jäkäläkasvuston poistoon riittäisi todennäköisesti pelkkä pesu. Asuinkerrostalon päätyjulkisivu.



12.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Julkisivun säleiköt, levypinnat ja palokatkot sulautuvat toisiinsa. Kuvan oikeassa laidassa syöksytörven kiemurtelu palokatkojen yli kuitenkin rikkoo harmioaa..



12.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Levypintoina käytetyt sementtikuitulevyt ovat säilyneet hyvin. Peltiprofiili sen sijaan kaipaisi pesua ja huoltomaalausta. Leväkasvuston viihtyminen ei ole riippuvainen alustan materiaalista.



12.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Parvekkeiden yksityiskohtia. Pystyrakenteet ovat liimapuuta (Puu-lehti 3/1997).



Sahattu lauta antaa hyvän tartunnan pintakäsittelyaineille, mutta se myös likaantuu helposti ja toimii kasvualustana. Levä- ja jäkäläkasvuston poistoon riittäisi todennäköisesti kuitenkin pelkkä pesu. Kiinteiden säleikkörakenteiden huolellinen huoltomaalaus on työlästä. Mikäli ne suunniteltaisiin irroitettaviksi elementeiksi, myös takaosan huoltomaalaus olisi helppoa. Asuinkerrostalon päätyjulkisivu.



12.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Verhouslautojen alapäätt joutuvat kovimmalle kosteusrasitukselle. Lautojen tippanokiksi työstetyt alapäätt ovat kuitenkin poistaneet veden hyvin, eikä vaurioita ole syntynyt. Alimmaisena naularivin riittävä etäisyys lautojen alapäästä takaa hyvän kiinnityksen ilman halkeilua. Suora naularivi antaisi vielä astetta huolitellumman vaikutelman.



12.10.2012 / MARKUS HEINONEN

5.2 GARDENIA - HELSINKI, 2001

Arkkitehtityöhuone Artto Palo Rossi Tikka Oy

Gardenia-Helsinki on esimerkki vanerin käytöstä julkisivumateriaalina. Se ei tosin ole tässä suhteessa kovin onnistunut kohde, sillä säärasitukset ovat saaneet aikaan pahoja vahinkoja, eikä niitä ole pystytty korjaamaan kunnolla. Vanerin käyttö koko julkisivupinnalla onkin kyseenalaista, mutta säältä suojatuissa paikoissa se on varteenotettava vaihtoehto.

Halusin ottaa kohteen mukaan työhöni, sillä siinä näkyy selvästi ilmansuuntien ja rakenteellisen suojauksen vaikutus julkisivun kestävyYTEEN. Eteläjulkisivut ovat kuluneet, kun taas pohjoispuoli näyttää lähes virheettömältä. Myös ulokkeiden ja katosten alla suojassa olleet pinnat ovat säilyneet hyvin. Kulkiessani Gardenian ohi tammikuussa 2013 huomasin, että kaikki julkisivupinnat oli jo vaihdettu laminaatteihin - saipahan rakennuskokonaisuus ainakin yhtenäisen ilmeen. Puukuvioidun laminaatin sijaan olisi tosin voinut valita jonkin materiaalille luontevamman tekstuurin.

Julkisivumateriaalit:
Pintakäsittely:

Wisa-Facade- koivuvaneri (vuoden 2012 loppuun asti), lämpökäsitelty rima
Vesiohenteinen alkydi/akryylipohjainen lakka (tehtaassa tehty pintakäsittely)

Liikerakennuksen pohjoisjulkisivun vaneripinnat ovat säilyneet lähes virheettöminä. Niihin kohdistuvat säärasitukset ovat vain murto-osa eteläpuoleen verrattuna.



12.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Etelä- ja länsipuolella vauriot ovat sen sijaan huomattavat. Nauhaikkunan alapuoliset vanerit on korvattu puuta jäljittelevillä laminaateilla. Lämpötilan muutoksista syntyneet ohuen viilupinnan mikrohalkeamat ovat päästäneet veden imeytymään vaneriin.



Katoksen alla olevan varaston julkisivu on säilynyt hyvin.



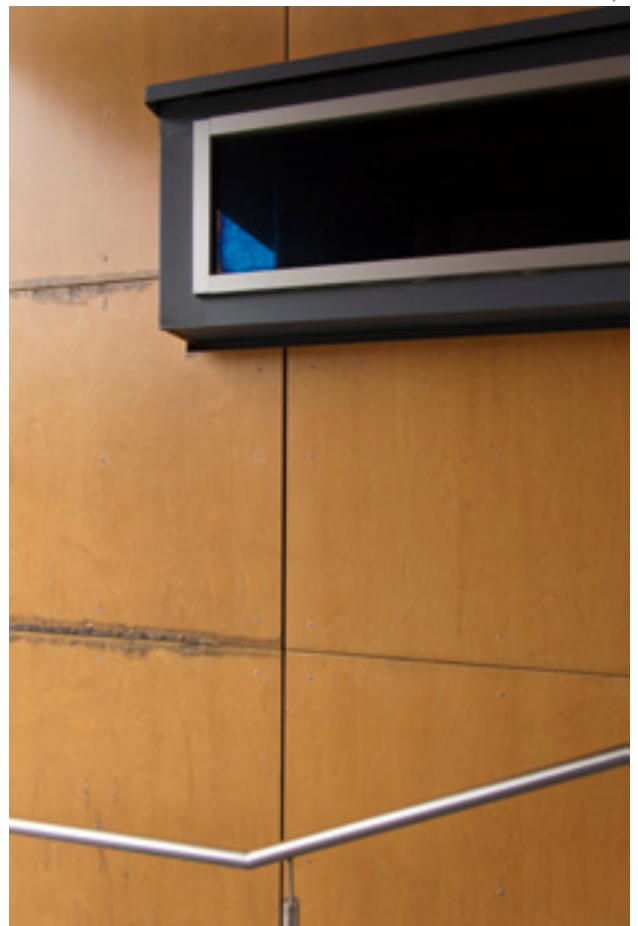
Päärakennuksen lämpökäsitellystä puusta valmistettu säleikköjulkisivu on myös hyvässä kunnossa.



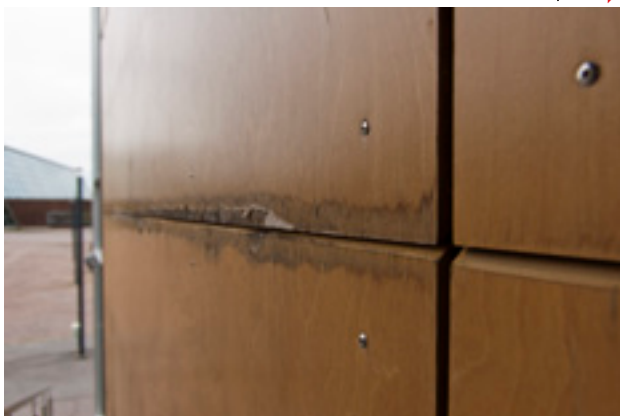
Liikerakennuksen eteläkärjessä vanereiden nurkkaliitos on kärsinyt kovasta säärasituksesta. Sadevesi on päässyt tunkeutumaan saumakohdista pintakäsittelyn alle. Vanerin reuna on erityisen herkkä kosteusrasitusten suhteen, eivätkä edes sen viistoaminen ja pintakäsittely ole riittäviä toimenpiteitä pitkäaikaiseksi ratkaisuksi.



Ulokeikkuna on suojannut sen alapuolista levysaumaa, eikä kosteusvauriota ole syntynyt.



Vaikka vanereiden saumat on työstetty tippanokiksi vesi on päässyt imeytymään lakkakerroksen alle. Peltiprofiili vaakasaumassa tai vanereiden limittäminen päällekkäin olisi saattanut toimia paremmin.



As Oy Porvoon Länsiranta ja Rantapuisto:

Julkisivumateriaalit: 34x192mm:n vaakasuuntainen puolipontattu kuusilautaverhous,
25x92mm:n vaakasuuntainen puolipontattu kuusilautaverhous, jossa ajettuna ura keskelle,
Vaneri

Pintakäsittely: Leveä lautaverhous ja rimoitukset:
Uula-Keittomaali (punainen, vihreä, keltainen)

Kapea lautaverhous:
Fintex Petroliöljymaali (harmaa)

Lähde: Mari Matomäen kanssa käyty sähköpostikeskustelu 7.11.2012

As Oy Porvoon Rantapuiston isännöitsijän mukaan kyseisen yhtiön julkisivut huoltomaalattiin kertaalleen vuoden 2012 kesällä ja pintalaudoitusta uusittiin osittain.

As Oy Porvoon Jokineito:

Pintakäsittely: Keittomaalit

As Oy Porvoon Jokineidon tarkkoja julkisivumateriaaleja tai pintakäsittelyjä ei tätä työtä varten selvitetty, keittomaalit mainittu Puu-lehdessä 4/2006





5.3 PORVOON LÄNSIRANTA, 2004 / 2005

AS OY PORVOON LÄNSIRANTA JA RANTAPUISTO, 2004
Arkkitehtitoimisto Hedman & Matomäki Oy

AS OY PORVOON JOKINEITO, 2005
Arkkitehtitoimisto Tuomo Siitonen Oy

Etualalla As Oy Porvoon Jokineito, takana Rantapuisto ja Länsiranta. Yhtenäinen ilme on saavutettu selkeällä asemakaavatason ohjauksella.



Valkoiseksi maalattu pinta on herkkä likaantumiselle, mutta parvekkeen taustaseinänä se on pysynyt moitteettomassa kunnossa. Huoltomaalaus on tavittaessa helppo tehdä ilman telineitä.
As Oy Porvoon Jokineito.



14.10.2012 / MARKUS HEINONEN



Porvoon Länsiranta muodostuu kolmesta asunto-osakeyhtiöstä, joiden suunnittelusta ovat vastanneet arkkitehtitoimistot Hedman&Matomäki ja Tuomo Siitonen. Alueen yleisilme on muodostunut yhtenäiseksi muun muassa asemakaavatason yksityiskohtaisen julkisivuohjeistuksen myötä.

Ote asemakaavan selostuksesta:

Julkisivut

Pääasiallisena julkisivumateriaalina käytetään puuta suorina hienosabattuina tai höylättyinä pintoina. Julkisivuissa tavoitellaan massiivipuuväikutelmää, joten verhouslautojen tulee olla pääosin vähintään 200 mm leveitä. Julkisivupinnat jäsennetään yhtenäisiksi ja säännöllisen kokoisiksi, vähintään kerroksen korkuisiksi pysty- tai vaakasuoriksi kentiksi. Umpiosissa voi ollavähäisiä aukotuksia, jolloin valoaukon pienempi mitta on enintään 40 cm. Rakennusten julkisivujen tulee olla keittomaalilla maalattua puuta. Värät valitaan erillisestä väriyysuunnitelmasta.

Parvekkeet ja terassit tehdään pääosin sisäänvedettyinä. Rakennusten massoittelussa pyritään selkeään perushahmoon, josta vähäiset ulkonevat osat toteutetaan ilmeeltään keryesti.



Rakennuksen julkisivu ja piha-aita on verhoiltu samalla paneelilla, mutta aidassa maali on jo kulunut pois oksien kohdalta. Syynä voi olla oksalakan puuttuminen tai erilainen käyttäytyminen kylmässä rakenteessa. **As Oy Porvoon Länsiranta.**



Verhouslautojen päät on suojattu limitetyillä rimoilla. Vanereiden pintakäsittely on alkanut kulua alareunasta ja nurkkaliitoksen avosaumasta. **As Oy Porvoon Jokineito.**



14.10.2012 / MARKUS HEINONEN

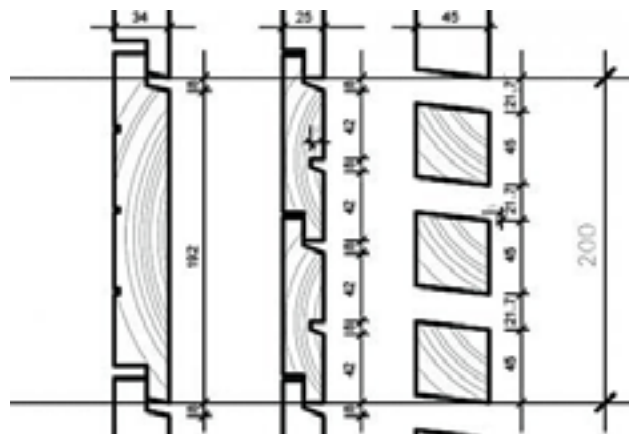


Autokatoksen seinä muodotaa korttelin sisäisen palorajan ja se on toteutettu ympäristöönsä sulautuvasta "limilauta"-betonista. **As Oy Porvoon Länsiranta.**



14.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Kuva 33. As Oy Porvoon Länsirannan ja Rantapuiston julkisivumateriaaleja.





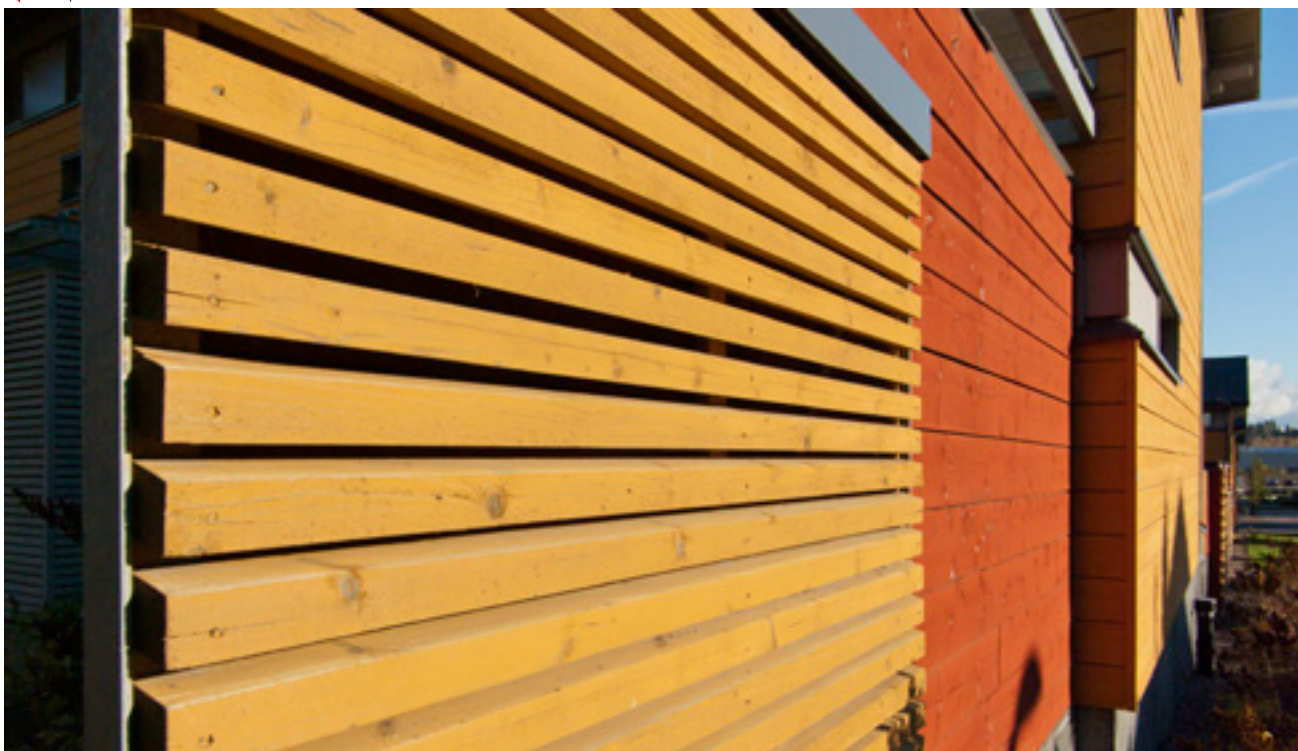
Lakatut vaneripinnat ovat herkkiä kosteusrasitukselle, mutta räystään suojissa ne ovat pysyneet hyvässä kunnossa. **As Oy Porvoon Rantapuisto.**



14.10.2012 / MARKUS HEINONEN



Säleikön rimat ovat poikkileikkaukseltaan vinoneliön muotoiset, minkä johdosta ne johtavat veden nopeasti pois. Teräsrakenteinen kehys ei suojaa rimojen päitä, mikä on osaltaan saattanut johtaa niiden halkeiluun. Naulojen riittävä etäisyys ($\geq 70\text{mm}$) rimojen päistä ja reikien esiporaus vähentäisivät myös osaltaan halkeilua. **As Oy Porvoon Länsiranta.**



14.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Julkisivumateriaalit: Vaakasuuntainen liimapuusta halkaistu kuusilankku (@Kuningaspaneeli) 42x312mm, vaneri, lämpökäsitelty rima

Pintakäsittely: Kuningaspaneelit ja liimapuuosat:
1 x pohjustus (Teknos puunsuoja-aine 353, kaikille sivuille)
1 x pohjustus (Teknos Aquarund 100, punertavan ruskea kaikille näkyville sivuille)
2 x lakkaus (Teknos Aquatop 2920-04 lakka, sävytetty 5 %, kaikille näkyville sivuille)

Lämpöpuurimat:
1 x pohjustus (Akvi Wood Primer sävy TVT 0049)
1 x lakkaus (Pinjalac Solid sävy TVT 0049, jota on ohennettu 6% Akvi ohenteella)

Lähde: Markku Dammertin kanssa käyty sähköpostikeskustelu 1.11.2012



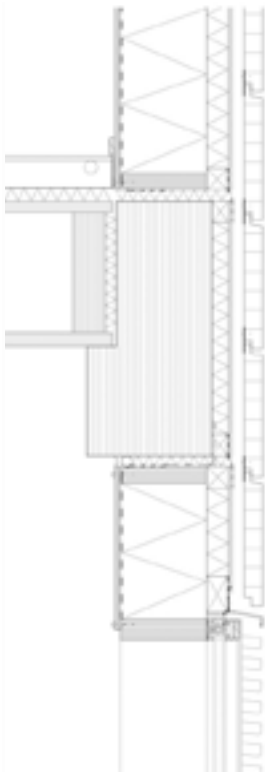
5.4 FMO TAPIOLA, 2005

Helin & Co Arkkitehdit



Toimistotalon julkisivuaiheita. Länsijulkisivun auringonsuojasäleiköt on koottu esivalmistetuista teräskehikoista ja lämpökäsitellyistä rimoista. Myös julkisivupanelointi on toteutettu esivalmistetuin ja tehtaalla pintakäsitellyin elementein. Näin ne on voitu toteuttaa piilokiinnityksellä, jolloin metallikiinnikkeet ovat pois näkyvistä ja säältä suojassa. Elementöinnin ansiosta huoltokäsitely voidaan tarvittaessa suorittaa maassa tai tehtaalla.

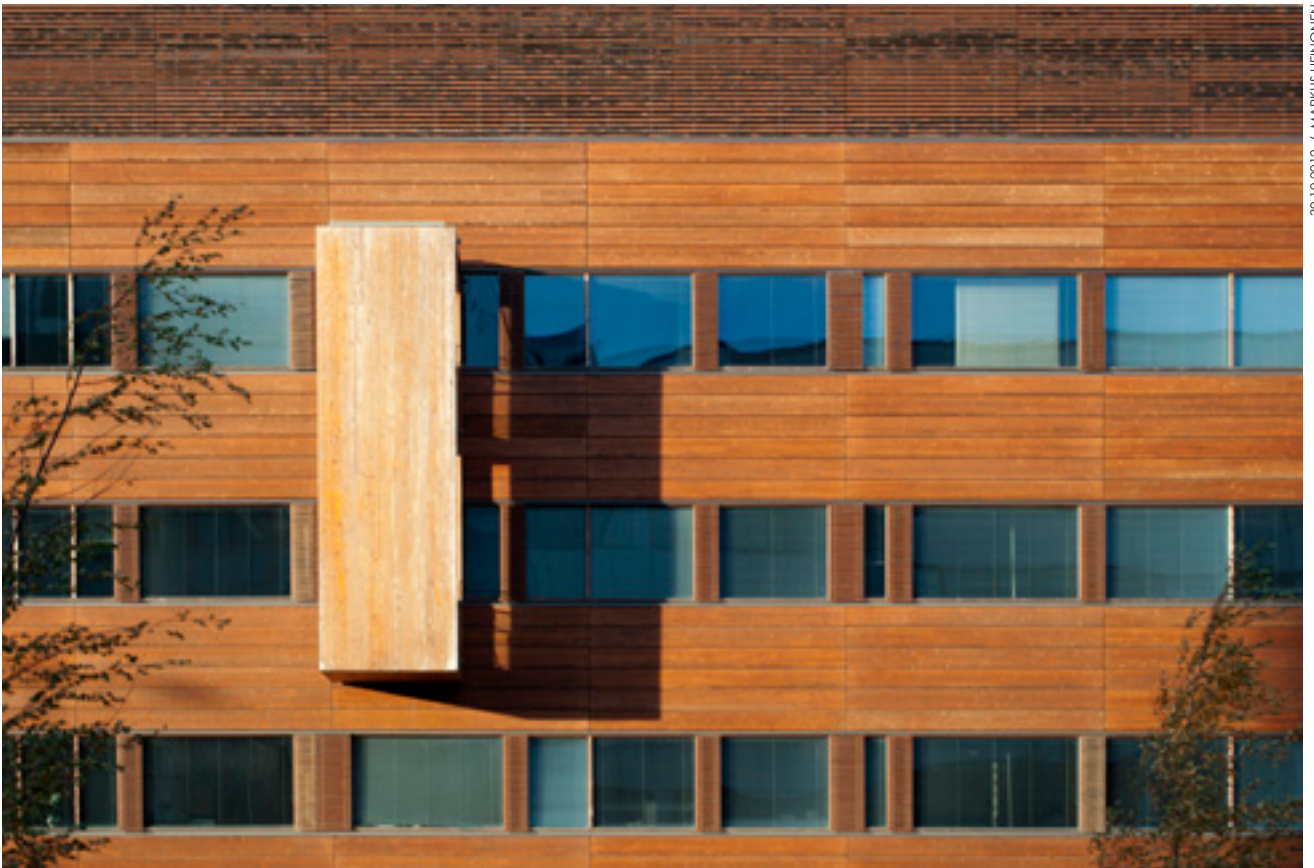


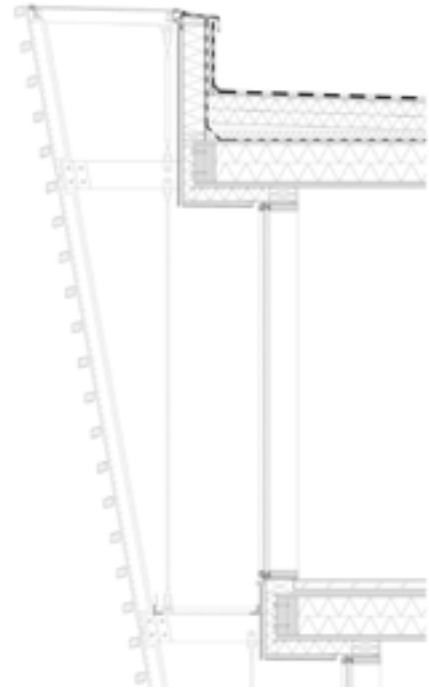


Kuva 34. Ulkoseinäleikkaus.

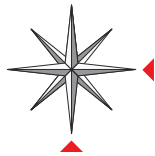


Itäjulkisivun materiaalipaletti. Liimapuu-ulokkeessa ja julkisivupaneloinnissa on sama pintakäsittely, mutta ne ovat ikääntyneet eri tavoin. Uloke joutuu toki kovemalle sääräsitukselle, mutta kulumiseen on voinut vaikuttaa myös se, että pintakäsittelyn tartunta on parempi hienosahatussa pinnassa kuin höylätyssä pinnassa. Yläreunan rimojen pinnat altistuvat kosteusrasitukselle kaikilta sivuiltaan, eikä pintakäsittely-yhdistelmä ole pysynyt niissä kunnolla kiinni. Säleiköt voidaan todennäköisesti irroittaa huoltokäsittelyä varten, mutta niiden putsaaminen ennen uusintakäsittelyä lienee melko työlästä.



Kuva 35. Kaarevan julkisivusäleikön leikkaus.

Eteläpään panelijulkisivun yläosaan kohdistuu yli pyyhkivien tuulien johdosta kova säärasitus. Räystäättömässä ratkaisussa tuulet kohdistavat sateen julkisivun yläosiin ja lisäksi aurinko pääsee paistamaan siihen esteettömästi.



Rakennuksen kaarevaa päätyosaa kannattelevan liimapuupilarin lakkakerrokset hilseilevät etelän ja lännen puolella. Höylätyssä pinnassa pintakäsittelyn tarttuvuus ei ole paras mahdollinen.

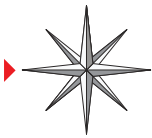


28.10.2012 / MARKUS HEINONEN

Saman pilarin pohjois- ja itäsivujen pintakäsittely on kuitenkin moitteettomassa kunnossa. Tämä puoli on paremmin ulokkeen suojassa, eikä auringon säteily tai sade ole päässyt sitä rasittamaan.



28.10.2012 / MARKUS HEINONEN



Länsijulkisivun auringonsuojasäleiköt ovat toimineet ulkoverhousa suojaavana. Julkisivupanelointi niiden takana on moitteettomassa kunnossa. Säleikköjen pintakäsittely on huoltokäsittelyn tarpeessa.



28.10.2012 / MARKUS HEINONEN

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Puujulkisivun pitkäaikaiskestävyyden kannalta oleellista on puutavaran laadun lisäksi kosteuden hallittu vaihtelu. Verhouslaudan kosteuspitoisuuden nopea vaihtelu voi aiheuttaa laudan halkeilua ja pintakäsittelykerroksen tartunnan heikentymistä. Pitkään korkeana pysyvä kosteuspitoisuus altistaa puuverhouksen biologisille rasituksille, kuten lahottaja- ja homesienille.

Suojaavien rakenteiden, kuten räystäiden, ulokkeiden, katosten, vaakasuuntaisten lippojen ja sokkeleiden käytöllä voidaan vaikuttaa julkisivulle päätyvän sadeveden määrää. Kerrostaloja suojaavien korkeiden puujulkisivujen täydellinen suojaaminen pelkästään julkisivupinnasta ulkonevin räystäin on usein kuitenkin käytännössä mahdotonta, sillä ne kasvaisivat liian suuriksi. Tällöin tulee kiinnittää erityistä huomiota julkisivun yksityiskohtien, kuten jatkosten, saumojen ja kiinnitysten toimintaan sekä harkita muita suojaavia rakenteita.

Julkisivulle kertyvät sadevedet tulisi ohjata mahdollisimman nopeasti pois julkisivupinnalta, jotta niiden vaikutus verhouksen kosteuspitoisuuteen jäisi vähäiseksi. Verhouslaudan alasärmä tai -pää tulee viistää tippanokaksi, jotta vesi poistuisi laudalta, eikä pääsisi imeytymään puuhun syitä pitkin. Myös mahdollisissa jatkoksissa päät tulee viistää vettä ulospäin johtaviksi ja taustapuolelle avoimesti tuulettuviksi. Pystyverhouksen jatkoksissa puskusaumoja tulee välttää, ettei vesi pääse imeytymään kapilaarisesti. Verhouksen alaosa tulee ulottaa riittävän korkealle maasta, ettei roiskevesi tai sulava lumi lisäisi kosteusrasitusta. Sopivana etäisyytenä pidetään 500mm:iä.

Julkisivuverhoukseen mahdollisesti imeytyvä kosteus pääsee haihtumaan pois tuuletusraon kautta. Liian nopea kuivuminen voi kuitenkin johtaa puun halkeiluun. Sopiva tuuletusrako saavutetaan kuristamalla se puisin vaakalistoin 10-16mm:n levyiseksi. Puujulkisivun paloturvallisuuden kannalta on tärkeintä estää palon eteneminen tuuletusraossa. Palokatkoina käytettäviin rei'itettyihin peltilistoihin tulisi suhtautua varauksella, sillä niiden pinnalle voi kondensoitua vettä. Vastaavien puulistojen käyttöä tulisi tutkia tarkemmin. Verhouslaudan kosteuspitoisuuden vaihtelua ja siitä aiheutuvaa käyritystä voidaan vähentää myös pintakäsittelyllä ja puun lämpökäsittelyllä.

Kuten esimerkkikohteetkin osoittavat, julkisivun suunnittelussa ilmansuuntien huomioiminen on tärkeää. Sekä viistosateen että auringon säteilyenergian määrät ovat keskiarvoihin perustuvien laskelmien mukaan

eteläsivulla noin kaksinkertaiset pohjoissivuun verrattuna. Todellisuudessa ero on vieläkin suurempi: VTT:n tutkimuksessa tunneittain mitatuista sade- ja tuuli-arvoista lasketut viistosademäärät olivat eteläsivulla 10-kertaiset pohjoissivuun verrattuna. Yksittäisellä julkisivulla suurin viistosaderasitus kohdistuu ylä- ja sivureunoihin. Yläreunaan kohdistuvaa saderasitusta voidaan vähentää pienelläkin räystäällä. Suunnitteluvaiheessa olevien puujulkisivujen tulevia viistosaderasituksia voitaisiin tutkia tietomallin simuloinnilla tai pienoismallin tuulitunnelikokeilla.

Verhouksen kiinnityksen peruseräteenä on sallia hallittu kosteuseläminen. Puun elämisestä johtuen kiinnityskohdat ovat herkkiä vaurioille. Liian syvälle uponnut naulan kanta rikkoo sekä pintakäsittelykerroksen että puun pinnan ja mahdollistaa kosteuden imeytymisen. Naulan tai ruuvin kannan tulisikin olla verhouksen pinnan tasolla. Mikäli käytetään naulapyssyä, tulisi sen voima säätää siten, että naulaus jää vajaaksi ja viimeistely tehdään vasaralla. Naulan etäisyys julkisivulaudan päästä tulee olla vähintään 70mm ja reunoilta vähintään 25mm, jotta välttyttäisiin laudan halkeilulta. Verhouslaudan kiinnitysalustan paksuus tulee olla kaksinkertainen laudan paksuuteen verrattuna, jotta saavutetaan riittävä naulan tai ruuvin tarttuvuus. Rakentamalla julkisivut elementteinä mahdollistetaan verhouksen irrottaminen huollon ajaksi sekä autojen kiinnitys taustapuolelta, jolloin verhouksen pintapuoli jää ehjäksi.

Pintakäsittelyn tehtävänä on suojata puuta kosteuselämiseltä (sideaine) ja auringon UV-säteilyltä (pigmenti). Julkisivun pintakäsittelyssä tulisi keskittyä koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin. Nykyinen maaliteollisuus painottaa muoveihin perustuvia maaleja ja lupaa niiden uusintamaalausväliksi korkeintaan 15 vuotta. Perinteisistä ja yksinkertaisista maaleista on kuitenkin vuosikymmenten kokemus, joiden aikana on kertynyt runsaasti käytännön kokemusta. Esimerkiksi perinteisillä öljy- ja petroliöljymaaleilla julkisivupinnat ovat pysyneet hyväkuntoisina jopa 30-50 vuotta. Näiden maalien käyttö on koko elinkaarta ajatellen sekä kustannustehokasta että ympäristöystävällistä. Sen sijaan muoveihin perustuvien maalien käyttöä tulisi välttää puisen julkisivun pintakäsittelyssä.

Puujulkisivun käyttäytymistä ohjaavat monet tekijät, eikä yksiselitteistä ohjetta varmuudella toimivaan ratkaisuun voi antaa. Viereisen sivun taulukkoon on kuitenkin koottu tämän tutkimuksen perusteella tärkeimmät kestävyyttä edistävät keinot. Hyvin säilyneitä puujulkisivuja yhdistää ainakin se, että ne on suunniteltu hyvin, toteutettu huolellisesti ja huollettu säännöllisesti.

KESTÄVÄN PUUJULKISIVUN AINEKSET:

- Verhouksen hallittu **kosteuseläminen**
 - laadukas puutavara
 - riittävän paksu verhouslaut, vähintään 28mm
 - täyspontatut verhouslaudat
 - tarvittaessa lämpökäsiteltyä puuta
 - kosteudelta suojaava pintakäsittely tehdään kertaalleen lautoina myös taustapuolelle
- Veden nopea **poistuminen** julkisivupinnalta
 - laudan pää tai alasärmä viistetty tippanokaksi ja vaakapinnat kallistettu vähintään 20°
 - puuverhouksen etäisyys maasta vähintään 500mm
 - jatkoskohtien päät pintakäsitelty ja tapauskohtaisesti suojattu lisäksi puu- tai peltiälistalla
 - puskusaumoja vältettävä, vettä ulospäin johtavat ja taustapuolelle avoimesti tuulettuvat liitokset suositeltavia
 - pystyverhouksessa laudan lustokuvio alaspäin
- **Ilmansuuntien** ja säärasitusten huomiointi suunnittelussa
 - eteläjulkisivu: vaalea UV-säteilyltä suojaava pintakäsittely, pystysuuntainen lautaverhous, tarvittaessa lämpökäsitelty puu
 - pohjoisjulkisivu: kuivuminen varmistettava; avoin ympäristö ja tumma pintakäsittely edesauttavat kuivumista
 - suurimmat viistosaderasitukset kohdistuvat eteläpuolelle ja yleisesti ottaen julkisivun ylä- ja sivureunoihin; vesi voi nousta jopa ylöspäin julkisivua pitkin
 - yläreunan viistosaderasitusta voidaan vähentää pienelläkin räyställä
- **Kiinnityksen** huomiointi suunnittelussa ja toteutuksessa
 - naulan tai ruuvien etäisyys laudan päästä vähintään 70mm
 - naulan kanta samassa pinnassa verhouslaudan kanssa, naulapyssyä käytettäessä naulattava vajaaksi ja viimeisteltävä vasaralla
 - kiinnitysalustan paksuus mielellään kaksinkertainen verhouslaudan paksuuteen nähden (kiinnittimen hyvä tarttuvuus)
 - julkisivun elementointi mahdollistaa irrottamisen huollon ajaksi sekä kiinnityksen taustapuolelta, jolloin pintapuoli jää ehjäksi
- **Pintakäsittelyn** tarkastelu koko elinkaaren ajalla
 - suositetaan pellavaöljypohjaisia maaleja muoveihin perustuvien maalien sijaan
 - öljymaalien huoltokäsittely on kustannustehokasta, sillä pohjatöiksi riittää usein pelkkä teräsharjaus
 - verhouslaudan särmät pyöristetty, jolloin pintakäsittelyn pysyvyys on parempi
 - huoltomaalaus tai pesu tehdään säännöllisesti

L Ä H T E E T

P A I N E T U T L Ä H T E E T J A V E R K K O J U L K A I S U T :

Ahola, Pirjo. **Auringonvalon vaikutus maaliin ja puualustaan**. Espoo 1986. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedotteita: 570.

Ahonen, Taisto. **Remontti; Maalaus- ja korjaustyöt**. Helsinki 1996. Rakennusalan Kustantajat.

Hietaniemi, Jukka et al. **Ontelotilojen paloturvallisuus : Ontelopalojen leviämisen katkaiseminen**. Espoo 2003. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedotteita: 2202.

Häkkinen, Tarja et al. **Pinkäsitellyn ulkoverhouslaudan ympäristövaikutukset käyttöiän aikana**. Espoo 1999. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Julkaisuja: 834.

Jylhä, Kirsti et al. **Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastomuutoksen vaikutuksista**. Helsinki 2011. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2011:6. (Ladattu 6.11.2012: http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=dbdff25e-e174-440a-a7b2-46ef9f54380b&groupId=30106)

Järvinen, Kalevi. **Puurakennusten ulkomaalaus**. Helsinki 2005. Rakennustieto Oy.

Kaila (1), Panu. **Talotohutori : rakentajan pikkujättiläinen**. 1999. WSOY.

Kaila (2), Panu. **Kevät toi maalarin : perinteinen ulkomaalaus**. 2000. Rakennusalan kustantajat RAK.

Kaila (3), Panu. **Kesällä töitä teki maalari : perinteinen ulkomaalaus tänään**. 2008. Multikustannus Oy.

Kaila (4), Panu. **Maalari maalasi taloa : Julkisivuväriytyksen historia**. 2009. Multikustannus Oy.

Kanko, Tapio. **Puujulkisivujen säärasitukset**. Espoo 1989. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tutkimuksia: 665.

Karjalainen (1), Markku et al. **Moderni puukaupunki : puu ja arkkitehtuuri - Puujulkisivujen paloturvallisuus**. Helsinki 2002. Rakennustieto Oy.

Karjalainen (2), Markku. **Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen etulinjassa**. Väitöskirja. Oulu 2002. Oulun yliopiston arkkitehtuurin osasto. (Ladattu 15.1.2013: <http://jultika.oulu.fi/Record/isbn951-42-6618-8>)

Lämpöpuuyhdistys ry. **ThermoWood- käsikirja**. (Ladattu 21.2.2013: <http://www.thermowood.fi/>)

Nuoronen, Mika. **Puu-ulkoerhouston kosteustekninen toiminta ja vaurioituminen**. Diplomityö. 1999. Teknillisen korkeakoulun rakennus- ja ympäristötekniikan osasto.

Pirinen, Pentti et al. **Tilastoja Suomen ilmastosta 1981 - 2010**. Helsinki 2012. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2012:1. (Ladattu 16.10.2012: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/35880/2012nro1.pdf?sequence=1>)

Puuinfo (1). **Paloräystäs**. Tekninen tiedote. 14.6.2012. (Ladattu 26.1.2013: <http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet/paloraystas>)

Puuinfo (2). **Pitkäikäinen puujulkisivu**. Tekninen tiedote. 3.4.2012. (Ladattu 26.1.2013: <http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet/pitkaikainen-puujulkisivu-0>)

Puuinfo (3). **Puujulkisivun palokatko**. Tekninen tiedote. 18.8.2011. (Ladattu 26.1.2013: <http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet/puujulkisivun-palokatko>)

RT 21-10908. **Lämpökäsittely puu**. 2007.

RT 22-10773. **Vaneri rakenteissa ja verhouksissa**. 2002.

RT 29-10572. **Puujulkisivujen uudis- ja huoltomaalaus**. 1995.

RT 82-10829. **Puujulkisivut**. 2004.

RT-Ympäristöselosteet. Pinnoittamaton koivuvaneri ja pinnoittamaton havuvaneri. (Ladattu 21.3.2013: <http://www.rts.fi/ymparistoseloste/voimassaolevatympselosteet.htm>)

Siikanen, Unto. **Puurakentaminen**. Helsinki 2008. Rakennustieto Oy.

Soikkeli, Anu. **Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys**. Oulu 1999. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto.

Straube, John. **Simplified Prediction of Driving Rain on Buildings: ASHRAE 160P and WUFI 4.0**. Verkkojulkaisussa Building Science Digest 148. 2010. (Ladattu 23.10.2012: http://www.buildingscience.com/documents/digests/bsd-148-wufi-simplified-driving-rain-prediction/files/BSD-148_Simplified_Prediction_Driving_Rain.pdf)

Säteilyturvakeskus. **Ultraviolettisäteily ja ihminen**. 2008. (Ladattu 10.2.2013: http://www.stuk.fi/sateilytietoa/ukk/ukk/uvsateily/aurinko/fi_FI/uv3/_files/83702030346616907/default/UV_ja_Ihminen_web.pdf)

TM Rakennusmaailma 6/2008. **Pitääkö perinnemaali pintansa?**

TM Rakennusmaailma 6/2011. **Perinteiset ulkoöljymaalit, jatkotesti**.

Valette, Gilles et al. **A virtual discrete rainfall simulator**. 2012. Artikkelijulkaisussa Environmental Modelling & Software, Volume 29, Issue 1. Sivut 54.

Vanhatalo, Leila. **Puujulkisivujen uusintamaalaus**. Espoo 1992. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Julkaisuja: 764.

Viitaniemi, Pertti & Jämsä, Salla. **Puun modifiointi lämpökäsittelyllä**. Espoo 1996. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Julkaisuja: 814.

Viljakainen (1), Mikko. **Puujulkisivu lähiökerrostalossa - Puu-ulkooverhouksen toteuttamisperiaatteet korjausrakentamisessa**. 2005. Wood Focus Oy. (Ladattu 18.12.2012: <http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet/puujulkisivu-lahiokerrostaloissa>)

Viljakainen (2), Mikko. **Puurakentaminen vahvasti hallitusohjelmassa**. 2011. Artikkelijulkaisussa Puuinfon verkkosivuilla (Ladattu 2.12.2012: <http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/puurakentaminen-vahvasti-hallitusohjelmassa-0>)

Virta, Jari (1). 2000. **Puu-ulkooverhousten suunnittelu-, rakentamis- ja pintakäsittelyohje**. Teknillisen korkeakoulun talonrakennustekniikan laboratorion julkaisuja: 104.

Virta, Jari (2). **Wooden cladding boards in cyclic moisture conditions : studies of cupping, moisture distribution and swelling stress**. Espoo 2006. Helsinki University of Technology. Laboratory of Structural Engineering and Building Physics. Publications 128.

H A A S T A T T E L U T J A S Ä H K Ö P O S T I K E S K U S T E L U T

Dammert, Markku (Metsä Wood). Sähköpostikeskustelu 1.11.2012. FMO Tapiolan pintakäsittelyt.

Matomäki, Mari (Arkkitehtitoimisto Hedman & Matomäki Oy). Sähköpostikeskustelu 7.11.2012. Porvoon Länsirannan ja Rantapuiston pintakäsittelyt.

Mäki-Marttunen, Mauri (Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky). Puhelinkeskustelu 13.2.2013. Viikinmansion pintakäsittelyt.

K U V A L Ä H T E E T

Kuva 1. <http://www.archdaily.com/27537/house-k-tham-videgard-hansson-arkitekter/> (Ladattu 22.10.2012)

Kuvat 2 ja 3. Puu-lehti 3/2012.

Kuva 4. http://www.trapriset.se/trapriset_2012_1/nominerade_2012/arkitekt hogskolan_vid_umea_universitet (Ladattu 9.2.2013)

Kuva 5. <http://www.white.se/projekt/28-umea-arkitekt hogskola> (Ladattu 9.2.2013)

Kuva 6. Siikanen, Unto. Puurakentaminen. Helsinki 2008. Rakennustieto Oy. Sivu 44.

Kuva 7 ja 8. Virta, Jari. Wooden cladding boards in cyclic moisture conditions : studies of cupping, moisture distribution and swelling stress. Espoo 2006. Helsinki University of Technology. Laboratory of Structural Engineering and Building Physics. Publications 128. Paper I.

Kuva 9. Soikkeli, Anu. Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys. Oulu 1999. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Sivu 104.

Kuva 10. RT 82-10829. Puujulkisivut. 2004.

Kuva 11. Karjalainen, Markku et al. Moderni puukaupunki : puu ja arkkitehtuuri - Puujulkisivujen paloturvallisuus. Helsinki 2002. Rakennustieto Oy.

Kuvat 12 ja 13. Hietaniemi, Jukka et al. Ontelotilojen paloturvallisuus : Ontelopalojen leviämisen katkaiseminen. Espoo 2003. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedotteita: 2202. Sivut 80 ja 93.

Kuva 14. Puuinfo (1). Paloräystä. Tekninen tiedote. 14.6.2012. Sivu 2.

Kuva 15. Biernat, Krzysztof et al. The Possibility of Future Biofuels Production Using Waste Carbon Dioxide and Solar Energy. 2013 (Ladattu 10.2.2013: <http://www.intechopen.com/books/biofuels-economy-environment-and-sustainability/the-possibility-of-future-biofuels-production-using-waste-carbon-dioxide-and-solar-energy>)

Kuva 16. Ahonen, Taisto. Remontti; Maalaus- ja korjaustyöt. Helsinki 1996. Rakennusalan Kustantajat.

Kuva 17. Jylhä, Kirsti et al. Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastomuutoksen vaikutuksista. Helsinki 2011. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2011:6. Sivu 86.

Kuva 18. Kanko, Tapio. Puujulkisivujen säärasitukset. Espoo 1989. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tutkimuksia: 665. Sivu 15.

Kuva 19. Valette, Gilles et al. A virtual discrete rainfall simulator. 2012. Artikkelijulkaisussa *Environmental Modelling & Software*, Volume 29, Issue 1. Sivu 54.

Kuva 20. Pirinen, Pentti et al. Tilastoja Suomen ilmastosta 1981 - 2010. Helsinki 2012. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2012:1. Sivut 26, 27 ja 61.

Kuva 21. Kaila, Panu. Talotohtori : rakentajan pikkujättiläinen. 1999. WSOY. Sivu 311.

Kuva 22. <http://www.archdaily.com/282370/astrup-fearnley-museet-renzo-piano-building-workshop/> ja <http://www.dezeen.com/2012/10/02/astrup-fearnley-museet-by-renzo-piano-building-workshop/> (Ladattu 15.12.2012)

Kuvat 23 ja 24. Straube, John. Simplified Prediction of Driving Rain on Buildings: ASHRAE 160P and WUFI 4.0. Sivu 6.

Kuva 25. Soikkeli, Anu. Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys. Oulu 1999. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Sivu 112.

Kuvat 26, 27 ja 28. Järvinen, Kalevi. Puurakennusten ulkomaalaus. Helsinki 2005. Rakennustieto Oy. Sivut 14, 25 ja 38.

Kuva 29. Metsä Wood SP- vaneri. Ladattu 29.1.2013: <http://www.metsawood.fi/tuotteet/vaneri/Pages/SP.aspx>

Kuva 30. Häkkinen, Tarja et al. Pinkäsitellyn ulkoverhouslaudan ympäristövaikutukset käyttöikänsä aikana. Espoo 1999. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Julkaisuja: 834. Sivu 37.

Kuva 31 ja 32. Häkkinen, Tarja et al. Pinkäsitellyn ulkoverhouslaudan ympäristövaikutukset käyttöikänsä aikana. Espoo 1999. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Julkaisuja: 834. Sivut 98 ja 100.

Kuva 33. Puu-lehti 3/2004

Kuvat 34 ja 35. Peter Verhen esitys Puusta päivässä 10.11.2005

II PUUKERROSTALOSUUNNITELMA TAMPEREEN ISOKUUSEEN

1 LÄHTÖKOHDAT

Tuleva Isokuusen kaupunginosa on osa Tampereen Vuoresta ja se sijaitsee noin 7 kilometrin päässä Tampereen keskustasta. Isokuusi tulee olemaan noin 4000 asukkaan kaupunginosa. Tavoitteena on luoda *"viihtyisä pikkukaupunkimainen alue luonnon helmassa."* Alueen läpi kulkee Vuoreksen puistokatu, joka toimii joukkoliikenteen pääväylänä ja mahdollisen raitiovaunun reitinä. Keskusta-alueen länsipuolella kulkee merkittävä viheryhteys Vuoreskeskuksen urheilupuiston ja Särkijärven välillä.

Alue koostuu vyöhykkeistä, joista keskimmäisenä sijaitsee tiivis puukerrostalojen muodostama keskusta-alue. Alueen ydin sijoittuu neljän keskimmäisen korttelin väliin, jossa sijaitsevat keskusaukio ja sen suuntaan avautuvat ensimmäisen kerroksen liike- ja työtilat sekä palvelut. Myös julkisen liikenteen pysäkki sijoittuu näiden kortteleiden väliin. Kehämäisen tien sisään jäävä puukerrostaloalue on rauhoitettu kevyelle liikenteelle ja alueen pysäköinti sijoittuu maanalaisiin pysäköintihalleihin. Kehätien ulkopuolella kaupunkirakenne vähitellen madaltuu rivitaloiksi ja väljenee pientaloiksi vaihtuen lopulta luonnontilaiseksi metsäksi.

Isokuusen yleissuunnitelma 1:8000. Suunnittelukortteli rajattu punaisella katkoviivalla.

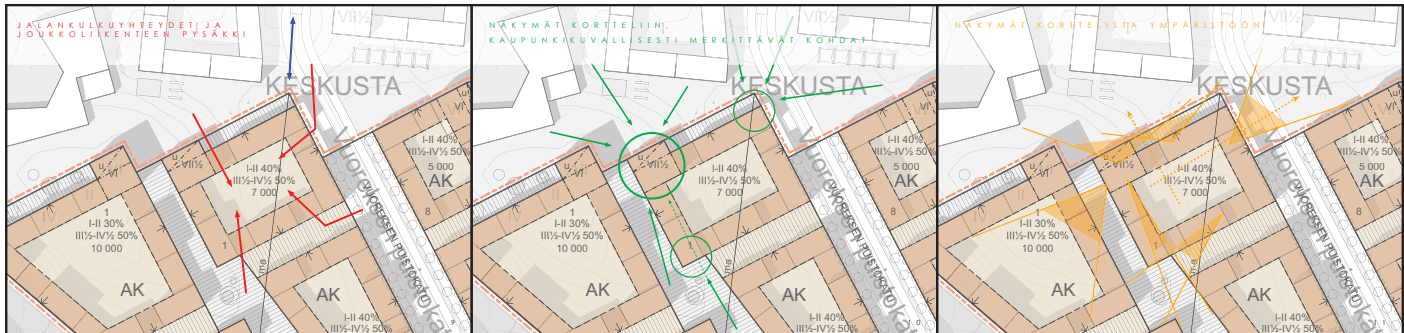
Kuva: Arkkitehtuuri toimisto B&M, Isokuusen puukerrostalokorttelien kumppanuushanke.



Aloituskortteleista korttelit 1-4 sekä 5-8 muodostavat omat kokonaisuutensa. Molemmilla kortteliryhmillä on oma maanalainen pysäköintihalli, joihin sisäänajo on kaavaluonnoksessa osoitettu niiden eteläreunalta. Maasto nousee pohjoista kohti, mikä tekee ratkaisusta

luonnollisen. Pysäköintihallit sijoittuvat korttelien väli-tilojen alle, jolloin itse korttelipihat jäävät maanvaraisiksi. Korttelipihojen suunnittelu ja toteutus viihtyisiksi ympäristöiksi on tällöin huomattavasti joustavampaa muun muassa kasvillisuuden kannalta.

Tonttianalyysi.



Isokuusen aloituskorttelit 1:4000. Suunnittelukortteli rajattu vihreällä katkoviivalla.

Kuva: Arkkitehtuuri- ja suunnittelutoimisto B&M, Isokuusen puukerrostalokorttelin kumppanuushanke.





"KIILAT"

PUUKERROSTALOKORTTELI TAMPEREEN ISOKUUSEEN

2 SUUNNITTELURATKAISUT

Kaupunkikuva ja liittyminen ympäristöön

Kaavaluonnos koostuu selkeistä umpikortteleista ja niiden väliin muodostuvista kevyen liikenteen aukio-tiloista. Ehdotus "Kiilat" korostaa umpikortteleiden nurkkia nostamalla niitä ylös ja siten vahvistaa kaupunkirakenteen hahmottamista.

Suunnittelukortteli on keskeisessä osassa muodostamassa Isokuusen joukkoliikennepysäkin ympärille syntyvää keskusaukiota. Se muodostaa aukiolle selkeän ja ryhdikkään rajan luoden samalla suojaiset puitteet korttelin sisäpihalle. Länsinurkan pistetalo nousee muun kaupunkirakenteen ylle ja muodostaa yhdessä viereisen korttelin pistetalon kanssa porttiaiheen kortteleiden väliin muodostuvalle kevyen liikenteen aukioalueelle. Tontin eteläreunan rakennukset ovat mittakaavaltaan pienempiä ja muodostavat siten miellyttävää kevyen liikenteen aukiotilaa kortteleiden väliin.

Korttelin massoittelu perustuu suuntaukseen edullisiin ilmansuuntiin ja tonttia ympäröiviin toimintoihin. Rakennusten katot kallistuvat järjestelmällisesti sisäpihalle päin, millä varmistetaan auringonvalon maksimaalinen kertyminen sisäpihalle ja sinne avautuviin asuntoihin. Ratkaisu mahdollistaa lisäksi hulevesien keräämisen ja käsittelyn korttelikohtaisesti sisäpihalla sekä pohjoisreunan korkeiden rakennusten kattopintojen käytön aurinkoenergian aktiivisessa keräämisessä. Kaupunkikuvallisesti kattojen kallistuminen sisäpihalle päin korostaa korttelin ulkoreunojen urbaania ilmettä ja luo sisäpihalle pienempimittakaavaista ympäristöä.

Pysäköinti ja liikenne

Alueen liikenneratkaisut tukevat joukkoliikennettä ja pyöräilyä. Pysäköintiratkaisu perustuu yleissuunnitelman periaatetarkastelun vaihtoehtoon A1, kuitenkin niin, että pysäköintinormia on tarkennettu vastaamaan korttelin asuntokantaa. Pysäköintiworkshopissa esitettyjen Tampereella tutkitusti käytössä olevien pysäköintipaikkamäärien perusteella korttelin todellinen tarve olisi noin 40 autopaikkaa 70 autopaikan sijaan. Tarkempi autopaikkalaskelma on esitetty huoneistojakauman yhteydessä. Autopaikkojen supistaminen on kompensoitu lisäämällä pyöräpaikkojen määrää yli vaadittavan normin, sekä hyödyntämällä kattavaa joukkoliikenteen verkostoa.

Sisäpiha

Sisäpihalle johtaa kaksi kutsuvaa kiilamaista reittiä. Vaiheittainen siirtyminen urbaanista katutilasta vehreälle sisäpihalle näkyy myös maan pintamateriaalien muutoksena. Näiden avointen sisään tulosten kautta hoidetaan myös pelastusajoneuvoliikenne sekä erityisesti etelänpuoleisen kujanteen kautta liiketilöiden huoltoliikenne. Lisäksi kaikki porrashuoneet sekä polkupyörävarastot ovat esteettömiä ja läpikuljettavissa ja siten tiiviisti yhteydessä sisäpihan toimintoihin.

Läpikuljettavat polkupyörävarastot toimivat sisäpihaa rajaavina osina ja mahdollistavat pyörien laadukkaan ja turvallisen säilytyksen ympäri vuoden. Puolilämpö-



Asemapiirros, 1:1000

missä ja kuivissa tiloissa polkupyörät pysyvät hyvässä kunnossa lämmitysenergiakustannusten kuitenkin pysyessä maltillisina. Hyvät säilytys- ja huoltotilat tukevat polkupyöräliikenteen edistämistä ja houkuttelevat asukkaita jättämään autonsa kotiin.

Sisäpiha jakautuu kahteen osaan korkeuskäyrien suuntaisesti sijoitetun piharakennuksen molemmiin puolin. Rakennuksen toisessa päässä toimii etelännurkan pienkerrostalojen yhteissauna. Toisessa päässä voisi olla koko korttelin asukkaiden yhteinen pieni asukastila sekä jätteidenkeruupiste. Piharakennuksen länsipuolelle jäävä kivetty aukiotila on luonteeltaan urbaanimpi ja se toimii jalankulun solmukohtana ollessaan pistetalon yhteistilojen sekä autohallin sisäänkäynnin välittömässä läheisyydessä. Aukio soveltuu myös vanhempien lasten leikkeihin, kuten esimerkiksi katukoriksen ja sählyn pelaamiseen. Piharakennuksen itäpuolinen alue on luonteeltaan vehreämpi ja se toimii suojaisana oleskelupihana. Alueelle voi sijoittaa leikkivälineitä ja pienviljelyä.

Hulevedet imeytetään mahdollisimman pitkälti kort-

telin sisällä. Sisäpihan maanpinta laskee lännestä itään tultaessa yhteensä noin 2,5 metriä. Siten hulevedet valuvat luontaisesti sisäpihan itäosaan, johon sijoittuu kasvein ja kivin maisemoitu hulevesiallas. Lisäksi polkupyörävarastojen viherkatot toimivat sadeveden imeytyspintoina.

Yhteistilat

Yhteistilat on sijoitettu siten, että ne palvelisivat korttelin asukkaita mahdollisimman hyvin. Koko korttelin asukkaita palvelevat yhteistilat on sijoitettu pistetalon kellar- ja maantasokerroksiin. Näihin tiloihin kuuluvat pesula kuivaushuoneineen, pyörähuolto, askartelu- ja harrastustilat sekä koko korttelin yhteinen väestönsuoja. Yhteys pysäköintihalliin on ratkaistu luontevasti pistetalon kellarikerroksen kautta.

Pistetalon sekä keskusta-aukioon ja Vuoreksen puistokatuun rajoittuvien rakennusten talosaunat sijaitsevat kattokerroksissa. Korttelin eteläreunan pienkerrostalojen yhteissauna sijaitsee piharakennuksessa.

Ilmakuva etelästä





Asunnot

Korttelin asunnot ovat pääosin yksiöitä ja kaksioita. Suurempia asuntoja on sijoitettu rakennusmassojen päätyihin ja korotettuihin nurkkiin. Lapekattojen alle jäävät tilat hyödynnetään teknisinä tiloina tai asuntoihin liittyvinä parvina. Pienimmätkin asunnot pyritään avaamaan kahteen suuntaan, jolloin niiden viihtyisyys lisääntyy ja läpivietotuuletus mahdollistuu. Suurimassa osassa asuntoja ei ole huoneistosaunoja, vaan ne on korvattu laadukkailla talosaunoilla. Suurimmissa asunnoissa on mahdollisuus rakentaa vaihtoehtoisesti joko vaatehuone tai huoneistosauna. Huoneistoissa kevyt väliseinät on toteutettu kertotolpparunkoisina vaneriseinäinä, joiden koivuviilupinnat toimivat asuntojen tehosteseinäinä. Palomääräysten johdosta kaikki kantavien rakenteiden puupinnat joudutaan verhoilemaan kipsilevyillä.

Sisäänkäynnit on merkattu punamultamaalein käsitellyllä julkisivuverhouksella ja punaisilla portailla sekä luiskilla.

Rakenteet

Ulkoseinät ovat pääosin puurakenteisia. Tähän tekevät poikkeuksen koillis- ja luoteisreunan rakennusten maantasokerrokset joihin on sijoitettu liiketiloja sekä varastotiloja. Liiketilojen suuremmasta palokuormasta johtuen ensimmäisen kerroksen rakenteet on luontevaa tehdä betonirakenteisina. Puurunkoiset seinäelementit voidaan teollisesti esivalmistaa ja tuoda työmaalle asennettaviksi. 28mm:n vahvuiset teollisesti käsitellyt julkisivuverhouslautelementit muodostavat pitkäikäisen suojan seinärakenteille. Elementoinnin ansiosta ne on tarvittaessa helppo irrottaa huoltoa varten. Laudoituksen tuuletusraossa on kerroskohtainen puurimasta tehty palokatko. Kantavat väliseinät toteutetaan puurunkoisina. Huoneistojen välisten seinien runkotolpat limitetään, jolloin saavutetaan hyvä ääneneristys.

Kantavat väliseinät kipsilevytetään palosuojauksen takia, mutta kevyissä väliseinissä puuverhousten käyttö sisustuselementteinä on mahdollista. Tarkat rakennetyypit luetellaan hiilijalanjälkilaskennan yhteydessä liitteessä 1.

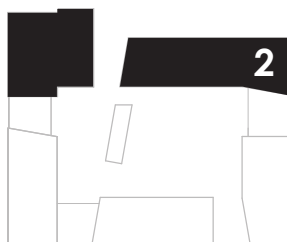
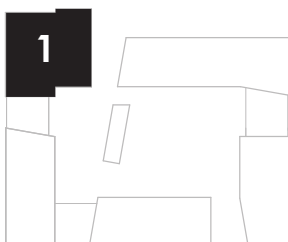
Hissikuilujen jäykistävät seinärakenteet koostuvat 120mm:n betonikuoresta ja huoneistojen puolelle tulevasta puurungosta, johon välipohjat kiinnittyvät. Betonikuori toimii porraskäytävästä kantautuvien askeläänten eristeenä sekä rungon työnaikaisena jäykisteenä. Korttelin eteläreunan 2-kerroksissa pienkerrostaloissa voidaan soveltaa lievempiä palomääräyksiä ja käyttää puukuitueristeitä seinissä sekä ala-, väli- ja yläpohjissa pienemmän hiilijalanjäljen ja kosteusvaihteluita tasaavan rakenteen saavuttamiseksi.

Märkätilat on pääasiallisesti sijoitettu rakennusten keskivyöhykkeelle, jolloin asuinhuoneille saadaan mahdollisimman paljon luonnon valoa ja LVI-vaakavedot jäävät lyhyiksi. Rakennusten keskivyöhykkeellä jännevälien ollessa lyhyet, välipohjana käytetään CLT-levyjä joiden päällä on betonivalu. Ratkaisulla saadaan luontevasti riittävät kallistukset märkätiloihin esteettömyysvaatimukset huomioiden. Rakenne mahdollistaa myös vaakavetojen vapaan kulun märkätilojen läheisyydessä. Putket peittävä alakatto liittyy saumattomasti pidemmillä jänneväleillä toimivien ripalattojen alapintaan jolloin huoneistoihin syntyy yhtenäinen alakattopinta.

Julkisivut

Julkisivut on suunniteltu teoriaosan mukaisten havaintojen ja oppien perusteella. Ilmansuuntiin sopeudutaan käyttämällä kaakkoon ja lounaaseen suuntautuvilla julkisivuilla mahdollisimman kestäviä ratkaisuja. Julkisivulaudat ovat näillä suunnilla 28mm:n vahvuista lämpökäsiteltyä kuusta. Pintakäsittelyssä painotetaan vaaleita sävyjä. Eri ilmansuuntien vaihteleviin säära-situksiin sopeutumalla julkisivun tuleva huoltotarve jakautuu tasaisemmin kaikkiin korttelin julkisivupintoihin.

Vaiheittainen rakentaminen



Pinta-alat

Kerrosalat

	Asunnot	Yhteistilat	Yhteistilat (5% kem2:sta)	Liike- /työtila	
1.krs	324	869	44	487	1724
2.krs	1404	315	76		1795
3.krs	1342				1342
4.krs	799		117		916
5.krs	542				542
6.krs	328				328
7.krs	328				328
8.krs	328				328
9.krs	112		40		152
	5507	1184	277	487	7455

Huoneistoalat

Huoneistojakauma

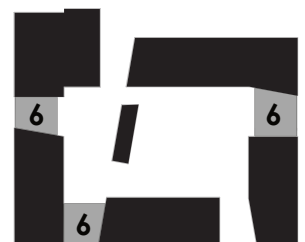
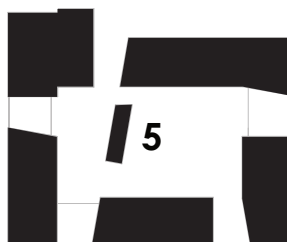
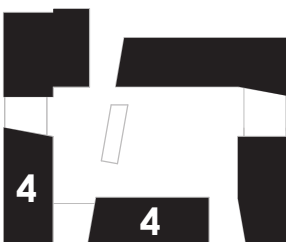
	Keskipinta-ala	Huoneistoala	Käytössä olevat autopaikat / Tampere (pysäköintiworkshop)	Oletus ap-normi: 1ap/100kem2	Asukkaita keskimäärin
1H+K	7 kpl	29,9	0,25	1,75	1 7
1H+ALK+K	21 kpl	40,0	0,40	8,4	1,5 31,5
2H+K	25 kpl	55,2	0,50	12,5	2 50
3H+K	16 kpl	73,3	0,70	11,2	3 48
3-4H+K	4 kpl	88,5	0,90	3,6	3,5 14
4H+K	2 kpl	110,5	1,00	2	4 8
	75 kpl	55,7	4177	39,45	74,55 158,5

Yhteistilat

Harrastus-/askartelu-/huolto-/yhteistilat	173,5
Irtaimistovarastot	366,0
Kiinteistövarastot	20,5
Korttelipesula	34,5
Kuivaushuoneet	30,0
Tekniset tilat	110,0
LVV	66,0
Polkupyörävarastot	383,0
Talosaunat	86,5
	1270,0

Porrashuoneet ja hissit 780,0

Liike- / työtilat 441,5



Sisäänkäyntejä korostavissa ulkopinnoissa käytetään 28mm:n vahvuista täyspontattua ja hienosahattua kuusilautaa, joka maalataan punamultamaalilla. Sisäänkäyntien kohdilla julkisivupinnat koetaan lähietäisyydeltä, jolloin puun lämpöä ja tekstuuria korostava sekä kauniisti vanheneva pintakäsittely luo mukavan ”kotiinsaapumiskokemuksen”. Punamultakäsittelyn kestävyys on varmistettu sijoittamalla etelänpuoleiset sisäänkäynnit syvennyksiin. Pohjoisjulkisivuilla sisäänkäyntejä korostavia pintoja ei ole suojattu rakenteellisesti, mutta niihin kohdistuva säärasituskin on oleellisesti pienempi.

Vaaka- ja pystylaudoituksia on käytetty vaihtelevasti siten, että pystylaudoitusta painotetaan pinnoilla, joihin kohdistuu kovin säärasitus.

Tekniset ratkaisut ja e-luku

Kortteli liitetään kaukolämpöverkkoon ja varustetaan koneellisella ilmanvaihdolla ja lämmöntalteenotolla. Kesäaikainen jäähdytystarve on minimoitu varjostamalla ikkunoita parvekelaatoilla ja säleiköillä. Talvella aurinkoenergiaa hyödynnetään passiivisesti etelään ja länteen suunnattujen suurten ikkunoiden kautta. Luonnonmukainen jäähdytys pyritään järjestämään avaamalla asunnot vähintään kahteen suuntaan ja mahdollistamalla siten läpivetotuuletus. Pohjoisreunan rakennusten katolle on mahdollista sijoittaa aurinkokennäkkeitä tai -paneeleja.

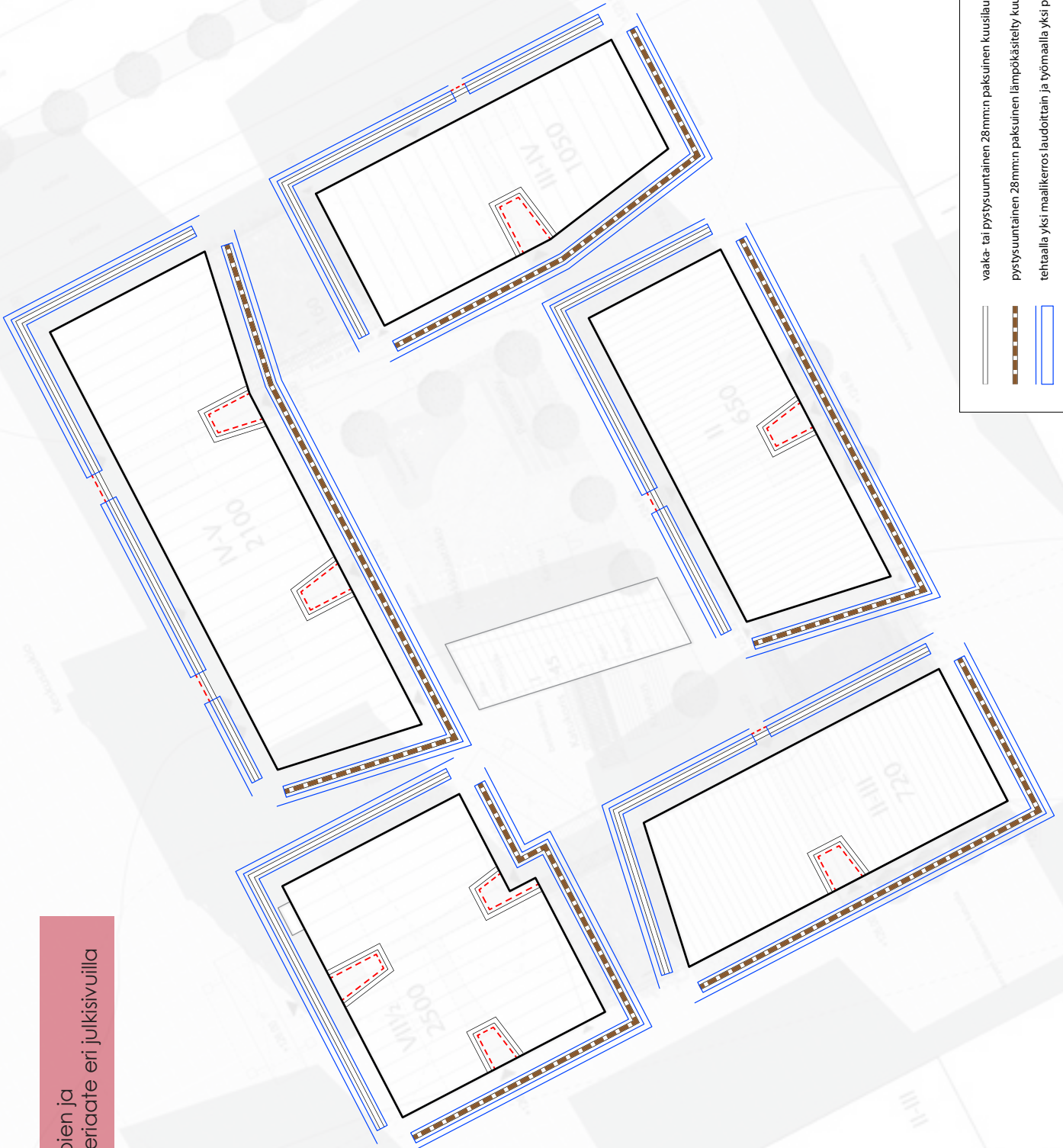
Hiilijalanjälki

Korttelin hiilijalanjälkipäästöt ovat Syken Synergia-laskurilla laskettuna 798 tonnia CO₂-ekv ja varasto 1047 tonnia CO₂-ekv. Yhteenlaskettuna hiilidioksiditaso jää negatiiviseksi: -249 tonnia CO₂-ekv. Yksityiskohtaiset laskelmat ja käytetyt rakennetyypit liitteessä 1.

Näkymä korttelin pohjoisnurkalta



Verhouslautatyypien ja
pintakäsittelyjen periaate eri julkisivuilla

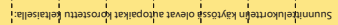


vaaka- tai pystysuuntainen 28mm:n paksuinen kuusilautaverho

pystysuuntainen 28mm:n paksuinen lämpökäsitelty kuusilautaverho

tehtaalla yksi maalikeros laudoittain ja työmaalla yksi pintamaalauskerros petrolidijymämaalin

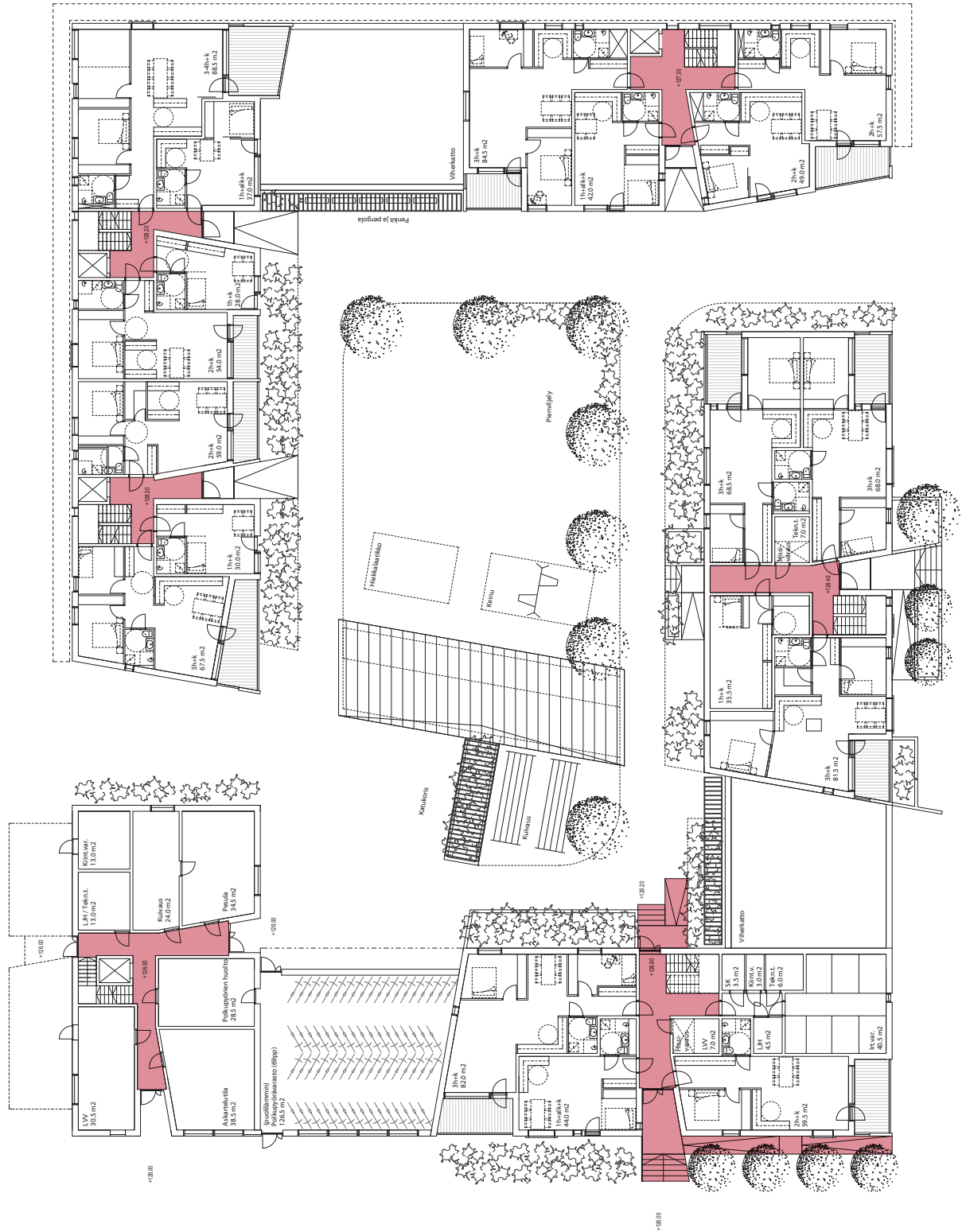
työmaalla yksi punamultamaalikeros



3 invapaikkaa

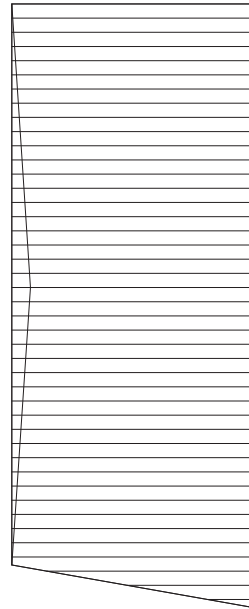
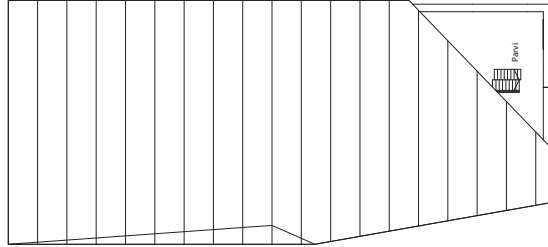
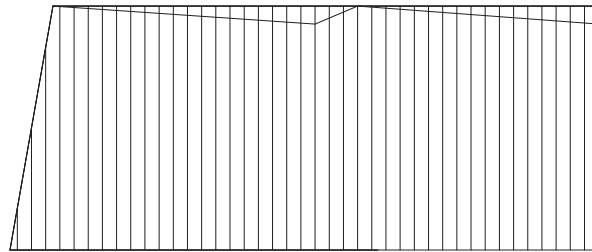
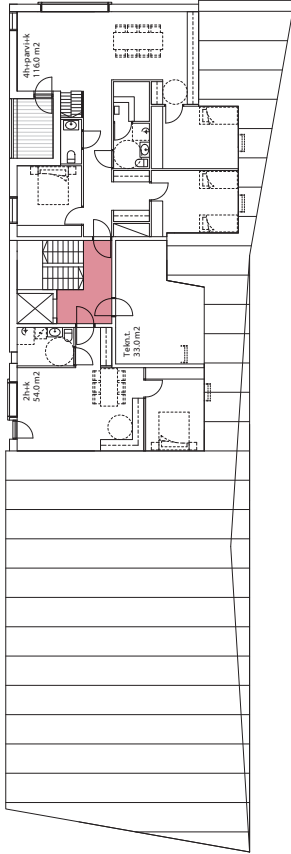
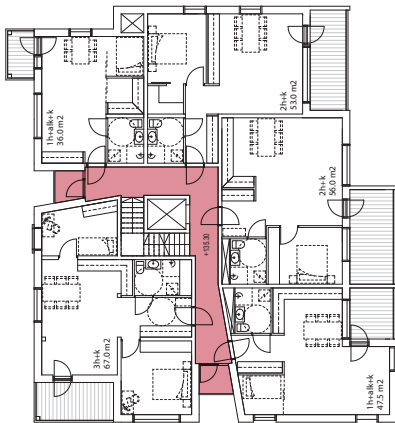
1:400

2.krs - 1:400



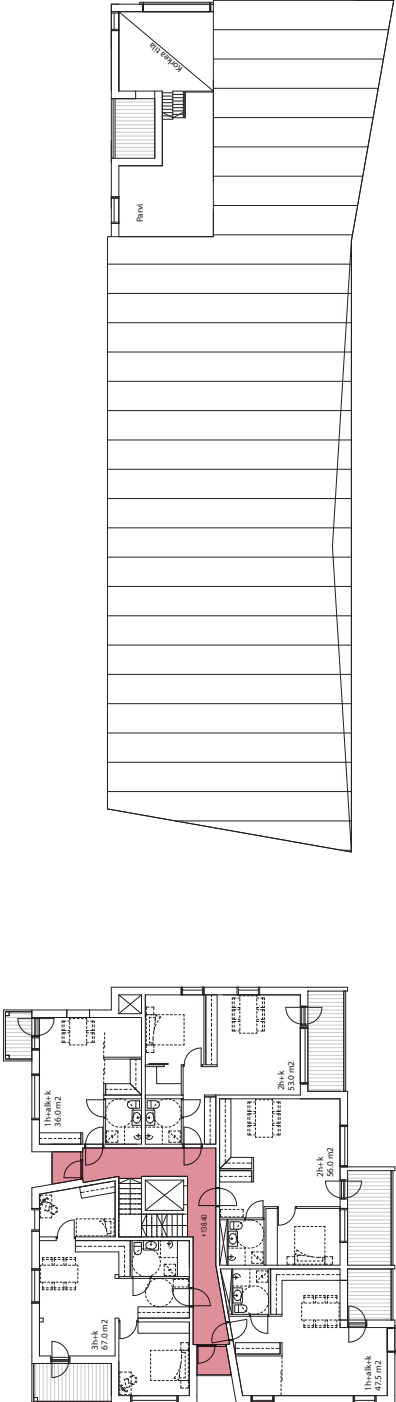


Pistetalo 5.-8.krs

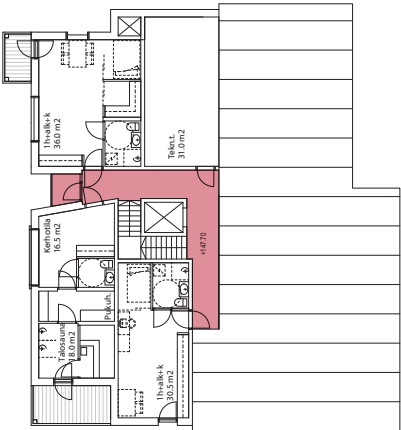


6.krs - 1:400

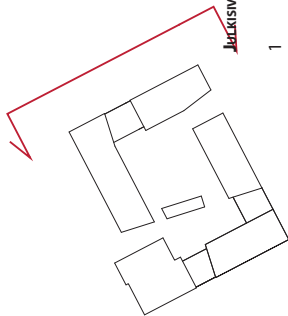
Pistetalo 5.-8.krs



9.krs - 1:400



Julkisivu koilliseen - 1:300

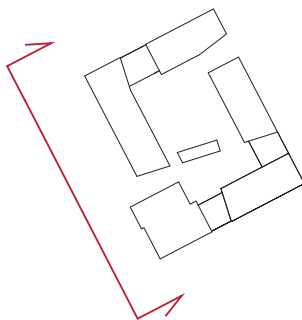
**JULKISIVUMATERIAALIT**

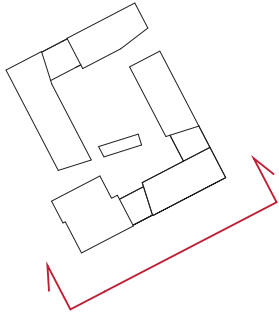
- 1 Kirkas lasi
- 2 Pystysuuntainen 28x175mm täyspöntattu uts-kuusilautaverhoitus, pintakäsittely petroöljymaali (sävy lämmin harmaa)
- 3 Vaakasuuntainen 28x155mm täyspöntattu utw-kuusilautaverhoitus, pintakäsittely petroöljymaali (sävy lämmin harmaa)
- 4 Vaakasuuntainen 28x155mm täyspöntattu utw-kuusilautaverhoitus, pintakäsittely petroöljymaali (sävy valkoinen)
- 5 Pystysuuntainen 28x70...155mm täyspöntattu uts-kuusilautaverhoitus, pintakäsittely punamultamaali
- 6 Lapijärjätty vaakaraudoitettu betoni, musta

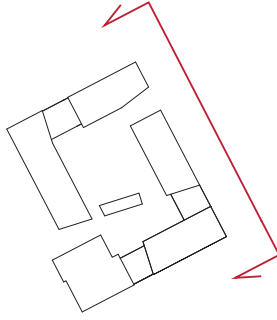
HUOMI KÄÄNÖN JA LOUNNAN PUOLEISILLA JULKISIVUILLA KAIKKI LAUTAVEROHUKSET LÄMPÖKÄSITELTY, POISLUKIEN PUNAMULTAMAALILLA KÄSITELTÄVÄT LAUDAT.



Julkisivu luoteeseen - 1:300





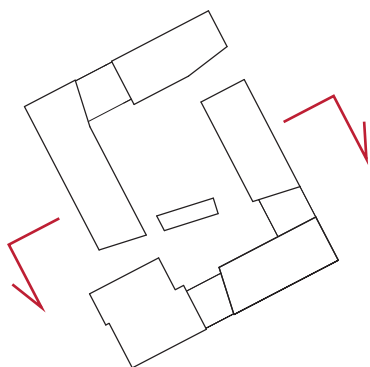


JULKISIVUMATERIAALIT

- 1 KIRKAS LASI
- 2 PYSTYSUUNTAINEN 28x175mm TÄSPONTATTU UTS-KUUSILAUTAVERHOUS, PINTAKÄSITTELY PETROLIÖLYMAALI (SÄVY LÄMMIN HARMAA)
- 3 VAAKASUUNTAINEN 28x155mm TÄSPONTATTU UTW-KUUSILAUTAVERHOUS, PINTAKÄSITTELY PETROLIÖLYMAALI (SÄVY LÄMMIN HARMAA)
- 4 VAAKASUUNTAINEN 28x155mm TÄSPONTATTU UTW-KUUSILAUTAVERHOUS, PINTAKÄSITTELY PETROLIÖLYMAALI (SÄVY VALKOINEN)
- 5 PYSTYSUUNTAINEN 28x70...155mm TÄSPONTATTU UTS-KUUSILAUTAVERHOUS, PINTAKÄSITTELY PUNAMULTAMAALI
- 6 LAPIVÄRJÄTTY VAAKARANDOTETTU BETONI, MUSTA

HUOMI! KAAKON JA LOUNAAN PUOLEISILLA JULKISIVUILLA KAIKKI LAUTAVERHOUKSET LÄMPÖKÄSITELTY, POSLUKIEN PUNAMULTAMAAILLA KÄSITELTÄVÄT LAUDAT.





Kesäkurinko 60°

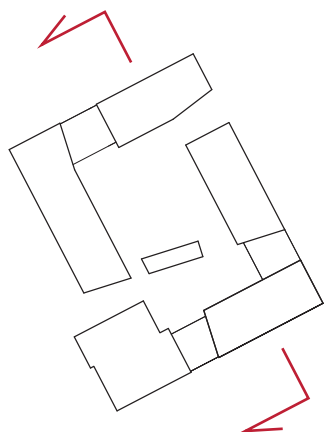
Talvikurinko 6°

Päivä

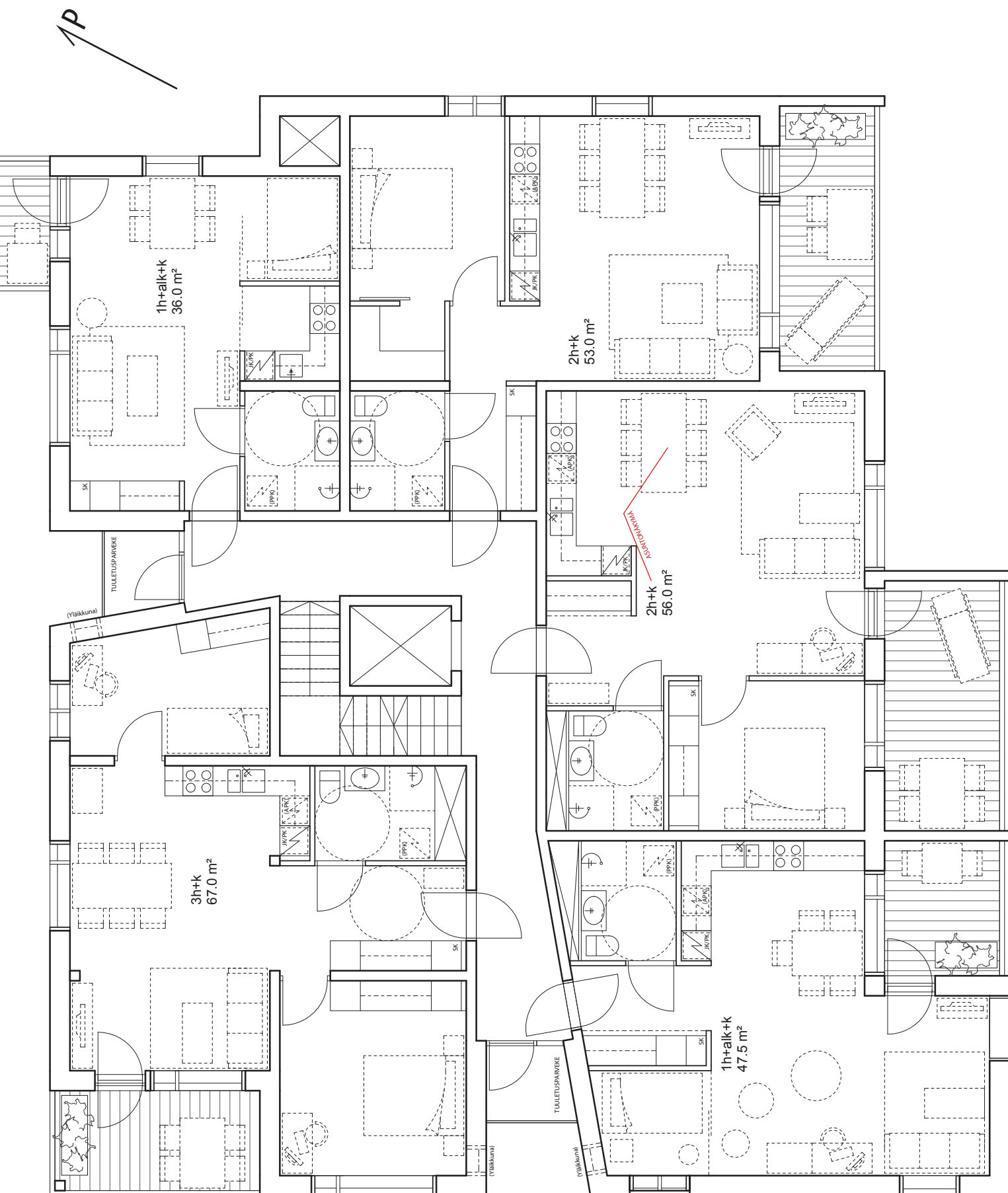
Int. var. #124.90

#125.30

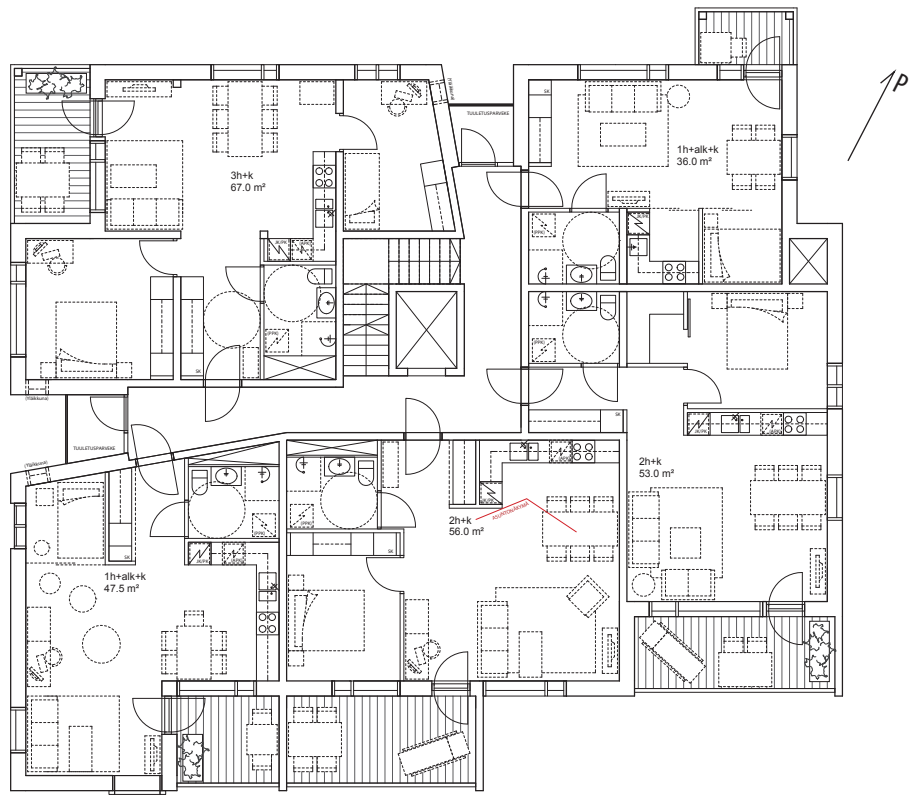
#124.60



Kalustettu pohjapiirustus, pistetalon 5.-8.krs - 1:100



Kalustettu pohjapiirustus, pistetalon 5.-8.krs - 1:200

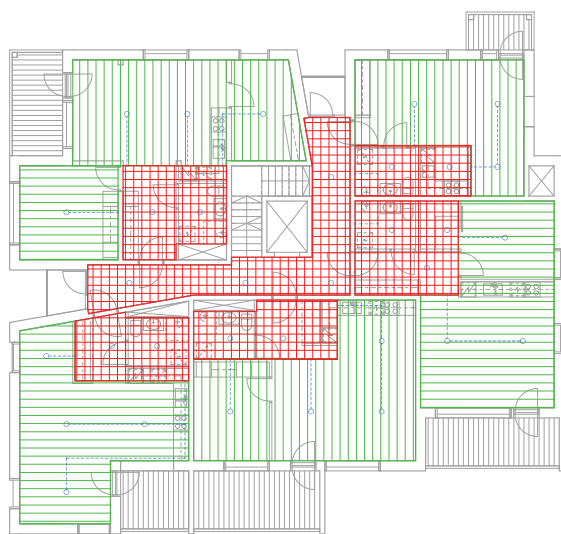


Palomääräysten mukaan puukerrostalon kaikki kantavat rakenteet joudutaan käytännössä suojaamaan kipsilevyin. Kevyissä väliseinissä tätä vaatimusta ei ole ja siksi koivuviilupintaisia vaneriseiniä voidaan käyttää asuntojen sisustuksessa tehosteseininä tuomassa modernin puutalon tunnelmaa.

Näkymä pistetalon 6. kerroksen asunnosta



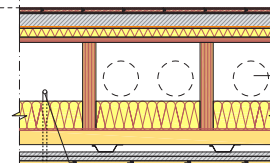
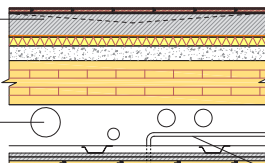
Välipohjarakenteiden periaate - 1:300



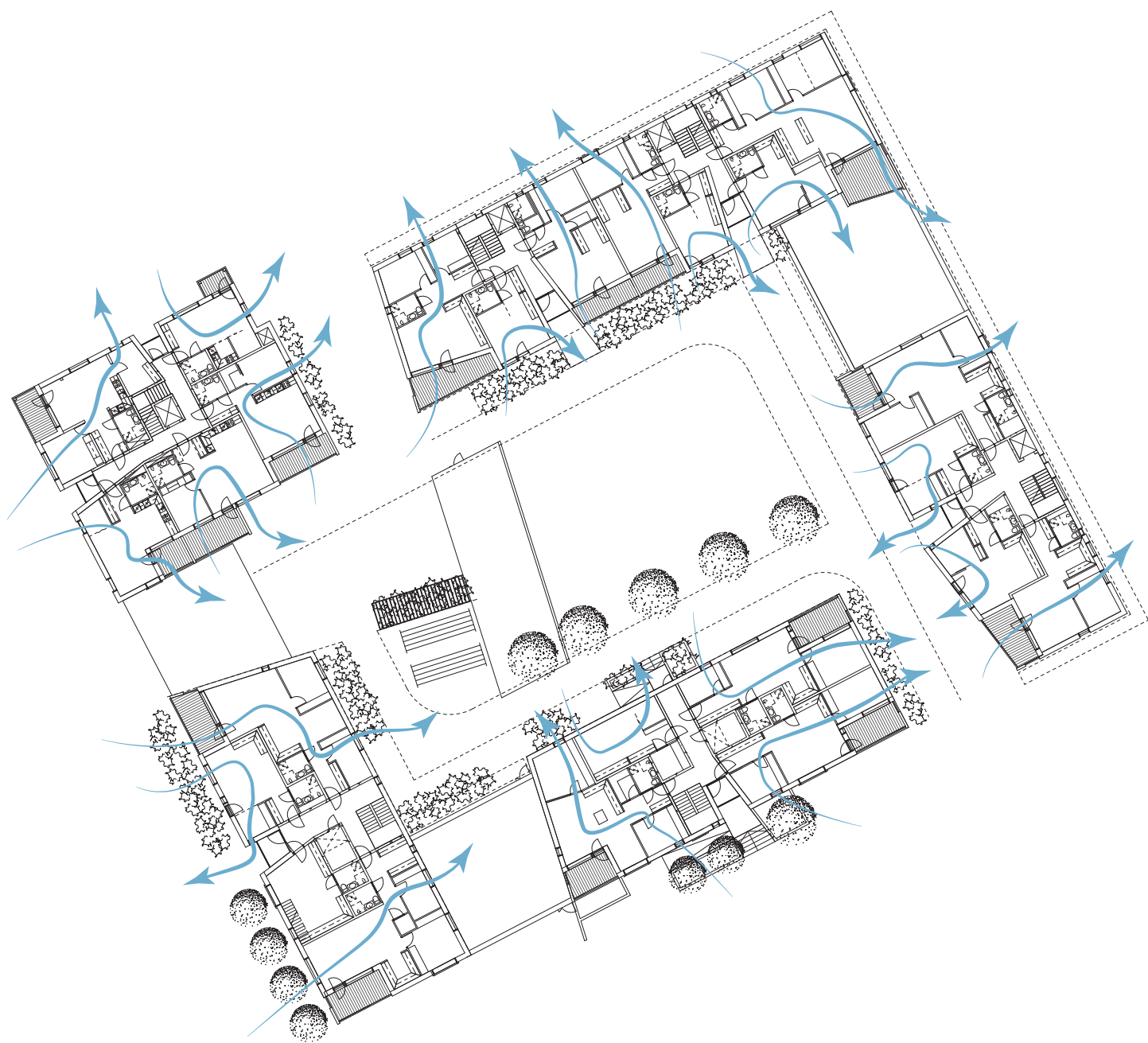
Ripalaatta (viivoitus palkkien suuntainen)



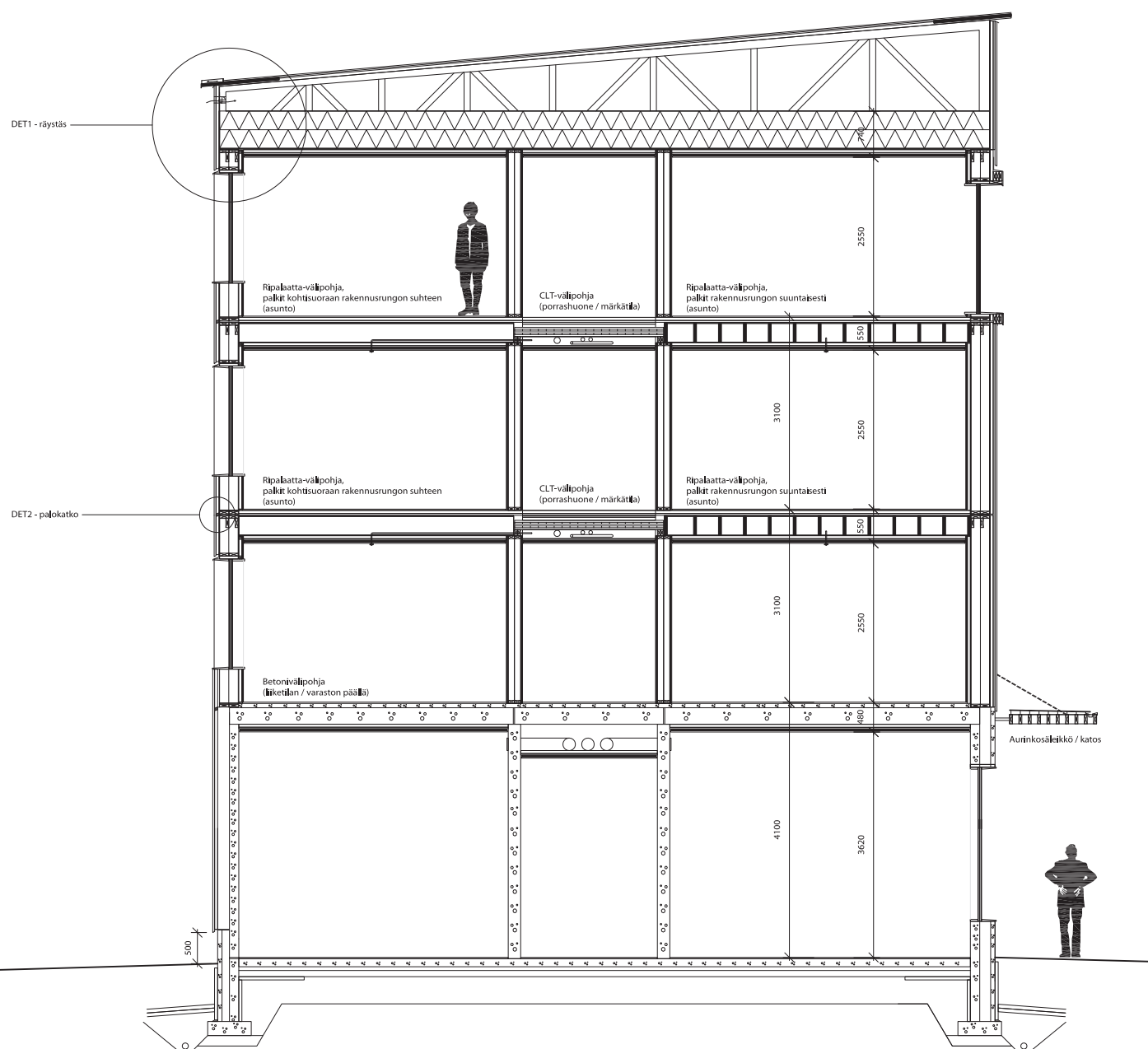
CLT-levy

Alakattoon asennettava sprinkleri,
jonka vesiputki ripalaatan ontelossaAlakattoon asennettava sprinkleri,
jonka vesiputki voi risteillä vapaasti CLT-levyn alapuolella**CLT-rakenteinen välipohja
eteisessä ja märkätiloissa**-lyhyet jännevälit
mahdollistavat ohuemman
rakenteen**Ripalaatta pidemmillä
jänneväleillä**Paksumpi betonivalu
mahdollistaa kylpyhuoneiden
lattioiden kallistuksetCLT-laatan alle jää tilaa
LVIS-vaakavetojen
vapaalle risteilylleSisäverhoukset samassa tasossa,
jolloin huoneistoihin muodostuu
yhtenäinen ja rauhallinen alakattoPalkkien välissä mahdollisuus
LVIS-vaakavedoilleSprinklerien vesiputket ripalaatan
ontelossa tai CLT-levyn alapuolella

Läpivetoventilaatio

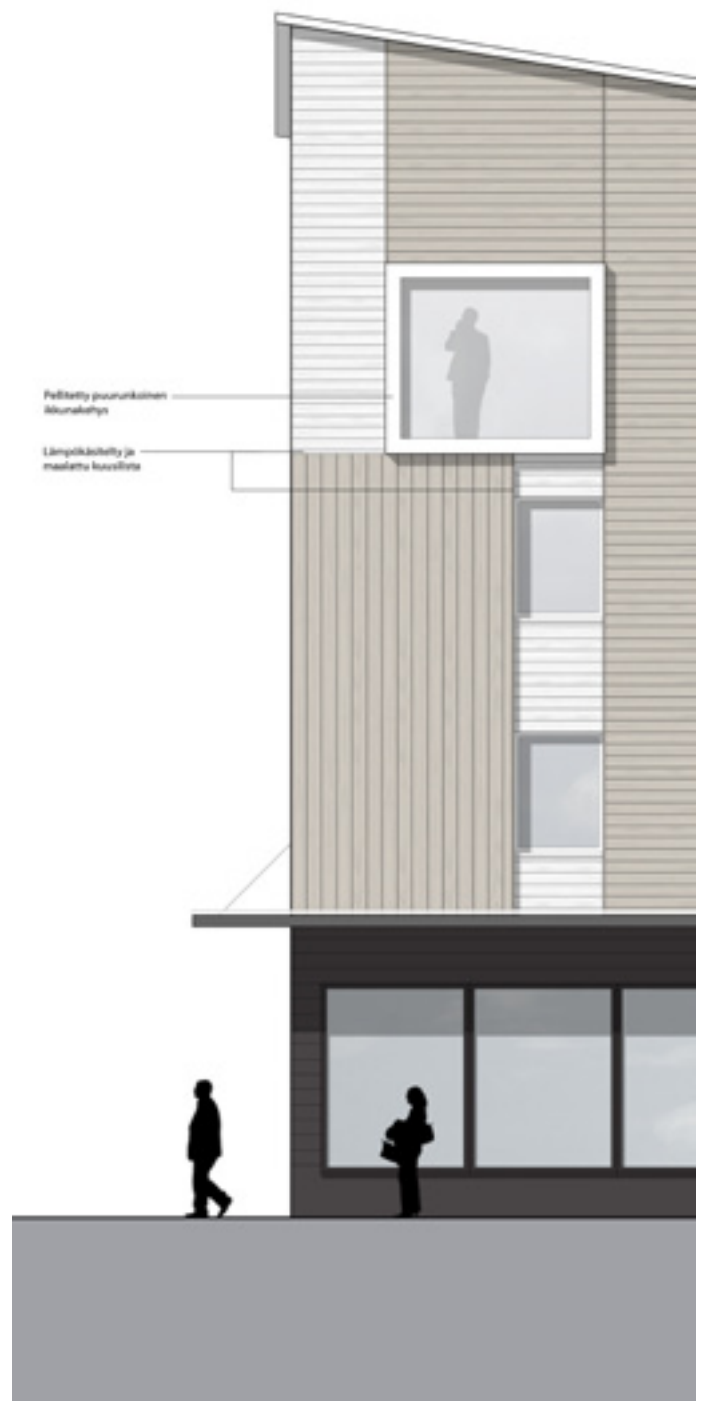


Leikkaus C-C, 1:100

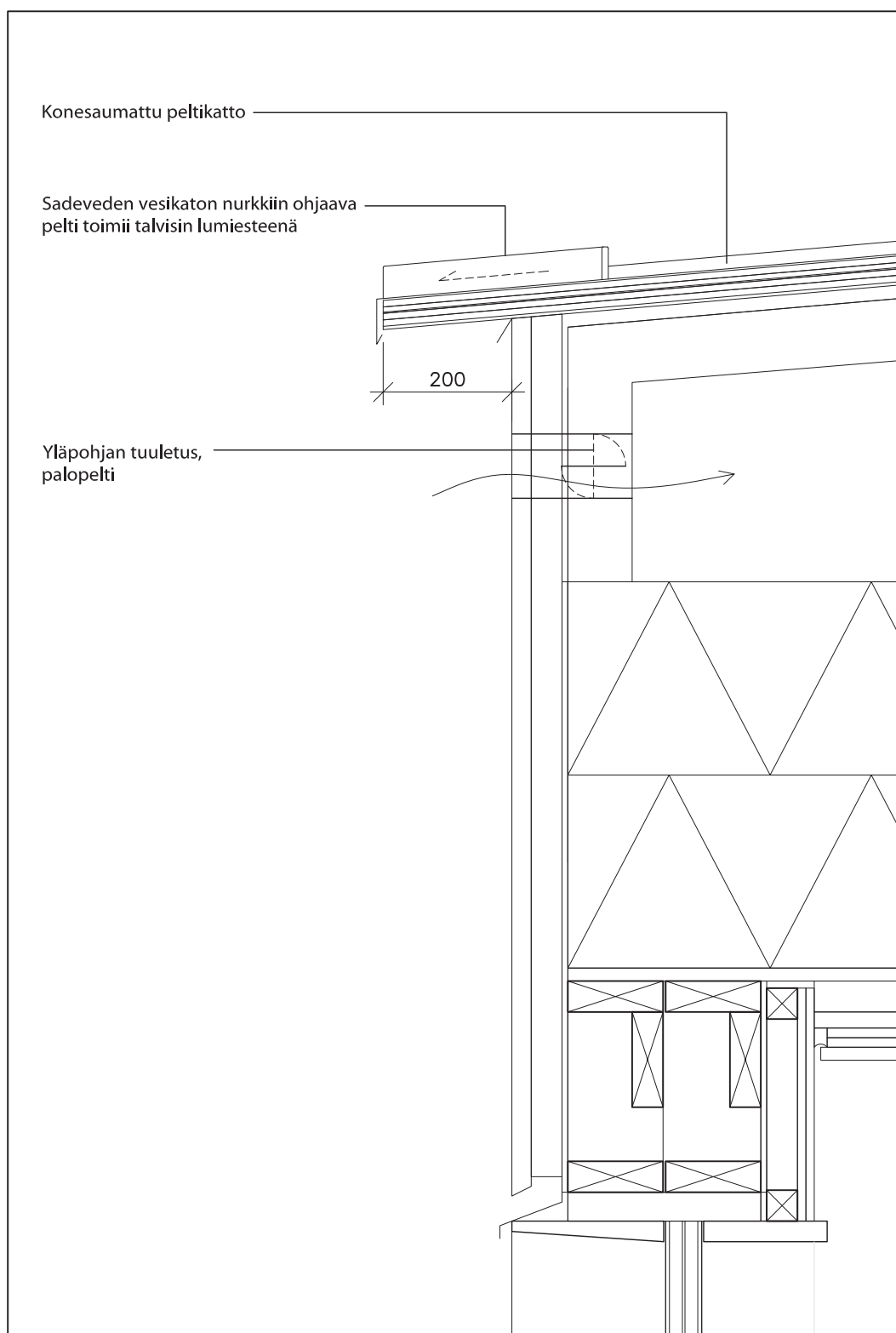


Julkisivuote, 1:100

Leikkaus C-C



DET 1 - räystäs 1:10



DET 2 - Palokatko 1:5

