

PIENTALO TULEVAISUUDEN ILMASTOON

Voiko puuperinnerakentamisella vastata
tulevaisuuden muuttuviin
ilmasto-olosuhteisiin?

*Tampereen yliopisto
Arkkitehtuurin yksikkö
Diplomityö 2022
Saara Palmujoki*



PIENTALO TULEVAISUUDEN ILMASTOON

Voiko puuperinnerakentamisella vastata
tulevaisuuden muuttuviin
ilmasto-olosuhteisiin?

*Tampereen yliopisto
Arkkitehtuurin yksikkö
Diplomityö 2022
Saara Palmujoki*



Tiivistelmä

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

Ilmasto-olosuhteiden muuttuminen tulevan sadan vuoden aikana lämpimämmäksi ja kosteammaksi rasittaa rakennuksia ulkoa päin. Rakennustekniikkaa kehitetään koko ajan uusin ja innovatiivisin keinoin vastaamaan muuttuvia ilmasto-olosuhteita. Kuitenkin näyttöä kestävästä ratkaisusta on jo vuosisatojen mittaan kertynyt.

Tässä diplomityössä tutkitaan kuinka Pohjoismaiden, erityisesti Suomen muuttuviin ilmasto-olosuhteisiin voidaan vastata paikallisella puuperinnerakentamisella. Samalla työ pohtii sitä, voisiko perinnerakentamisesta kerättyjä havaintoja hyödyntää yhtenä tulevaisuuden suunnittelumetodina. Työ jakautuu kolmeen lukuun, joista ensimmäisessä käsitellään ilmastomuutoksen tuomia haasteita rakentamisen kentällä, pohditaan nykyistä suhtautumista puurakentamiseen sekä tutkitaan historiasta perinnerakentamisen keinoja sopeutua pohjoismaisiin ankariinkin sääolosuhteisiin.

Työn toisessa luvussa käydään läpi rakennuksen ulkovaipan rakenteet perinnepuurakentamisen näkökulmasta ja pohditaan niiden ominaisuuksien soveltuvuutta tuleviin ilmasto-olosuhteisiin. Tarkastelun näkökulmia ovat kosteustekninen ja energiaa varastoiva ominaisuus, rakenteiden kustannustehokkuus, korjattavuus, käyttöikä sekä rakenteen materiaalien uusiutuvuus. Luvun lopussa on johtopäätöksissä tiivistetty, mistä perinnerakentamisessa käytetyistä materiaaleista ja tekniikoista voisi tämän diplomityön raameissa tehdyn tutkimuksen valossa näyttäytyä toimivana ilmaston muuttuessa.

Viimeisessä luvussa esitellään koetalon, jossa on hyödynnetty toisessa luvussa käsitellyjä rakenteita. Koetalolla pyritään myös löytämään ratkaisu ensimmäisessä luvussa esiteltyihin tulevaisuuden haasteisiin. Perinnepuurakentaminen on pienimittakaavaista, joten työ käsittelee ratkaisuja pientalon näkökulmasta.

Saara Palmujoki: Pientalo tulevaisuuden ilmastoon - Voiko puuperinnerakentamisella vastata tulevaisuuden muuttuviin ilmasto-olosuhteisiin?

Diplomityö
Tampereen yliopisto, Arkkitehtuurin yksikkö
Helmikuu 2022

Työn valvoja: Olli-Paavo Koponen
Työn ohjaaja: Markku Karjalainen

Avainsanat: Ilmastomuutos, rakennustraditio, puuperinnerakentaminen, puurakentaminen, pienrakentaminen, luonnonmukainen rakentaminen, luonnolliset rakennusmateriaalit, hygroskooppisuus

Kannen kuvitus: Saara Palmujoki
Kaikki kuvat ja piirustukset: Saara Palmujoki, ellei toisin mainita





Abstract

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

The change in climate conditions will burden buildings over the next hundred years. Construction technology is constantly being developed with new and innovative means to answer changing climatic conditions. However, proof of sustainable solutions has accumulated over the centuries.

This Master's thesis responds to the changing climatic conditions in the Nordic countries, especially in Finland, through local wood hereditary construction. At the same time, the thesis considers whether the findings collected from traditional construction could be used as some of the solutions in future planning.

The thesis is divided into three chapters. The first chapter considers the challenges in building industry caused by climate change, analyzes current attitudes towards wood construction and examines the ways in which traditional construction has adapted to the harsh weather conditions in the Nordic countries.

The second chapter examines the building's exterior structures from the perspective of traditional wood construction and considers the suitability of their properties for future climatic conditions. The perspectives of the study are moisture performance, energy storage capacity, cost-effectiveness, repairability, service life and renewable materials. At the end of the chapter, the conclusion summarizes, which tradition of materials and techniques used in construction could be useful in the changing climate.

The last chapter presents an experimental house that utilizes the structures discussed in the second chapter. The house also aims to find a solution to the future challenges presented in the first chapter. Wood hereditary construction is a small-scale construction, so the thesis deals with solutions from the perspective of a small, detached house.

Saara Palmujoki: A detached house for future climate – Could wood hereditary construction answer to the challenges of the changing climate in future?

*Master's Theses
Tampere University, Department of Architecture
February 2022*

*Supervisor: Olli-Paavo Koponen
Advisor: Markku Karjalainen*

Keywords: Climate change, building tradition, wood hereditary construction, wood construction, small construction, natural construction, natural building materials, hygroscopicity

*Cover illustration: Saara Palmujoki
All drawings and photographs: Saara Palmujoki, unless otherwise stated.*



Alkusanat

Tämänhetkisillä valinnoillamme voimme vaikuttaa tulevaisuuteen, myös ammattimielessä. Tähän ajatukseen kiteytyy syy aiheelleni. Puhuttaessa tulevaisuuden haasteista, ratkaisuna esitetään jotain uutta ja innovatiivista. Uusi ja innovatiivinen usein tarkoittaa laboratorion tuotteita ja niiden ajallinen kestävyys on vain todennäköisyyksien varassa. Esimerkkejä tällaisista tuotteista on CLT ja siinä käytettävä liima. Halusin tämän diplomityön puitteissa tutkia, missä määrin ja miten historiaa voisi hyödyntää uutta kehittäessä. Diplomityötä aloittaessa käsitykseni yleisistä asenteista puuperinnerakentamista kohtaan oli Juhani Pallasmaata lainaten:

”Kiinnostus tradition merkitykseen tulkitaan nykyisin yleisesti nostalgiaksi tai konservatismiksi. Kiihkeän edistysuskoisessa ajassamme katse on suunnattu vain nykyhetkeen ja tulevaisuuteen. Uudesta ja uniikista on viimevuosikymmenien aikana tullut laadun kriteerejä arkkitehtuurissa, muotoilussa ja taiteessa.”

(Pallasmaa 2012)

Kiinnostukseni puuperinnerakentamista kohtaan kasvoi vaihtovuotenuorani Norjan Bergenissä. Sääolosuhteiltaan kostea kaupunki, joka koostuu pääasiassa vanhoista puurakennuksista ja joista varhaisimmat, myös UNESCO:n maailmanperintökohteeksiin lukeutuvat, Bryggenin talot on rakennettu jo 1700-luvun alussa. Bergenissä sataa keskimäärin kahtena päivänä kolmesta ja sää on hyvin vaihtelevaa. Ilmastonmuutoksen myötä edellä mainitut olosuhteet tulevat olemaan jo osittain meidän elinaikanamme uusi normaali myös Suomessa.

Sen sijaan, että taaksepäin katsomista ajateltaisiin konservatiivisena tai nostalgisena, voisimme pyrkiä historiasta löytämään ratkaisuja nykyhetken ja tulevaisuuden haasteisiin. Meillä Suomessa on vuosisatoja kestäneitä ja vaihtelevia kelejä nähneitä rakennuksia, joista voi oppia salaisuuksia pitkäikäisyydestä. Vaatiiko kehitys aina uusia keksintöjä?

Helsingissä, 1.9.2021

Saara Palmujoki

KÄSITTEET

Hengittävä rakenne

Ulkovaipan rakenne, joka sallii ilman sisältämien kaasujen osapaineiden tasoittumisen diffuusiona rakenteen läpi. (Puuinfo 2020 f.)

Hydrologia

Tieteenala, joka tutkii veden esiintymistä, ominaisuuksia ja kiertokulkua maapallolla, veteen liittyviä ilmiöitä ja veden vuorovaikutuksia muun ympäristön kanssa. (Tieteen termipankki. 2022)

Hygroσκοoppinen rakenne

Rakenteen kykyä sitoa kosteutta ympäröivästä ilmasta itseensä ja vapauttaa sitä myöhemmin sinne takaisin. (Puuinfo. 2020 g.)

Rakennuksen elinkaari

rakennuksen vaiheet siihen käytettyjen raaka-aineiden hankinnasta ja tuottamisesta rakennuksen purkuun ja siitä syntyvien jätteiden hyödyntämiseen tai loppusijoitukseen ast. (Rakennetun ympäristön pääsanasto 2022)

Kiitokset

Haluan kiittää työni valvojaa Olli-Paavo Koposta sekä ohjaajaa Markku Karjalaista tuesta ja arvokkaasta kriitikistä kirjoitusprosessini aikana. Kiitos Pekka Saatsi ja Juuso Horelli inspiroivista keskusteluista.

Erityiskiitos Ollille, Katarinalle ja Elinalle. Teidän erinäiset avut oikoluvusta ajatustenvaihtoon ja vertaistukeen mahdollistivat tämän työn valmiiksi saattamisen.

Kiitos äiti ja isä elämäni mittaisesta tuesta ja kannustuksesta haaveideni eteen. Taas ollaan yksi toteutunut haave rikkaampana. Kiitos siskoilleni Loviisalle ja Eevalle heidän antamastaan tärkeästä palautteesta ja keskusteluista läpi opintojeni.



Sisällysluettelo

JOHDANTO	15
KONTEKSTI JA TYÖN RAJAUS	16
1. ILMASTONMUUTOS PUUPERINNERAKENTAMISEN NÄKÖKULMASTA	19
1.1 Yleistä	19
1.2 Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa	20
1.3 Suhtautuminen puurakentamiseen nykypäivänä	26
1.4 Pitkän elinkaaren omaavien rakennusten rakenneratkaisujen hyödyntäminen nykyajan rakentamisessa	28
1.5 Puuperinnerakentamisen ratkaisut Pohjoismaiden haastavissa ilmasto-olosuhteissa	30
2. PERINTEISTEN RAKENTEIDEN SOVELTUVUUS MUUTTUVISSA ILMASTO-OLOSUHTEISSA	32
2.1 Perinnerakenteiden soveltuvuuden tarkastelumenetodi	32
2.1.1 Perustukset	38
2.1.2 Alapohja	42
2.1.3 Ulkoseinät	46
2.1.4 Yläpohja	52
2.1.5 Vesikattorakenteet	54
2.1.6 Ikkunat ja ovet	60
2.2 Johtopäätökset	64
3. PIENTALO TULEVAISUUDEN ILMASTO-OLOSUHTEISIIN	69
3.1 Alustus	69
3.2 Rakennuspaikka	71
3.3 Huonetilojen optimointi	73
3.4 Perinteisillä rakennusratkaisuilla kohti tulevaisuuden ilmastohaasteita	74
LOPUKSI	88
LÄHTEET	90



Johdanto

Ilmastomuutoksesta on puhuttu jo vuosikymmenien ajan. Sen liittyminen rakentamiseen voidaan jakaa kahteen selkeään tutkimuskohteeseen: ilmastomuutoksen vaikutus rakentamiseen sekä rakentamisen vaikutus ilmastomuutokseen. Jälkimmäinen on maailmanlaajuisesti yhtenevä huolenaihe, sillä rakentaminen kuluttaa maapallon resursseja merkittävästi. Pelkästään rakentaminen ja rakennukset tuottavat Suomessa kolmasosan kasvihuonepäästöistä. (Ympäristöministeriö 2021).

Tämä diplomityö keskittyy erityisesti esittelemään rakennusten ominaisuuksia, jotka mahdollistavat sopeutumisen muuttuviin ilmasto-olosuhteisiin. Tavoitteena on toimiva ja terve talo nyt ja tulevaisuudessa. Ratkaisuja tähän pyritään hakemaan puuperinnerakentamisesta, jolla on pitkäikäinen historia Pohjoismaissa. Perinnerakentaminen tunnetaan myös ympäristöystävällisenä vaihtoehtona, koska käytössä ovat puhtaat, hengittävät ja liimattomat raaka-aineet. Sanotaan, että kaikkein ympäristöystävällisin rakennus on se, jota ei ole rakennettu. Tällä työllä tähdätään toiseksi parhaimpaan ratkaisuun. Rakentaminen tulee maailmanlaajuisesti yhä jatkumaan, joten diplomityössä pyritään löytämään kestäviä ratkaisuja rakentamisen ongelmiin jo toimiviksi havaituista keinoista.

Puu on leimaantunut perinteiseksi rakennusmateriaaliksi suomalaisessa rakentamisessa. Useimmat kaupungit ovat alun perin olleet puukaupunkeja. Lähes koko Suomi kuuluu havumetsävyöhykkeeseen, joten helposti työstettävään puumateriaaliin on ollut myös vakaa saatavuus. Puukaupunkien tuhoski on koitunut palaminen, kuten keskiaikaiselle Turulle kävi. Säilyneet puukaupungit, kuten Vanha Rauma ovat hyvin arvostettuja ja pidettyjä asuinalueita. (Suikkari 2002, 12.)

Suhtautumiseni myötämielisesti perinnerakentamiseen juontaa juurensa arvopohjaan, johon olen kasvanut. Lapsuudenkotini on 50-luvun maalaistalo. Vanhempani ovat kunnostaneet taloa pietteillä ja perinteitä kunnioittaen. Oma roolini kotitaloni tarinassa on vuosien myötä kehittynyt seuralaisesta ja jalkalistan kannattelijasta aina vaativimpiin rakennusapulaisen tehtäviin sekä ”ammattilaisen” konsulttityöhön. Asumiskokemuksesta vanhassa talossa minulla on lähinnä vain hyvää sanottavaa. Talo on säilynyt kosteusvaurioilta ja huoneilma puhtaana ja raikkaana. Sisälämpötilan säätely tuottaa toisinaan varmasti enemmän työtä kuin uudiskohteissa.

Ilmastomuutos koskettaa aiheena meistä kaikkia. Se on tekojemme tuotos, jonka seuraukset näkyvät jo tänä päivänä. Tehdessäni taustatutkimusta tätä työtä varten, havaitsin, että tulevaisuuden ilmasto-oloja ja niiden vaikutusta rakentamiseen on tutkittu hyvin vähän Suomessa. Jääkö ilmastomuutoksen seurauksiin varautuminen, sen ennaltaehkäisevien toimenpiteiden jalkoihin? Pitäisikö nyt jo katsoa hieman pidemmälle?

Konteksti ja työn raja

Tässä työssä tulevaisuuden muuttuvien ilmasto-olosuhteiden tuomiin haasteisiin rakentamisessa pyritään vastaamaan puuperinnerakentamisen keinoin. Puuperinnerakentaminen on sanana tarkka rajaamaan työtä, mutta samalla se linkittää yhteen kolme toisistaan erillistä, mutta tämän työn kannalta oleellista käsitettä: suomalainen puuperinne, puurakentaminen ja perinnerakentaminen. Jokainen meistä tarkastelee edellä mainittuja käsitteitä subjektiivisesti, joten pyrin avaamaan oman tulkintani niistä mahdollisimman ymmärrettävään muotoon.

Puurakentamista on rakentaminen, jossa puu on pääkäyttöinen rakennusmateriaali. Sillä ei ole merkitystä, mitkä rakenneosat ovat puuta, mutta puumateriaalin suhde muihin käytettyihin materiaaleihin tulee olla hallitseva.

Puuperinnettä ovat kaikki puuhun subjektina tai objektina liitetyt traditiot.

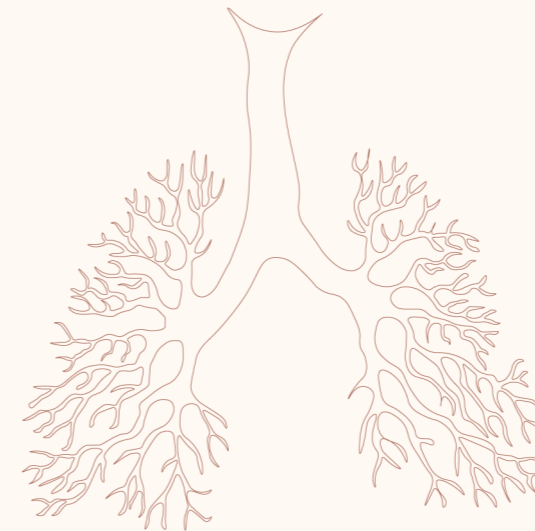
Perinnerakentamista on rakennustraditio, joka on hioutunut kulttuurissamme tarpeiden ja olosuhteiden pakosta. Siihen liittyy vahvasti myös luonnonmukaiset materiaalit, joita on helppo saada sekä työstää ilman erityisosaamista.

Puuperinnerakentaminen on valikoitunut työn ongelman ratkaisun tarkastelumenetodeksi suomalaisen puuperinteen ja perinnerakentamisen ajallisen näytön, puurakentamisen laajalti tunnustetun terveydellisuuden ja ympäristöystävällisyyden vuoksi.



Aika

Suomalaisella sanonnalla ”Rakennus kestää aikaa” tarkoitetaan, että rakennus on tyyliään aikakauteen sitoutumaton ja ympäristöoloihin sopeutuva.



Terveys

Sisäilman ja rakennusaineiden puhtaus mahdollistavat terveän perustan asukkaalle.



Ympäristöystävällisyys

Hyvinhoidetuista kotimaisista metsistä kaadettu puu on monikäyttöinen rakennusmateriaali.



1. ILMASTONMUUTOS PUUPERINNERAKENTAMISEN NÄKÖKULMASTA

1.1 Yleistä

Läpi pohjoismaisen asuinhistorian ovat ilmastoterot säädelleet elämää, asuinpaikkoja ja ohjanneet rakentamista sekä materiaalivalintoja. Kohtuullisen lyhyeen, noin 10 000 vuoden asuinhistoriaan on ajoittunut lämpötiloiltaan erilaisia ajanjaksoja, kuten merellisempänä ilmastona tunnettu ”kivikauden kesä” sekä kylmä ajanjakso ”pieni jääkausi”. (Rautamäki 2001, 11.)

Rakennuspaikan merkitys ei ole enää niin oleellinen kuin esimerkiksi vielä viime vuosisadan alussa. Rakennustekniikka ja -tavat ovat ottaneet harppauksia ja koneiden rooli on kasvanut. Maastoa ja ympäristöä on mahdollista muokata ja asunnon sisälämpötilaa säädellä mieleisekseen. Nykyisin rakennuspaikan määrittää lähinnä omat mieltymykset ja toiveet kuten etäisyys työpaikkaan tai luontopoluille.

Puu on maailman vanhin rakennusmateriaali ja sen käyttö asumusten tekoon ylittää 35 000–8000 eaa. Pohjoismaihin rakennuskulttuuri levisi noin 500–0 eaa. Alkeellisista työkaluista johtuen puurakennustekniikka kehittyi Skandinaviassa hitaasti. Nykyinen Norjan alue oli ensimmäinen, joka toi-

sen vuosituhannen alussa otti edistysaskeleen puurakentamisessa. Muutamia norjalaisten 1100–1300-luvuilla rakentamia puisia saavakirkkoja on säilynyt jopa tähän päivään asti. (Siikanen 2008.)

Suomalainen rakennusperinne on saanut vaikutteita naapurimaista. Monet hallintoon, rakentamiseen ja maatalouteen liittyvät tavat periytyivät Ruotsista ja taas esimerkiksi lamasalvostekniikka Baltian maista. (Siikanen 2008.)

Puu on ollut pääasiallisesti käytetty rakennusmateriaali Suomessa aina 1950-luvulle asti. Väestönkasvusta aiheutuneen asuntopulan seurauksena 60-luvulla asuinrakentaminen kasvoi Suomessa kerrostalopainotteiseksi. Ajan uudet rakennusmateriaalit kuten betoni ja teräs mahdollistivat nopean ja edullisen rakentamisen ja täten veivät osuutta puurakentamiselta. Myös lainsäädäntö tarkentui suosimaan palamattomia materiaaleja. (Siikanen 2008.)

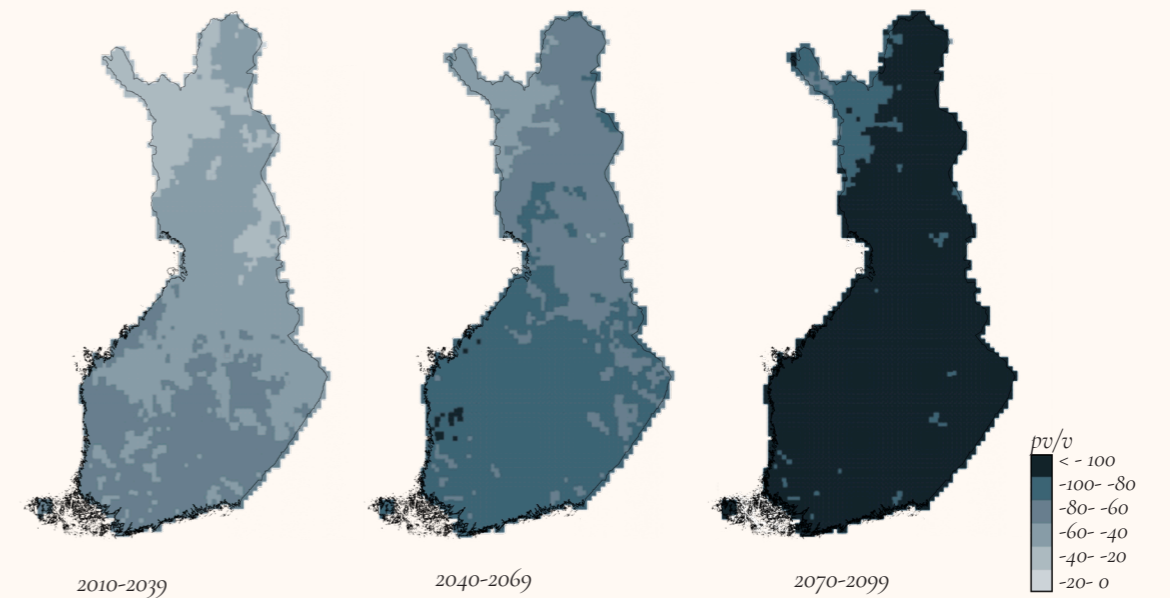
1.2 Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa

Tulevina vuosikymmeninä maapallon keskilämpötilan oletetaan jatkavan nousuaan kasvaneiden kasvihuonepäästöjen johdosta. Jo nyt tiedetään, että tähän päivään mennessä maapallon keskilämpötila on noussut yhden asteen esiteollisesta ajasta (Ilmastopaneeli, 2021) ja Suomen keskilämpötila reilut kaksi astetta vastaavassa ajassa (Mikkonen et al. 2015). Maapallon lämpeneminen vaikuttaa myös Suomen ilmastoon, joka asettaa tarpeen arvioida rakennusten kestävyyttä, näkökulmia tulevaisuuden suunnittelussa ja ajankohtaisuutta nykyisissä rakennusmääräyksissä.

Vuotuisen keskilämpötilan jatkaessa kasvuaan nykyiseen tahtiin, voi Pohjoismaissa olla 60–80 vuoden päästä lähes kuusi astetta lämpimämpää (ks. kuva 1; mukailtu IPCC 2021

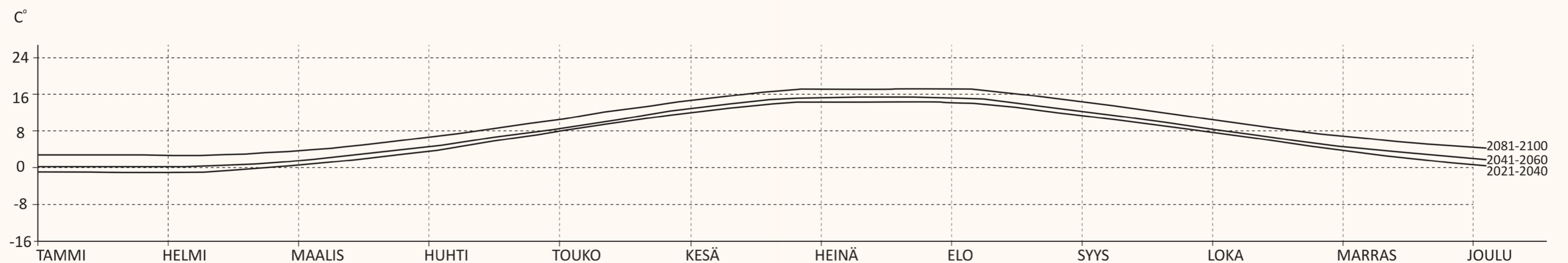
-laskelmia). Suurinta lämpötilan kasvua ennustetaan talvikuukausille. (IPCC 2021) Käytännössä tämä tarkoittaa leutojen, sateisten ja lumettomien talvien osuuden kasvamista, mikä johtaa lisääntyneeseen ilmankosteuteen ja tulvien määrään

Maahan jäävät lumipeitteet sulavat tiuhempaan (IPCC 2021) ja mistä seuraa valunnan kasvu. Ennusteen mukaan vuoteen 2050 mennessä valunnan kasvu Suomessa olisi nykyisestä noin 7 prosenttia. Eniten tulvista kärsii länsi- ja etelärannikko ja näistä muutama erityisen riskialttiiksi nimetyt paikat ovat Turku ja Kemin rannikkoalue. Myös sisämaan vesistöistä 17 on nimetty tulvariskialueiksi. (Parjanne et al. 2018.)



Kuva 2: Lumisten päivien väheneminen, muutos vertailujaksoon 1971-2000 (Ilmasto-opas 2017)

Kuvassa esitetty skenaario on tehty kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kehityslukuun RCP8.5. RCP-luku tarkoittaa ilmakehän kasvihuonekaasu- ja aerosolipitoisuuksien aiheuttamien säteilypakotteiden suuruutta (W/m²). RCP8.5 on oletusarvo siihen, että päästöt kasvavat nykyisen tahtiin. (Ilmasto-opas 2017)

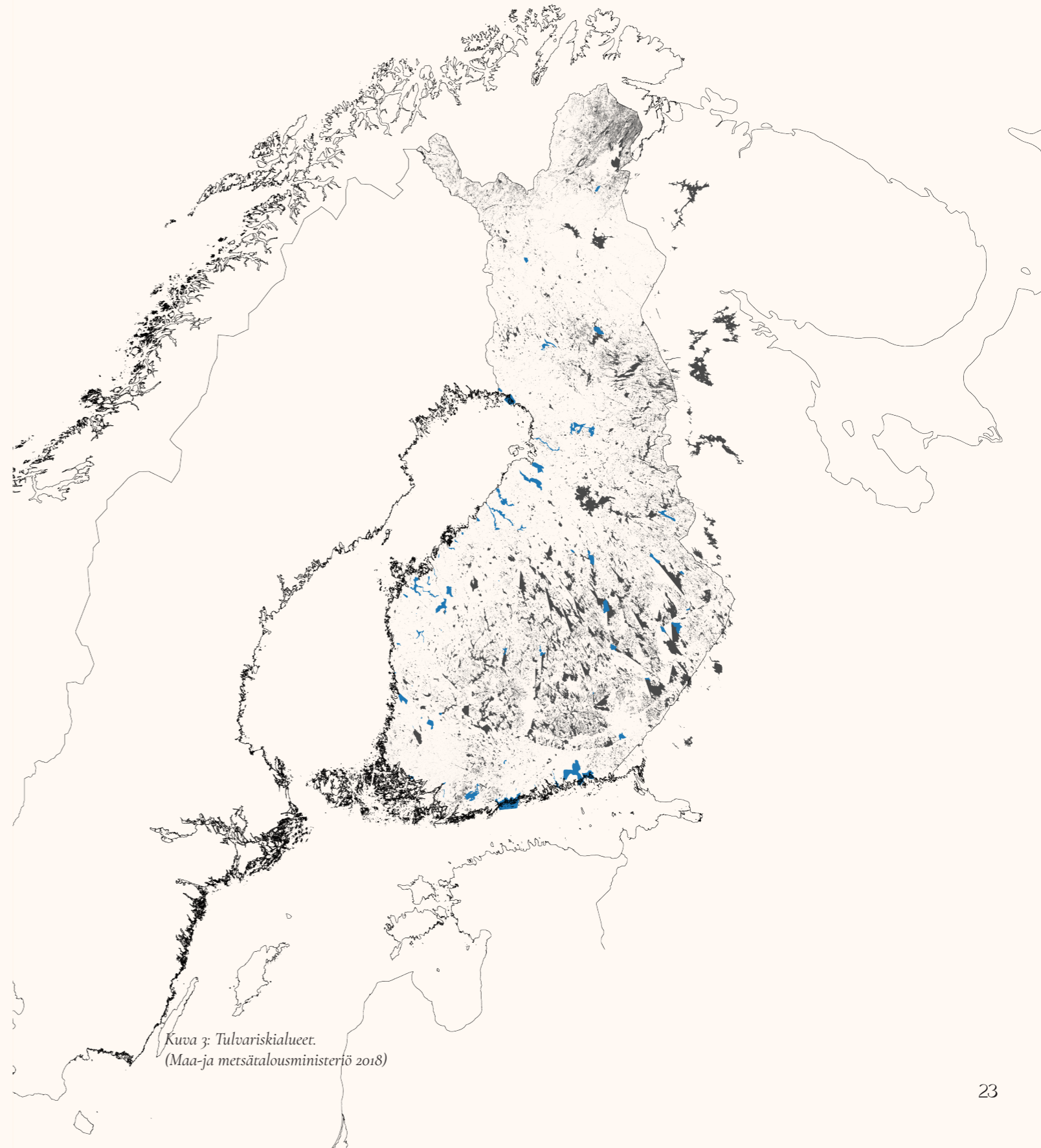


Kuva 1: Keskimääräinen lämpötilaennuste Pohjoismaissa. (IPCC 2021.)

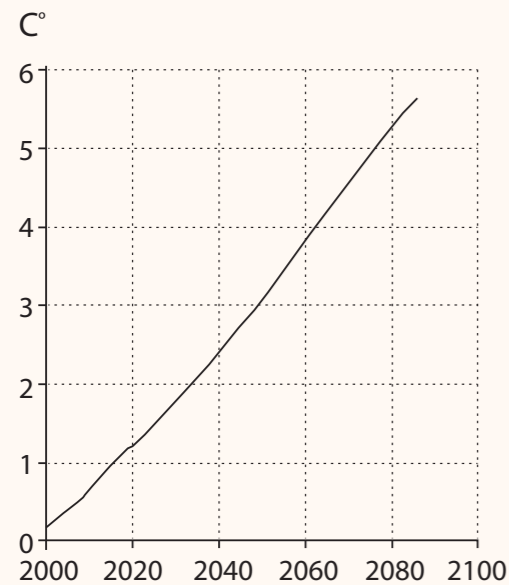
Suomen ympäristökeskus (SYKE) on esittänyt selvityksensä pohjalta vuonna 2006 ratkaisuja tulvariskin hallintaan etenkin vaarassa olevilla alueilla. Parannuksia suositellaan määräyksiin, jotka koskevat rakentamista vesistöjen läheisyyteen. Esimerkiksi suosituksilla ensimmäisen asuintason korkoasemaan ja vesisäiliöiden asentamiseen voitaisiin torjua tai lieventää tulvien aiheuttamaa tuhoa rakennuksissa. (Silander et al. 2006.) Määräyksiä parantamisella on saatu toivottuja hyötyjä. Esimerkiksi Salo (ELY-keskus. 2015 a.)

ja Jyväskylä (ELY-keskus. 2015 b.) onnistuivat vähentämään tulvariskiä tarkoilla hallintasuunnitelmilla sekä tarkentavilla arvioilla (Parjanne et al. 2018).

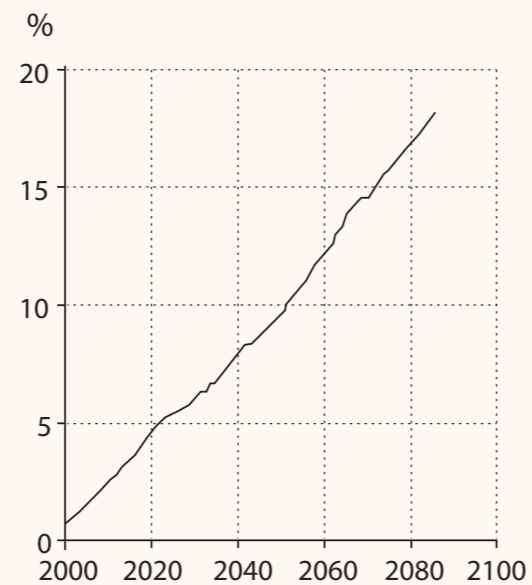
Ilmaston lämmetessä maaperä ei enää jäädy yhtä syväälle kuin nykyään ja routiminen vähenee. Lounaissaaristosta routa katoaa tavanomaisina talvina lähes kokonaan. Routimisen väheneminen kuuluu harvoihin ilmastonmuutoksen myönteisiin vaikutuksiin rakentamisen näkökulmasta sillä se säästää rakenteita routavaurioilta.



Kuva 3: Tulvariskialueet.
(Maa- ja metsätalousministeriö 2018)



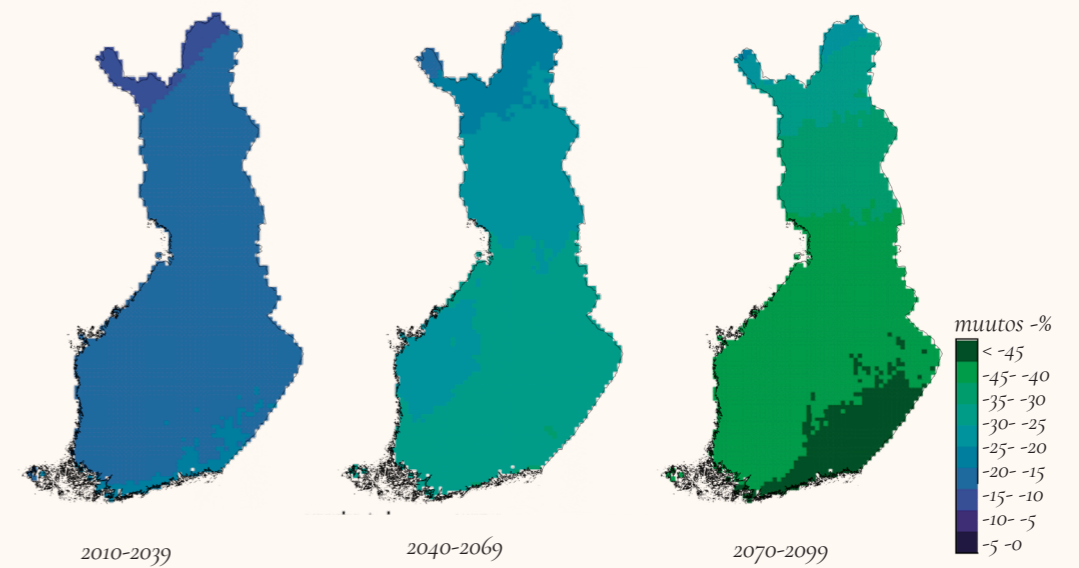
Kuva 4: Keskilämpötilan nousu Suomessa (RCP 8,5) (Ruosteenoja et al. 2016.)



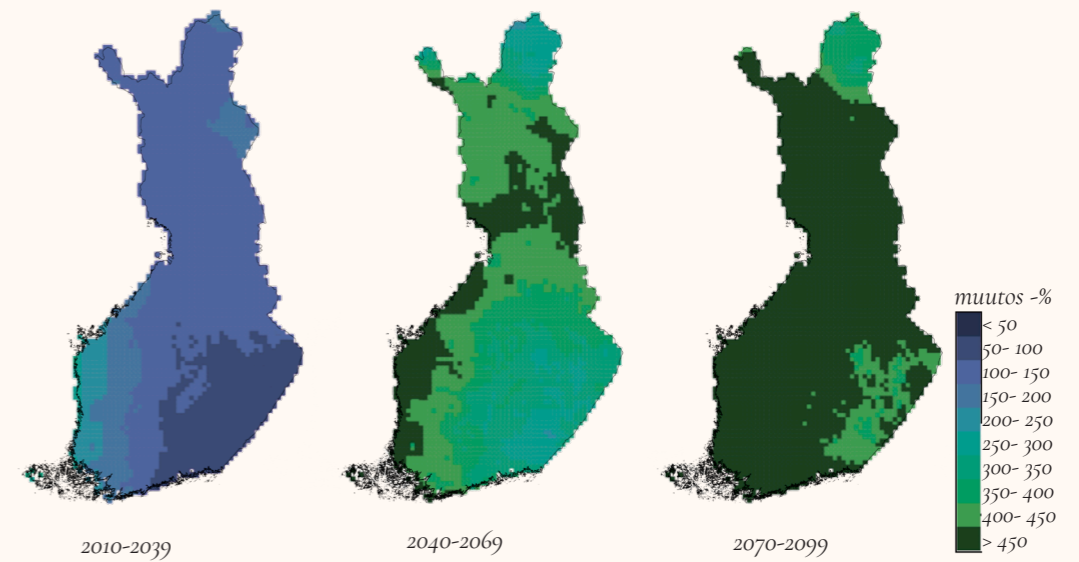
Kuva 5: Sateiden suhteellinen lisääntyminen Suomessa (RCP 8,5) (Ruosteenoja et al. 2016.)

Ympäristön lisäksi sääolosuhteiden muutokset kuormittavat myös rakennuksia, etenkin rakennuksien ulkovaippa. Julkisivupinnat tulevat kärsimään lisääntyvässä määrin viistosateista (kuva 5). Kosteuden kondensoitumiselle ja homeen kasvulle suosiolliset lämpimät (kuva 4) olosuhteet lisääntyvät. Pitkien kosteiden ajanjaksojen myötä rakenteet eivät pääse kuivumaan ja täten kosteuden poistuminen hidastuu. (Vinha 2013.) Tuulisuus ei maa-alueilla lisääntynyt merkittävästi, mutta ääriolosuhteiden lisääntyessä maailmalla nähdyt rakennuksia vaurioittavat voimakkaat myrskyt ovat mahdollisia (Ala-Outinen et. al. 2004).

Ulkoilman lämpeneminen ja suhteellisen kosteuden kasvaminen vaikuttaa myös huoneilman ominaisuuksiin rakennusten sisällä. Etenkin ilman vaihtuvuuden mekanismeihin kohdistuu muutospainetta. Kuvat 6 ja 7 kuvaavat ennusteellista rakennuksen viilennyksen ja lämmityksen energiantarvetta verrattuna ajanjaksoon 1971–2000. Karttakaavioista voidaan nähdä, että vuosisadan loppuun mennessä lämmityksen tarve tulee väheneään jopa 45 prosenttia ja vastaavasti viilennyksen tarve moninkertaistuu.



Kuva 6: Lämmitykseen tarvittavan energian prosentuaalinen muutos, muutos vertailujaksoon 1971-2000



Kuva 7: Viilennykseen tarvittavan energian prosentuaalinen muutos, muutos vertailujaksoon 1971-2000

(Ilmasto-opas 2017.)

1.3 Suhtautuminen puurakentamiseen nykypäivänä

Suomen tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä ja puurakentamista katsotaan yhtenä toimenä hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä (Valtioneuvosto 2019). Huomionarvoista on, että ilmastonmuutoksen vaikutukset tulevat jo näkymään omana elinaikanamme.

Rakennusten kestävyys tulevaisuuden ilmasto-olosuhteissa jää valitettavan pienelle huomiolle ilmastonmuutoksen vaikutuksista puhuttaessa. Keskustelu puunkäytön lisäämisestä rakennusmateriaalina on usein väritynyttä - keskustelussa pyritään tarkoituksenmukaisesti ja yksinkertaistaen vertailemaan eri rakennusmateriaaleja keskenään. Esimerkiksi betoniteollisuuden lehti *Betoni* (n.d.) vertailee sivuillaan betonin palonsietokykyä teräkseen ja puuhun seuraavanlaisesti: ”Puutalossa palovahinkoriskit olivat 250-kertaiset kivitaloon verrattuna”. ”Teräs on palamaton materiaali kuten betoni, mutta kuumenee niin nopeasti, että suojaamaton teräsrakenne kestää standardipaloa vain noin 15 minuuttia”. Tällaiseen vastakkainasetteluihin saattaa johtaa lainsäädäntöön (Puuinfo 2020 e), joka tukee vahvasti palamattomia rakennusmateriaaleja ja

täten asettaa puurakentamisen vielä toisarvoiseen asemaan. Puullakin on oma etunsa ja sitä pidetään itseisarvona ekologiselle rakentamiselle ja kestävyydelle, mutta rahan ratkaistaessa nämä edut arvotetaan helposti toisarvoiseksi.

Hallitusohjelmamme yksi strategia on ”Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi”, jonka neljäs tavoite on pienentää asumisen ja rakentamisen hiilijalanjälkeä. Tähän keinona kirjataan mm. rakennusosalalle oma hiilineutraaliuuteen tähtäävä suunnitelma, joka laaditaan yhdessä alan ammattilaisten kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että kehitetään säädösohjausta, joka perustuu rakennuksen elinkaaren aikaiseen hiilijalanjälkeen. Myös energiatehokkuus nousee esille monessa kohtaa kuten siinä, että lisätään täydennyskoulutusta rakennusosalalle energiatehokkuusosaamisen parantamiseksi, sekä edistetään laajamittaisia peruskorjaus- ja energiatehokkuushankkeita. Halutaan myös varmistaa lainsäädäntöä kehittäessä mahdollisuus painovoimaisen ilmanvaihdon käyttöön, mutta tämäkin energiatehokkuustavoitteista tinkimättä. (Valtioneuvos 2019)



Puurakentamista vertaillaan usein suoraan betoni- ja teräsrakentamiseen, ja vertailuasetelmassa usein nostetaan esille näiden verrokkirakenteiden vahvuudet puun heikkouksina. Esimerkiksi paloturvallisuus ja rakenteiden kuorman kesto pidetään puurakentamisen puutteina, vaikkakin puullakin pystytään saavuttamaan vaadittavat palonkestoajat. Selvä vahvuus puulla on sen hengittävä ominaisuus sekä keveys. Näitä betonilta tai teräkseltä ei löydy.

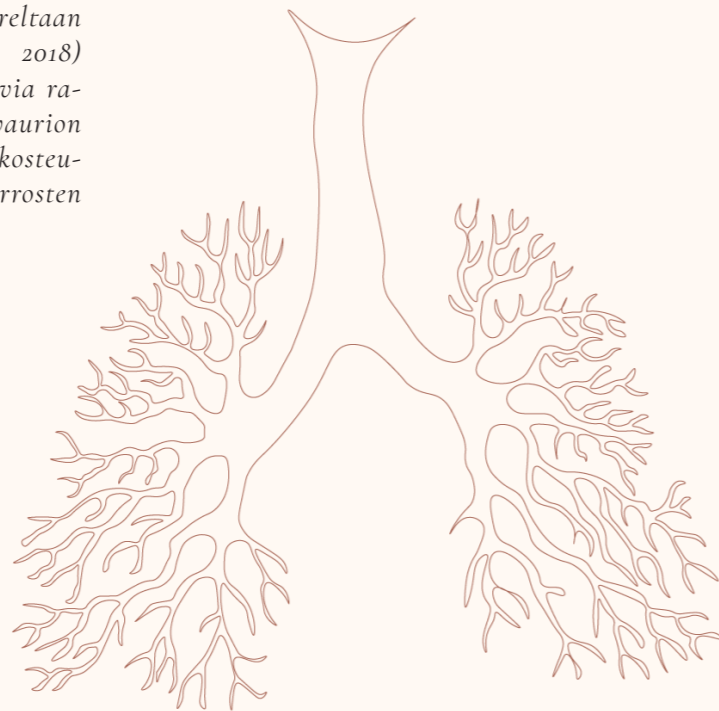
Tämänhetkinen rakennuslainsäädäntö kannustaa energiatehokkaaseen rakentamiseen (Ympäristöministeriö 2017), mikä on hyvä tavoite. Yksinkertaisuudessaan tärkeimmät keinot ovat ulkovaijan tiivistäminen ja eristekerrosten paksuntaminen. Puumateriaalia tarvitaan mahdollisesti enemmän suhteessa betoniin, jotta saavutetaan samat arvot.

Ilmastokriisi on ajanut valtioita pohtimaan ennaltaehkäiseviä ja ilmastonmuutosta hidastavia toimenpiteitä. Rakentaminen on hyvin saastuttava teollisuusala, joten sillä on painetta kehittyä nopeasti ilmastoystävällisempään suuntaan. Puun vahvuudet hiilinieluna tunnustetaan ja sen käyttöä on pyritty lisäämään erilaisin tavoittein hallitusohjelmassa. Lakien säätäminen on hidasta ja tavoitteet eivät aina toteudu, vaikka niin haluaisimme. Ilmastokysymykset ovat myös osa politiikkaa niin hyvässä kuin pahassa ja kilpailu muiden rakennusaineiden ja tapojen välillä tunnustetaan.

1.4 Pitkän elinkaaren omaavien rakennusten rakenneratkaisujen hyödyntäminen nykyajan rakentamisessa

Sisäilmaongelmista, home-esiintymistä ja nykyisen rakentamisen huonosta laadusta puhutaan tänä päivänä valtamedioissa paljon. Edellä mainitut ongelmakohdat ovat mahdollisesti edesauttaneet sitä, että kiinnostus perinteisiin menetelmiin ja luonnolliseen rakentamiseen on lisääntynyt. Tämä tosin korostuu selkeimmin yksilöllisissä pientalohankkeissa eikä vielä niinkään isommassa kerrostalorakentamisessa. Toki tällaisiakin hankkeita on ja esimerkiksi sisäilmaongelmista kärsinyt koulurakentaminen on kunnostautunut hirsirakentamisessa. Esimerkkinä tästä vuonna 2016 puupalkinon saaja, Pudasjärven hirsikampus. Uudesta hirsisestä peruskoulujen, lukion ja kansalaisopiston koulukompleksista toivotaan ratkaisua pitkään kaupungin koulurakennuksia vaivanneisiin kosteus- ja sisäilmaongelmiin. (Puuinfo 2020 a.)

Terve talo perustuu hengittäviin materiaaleihin, jotka mahdollistavat homeen kannalta epäedullisen kosteustasapainon. Vanhoista materiaaleista kuten puusta, paperista ja sahanpurusta on rakennettu elinkaareltaan pitkäikäisiä rakennuksia. (Rinne, H. 2018) Mitä enemmän on eri materiaaleja olevia rakennekerroksia, sitä suurempi kosteusvaurion riski, sillä materiaalikirjon kasvaessa kosteuden siirtyminen vaikeutuu. Myös kerrosten paksuudella on väliä. (Vinha 2013.)



”Sadan vuoden talo” oli YLE 1:ssä vuonna 2017 esitelty rakennushanke, jossa perhe rakennutti 60-luvun kosteusvaurioista kärsineen talon tilalle uuden talon. Ajatuksena oli, että talo olisi pitkäikäinen ja kestäisi ainakin teoriassa sata vuotta. Lisäksi tavoitteena oli luoda ns. nollaenergiatalo, joka tuottaa uusiutuvaa energiaa käytettäväksi talon ulkopuolella yhtä paljon energiaa kuin se käyttää taloon tuotua energiaa. Toiveena perheellä oli, että se olisi vanhojen talojen tapaan kestävä, mutta kuitenkin moderni. Talo rakennettiin CLT-elementeistä (Cross Laminated Timber) hiekkapohjaiseen maastoon. (Koivula 2018.) CLT tarkoittaa elementtitekniikkaa, jossa massiivipuuta liimataan ristiin. Tekniikka mahdollistaa pitkät jännevälit. CLT on suhteellisen uusi keksintö, joten sen toimivuudelle ei vielä voida antaa useiden kymmenien, saati satojen vuosien taetta. Aika siis näyttää, täyttääkö talo sille asetetun tavoitteen pitkäikäisyydestä.



Kuva 8: Puun ikä pystytään määrittämään vuosirenkaita laskemalla. Renkaista voi päätellä myös hirsirakennuksen iän.

Suotuisa asuminen Pohjoismaissa on vuosien saatossa edellyttänyt tietoa valita sopiva asuinpaikka ja taitoa rakentaa laadukas talo. Pohjoisen ankarat olosuhteet ovat ohjanneet asuinpaikan valinnassa ilmansuunnille ja pienilmastolle edullisiin paikkoihin. Pienilmaston merkitys talon paikkaa valittaessa on ollut suuri, sillä parhaimmillaan sillä on pystytty säästämään 20–30 prosenttia energian kulutuksesta (Mattinen 2003, 43). Ennen lämpöeristämisen yleistymistä suosiollisia asuinpaikkoja ovat olleet tuulelta suojaisat, valoisat rinteet sekä kylmältä ilmalta suojaisat vaarojen laet. Vastaavasti laaksojen pohjat ja tuulikuilut eivät ole olleet haluttuja raken-

nuspaikkoja. (Rautamäki 2001.)

Perinteisten rakennusten yksinkertainen, suorakaiteinen muoto, sekä harjakatto pitkin räystäineen ovat soveltuneet ilmastoomme hyvin. Siitä esimerkkejä meiltä löytyy useamman säilyneen talon verran. Taloudelliset rajoitteet ovat pakottaneet historiassa niukkuuteen ja kekseliäisyyteen. Sanonta ”Köyhän ei kannata ostaa halpaa” on pätenyt siinä mielessä, että rakennukset on tehty kestäviksi ja laadukkaista materiaaleista, sillä varaa korjauksiin ei ole ollut. Puulajit on tunnettu hyvin ja osattu määrittää kullekin puulajille sopiva käyttötarkoitus rakennuksessa. (Mattinen 2003, 46–47.)



Kuva 9: Maalaistalo aavalla paikalla ulkosaaristossa.



Kuva 10: Tuulensuojassa vanhassa ”bunkerissa” Utön saarella

Norja on ollut Suomen tavoin sosioekonomisesti samankaltaisessa asemassa ja täten myös rakennushistoriallisesti se on kaltaistemme. Puuta on ollut paljon saatavilla ja sen työstäminen helppoa verrattuna esimerkiksi kiveen, jonka käyttö keskittyi varakkaiden rakennusmateriaaliksi. Rakennukset olivat hyvin yksinkertaisia, muutamaan tilaan jaettuina. Rakennusta lämmitettiin keskeltä tulisijan voimin. (Holan 1990)

Pohjolassa ymmärrettiin jo varhain, että puurakenteen ei ole hyvä olla maata vasten, sillä kosteus, sekä lämpötilan vaihtelut lahottavat sitä. Tarvittiin materiaali, jolla ei olisi kapilaarista ominaisuutta ja havaittiin kiven toimivan tähän tarkoitukseen. Huomattiin tosin, että kivi johti maasta kylmää ilmaa. Tarvittiin materiaali, joka toimisi lämpökatkona puun ja kiviaineksen välissä. Tähän tarkoitukseen käytettiin tuhta. Lattian ilmaan noston myötä alapohjaa tuli eristää ja tiivistää, jotta tuuli ei pääsisi kulkeutumaan talon alta sisätiloihin.

Hirsitalot ovat vuosisatojen tuotekehityksen lopputulos. Pohjoisen kylmät ilmat ovat pakottaneet lämmittämään rakennuksia. Lämpöenergia on ollut heikosti saatavilla, joten hirsitalot on pyritty tekemään mahdollisimman tiiviiksi sekä lämpöä eristäväksi. (Museovirasto 2000 a.)

Ennen avustavaa talotekniikkaa, kuten lämmönsäätelyyn liittyviä laitteita, ikkunat pyrittiin suuntaamaan ilmansuunniltaan taloudellisesti ja niiden avulla säädeltiin asuntojen tuulettamista. Tällä oli merkittävä lämpötaloudellinen etu. (Mattinen 2003, 46–47). Edelleenkin hyvänä käytäntönä pidetään sitä, että oleskelutilat kuten olohuone ja keittiö on suunnattu niin, että ne saavat päiväsaikaan parhaiten luonnonvaloa ja pienin päivänvalon tarve on makuuhuoneissa.

2. PERINTEISTEN RAKENTEIDEN SOVELTUVUUS MUUTTUVISSA ILMASTO-OLosuhteissa

2.1 Perinnerakenteiden soveltuvuuden tarkastelumenetodi

Tässä luvussa käsitellään perinteisiä puurakenteita ja niiden soveltuvuutta muuttuvia ilmastolosuhteita ajatellen. Soveltuvuutta arvioidaan rakenne kerrallaan alla olevan taulukon avulla. Pääkriteereinä ovat kosteustekninen toimivuus (hygroskooppisuus), lämmönjohtavuus, kustannustehokkuus, käyttöikä, korjattavuus, ja materiaalien uusiutuvuus. Pääkri-

teerit ja kysymykset ovat itse valitsemiani ja mielestäni relevantteja pohtiessa rakenteiden soveltuvuutta muuttuvassa ilmastossa. Jokaisen rakennekappaleen kohdalla tarkastellaan syvemmin yhtä ns. perinteistä rakennetta, joka on myös valikoitunut kolmannen luvun koetalossa käytettäväksi.

Hygroskooppisuus	—	<input type="checkbox"/>	Onko rakenne hengittävä? Kestääkö rakenne kosteutta?
Lämpöenergian varastointi	—	<input type="checkbox"/>	Kykeneekö rakenne varastoimaan lämpöä?
Kustannustehokkuus	—	<input type="checkbox"/>	Löytyykö kotimaasta materiaaleja ja ammattitaitoa? Käytetäänkö kyseistä rakennetta edelleen?
Käyttöikä	—	<input type="checkbox"/>	Voiko rakenteelle osoittaa pitkää käyttöikää? Perustuuko rakenne pitkäaikaiseen kokemukseen*?
Korjattavuus	—	<input type="checkbox"/>	Voiko rakennetta korjata ja huoltaa? Voidaanko pääsääntöisesti olettaa, ettei korjaustoimenpiteet vaadi erityisosaamista?
Materiaalien uusiutuvuus	—	<input type="checkbox"/>	Ovatko rakenteen materiaalit uusiutuvia?

*pitkäaikaisen kokemuksen rajana pidetään aikaa ennen 60-luvun teollista rakentamista.

Kuva 11: Rakenteiden soveltuvuuden tarkastelutaulukko tulevaisuuden ilmastohaasteisiin.



HYGROSKOOPPISUUS

Rakennusmateriaalin ja -ratkaisun tulee olla riittävän hengittävä, jotta rakennus kestää tulevaisuudessa kosteuden lisääntymisen. Hygroskooppinen materiaali tai rakenne kykenee sitomaan ja luovuttamaan sekä nestemäistä vettä että vesihöyryä. Vettä imevä ominaisuus on etu rakenteessa sen suuren kosteuskapasiteetin ansiosta. (Saatsi 2017). Puu tunnetaan hygroskooppisesta ominaisuudestaan.

LÄMPÖENERGIAN VARASTOINTI

Rakennuksen lämmittämisen tarve tulee laskemaan tulevaisuudessa (ks. 1.2) ja viilennyksen tarve puolestaan kasvaa. Ominaislämpökapasiteetilla tarkoitetaan materiaalin ominaisuutta varastoida ja luovuttaa lämpöenergiaa (kJ) massaansa (kg) kohden lämpötilan muuttuessa. Lämmönläpäisykertoimella (U-arvo) vastaavasti tarkoitetaan rakenteen ominaisuutta päästää lämpöenergiaa lävitseen. Mitä pienempi U-arvo, sitä parempi on rakenteen lämmöneristävyys.

Lämmönläpäisykertoimelle on asetettu määräykset Suomen rakentamismääräyskokoelmassa (RakMk 2010), jotka rakenteen tulee täyttää. Ulkoseinälle arvo on 0,17 W/m²K. Hirsiseinälle ja massiivipuurakenteisille seinille on asetuksessa muita seinärakenteita suurempi lämmönläpäisykertoimen vertailuarvo. Helpotuksessa on otettu huomioon puun kyky sitoa hiiltä ja sen suotuisat vaikutukset ilmastonmuutoksen hillintään. Myös perinteinen hirsirakentaminen ja sen erityispiirteet pyritään täällä tavoitella turvaamaan. (Ympäristöministeriö 2018.)

Muuttuvissa olosuhteissa lämmönläpäisykyvyn sijaan merkitys rakenteiden kykyyn varastoida lämpöä mahdollisesti lisääntyy. Mitä isompi lämpökapasiteetti rakennusaineella on sitä paremmin ne pystyvät varastoimaan itseensä suoraa auringon lämpösäteilyä tai muita huonetilan tilapäisiä keskimääräistä korkeampia lämpötiloja. Lämmön varautuessa rakenteeseen huoneilman lämpeneminen hidastuu ja pienenee. (Siikanen 2008.)

KUSTANNUSTEHOKKUUS

Kustannustehokkuudella tarkoitetaan parasta mahdollista tulosta käytettyihin resursseihin suhteutettuna. Raha useimmiten ratkaisee materiaali- ja rakennusvalintoja. Tuotteiden hintaan vaikuttaa keskeisesti rakenteiden ja niiden eri komponenttien saatavuus ja tuotanto. Automatisoimalla tuotanto pystytään takaamaan tasainen valmistus niin laadun kuin ajankin näkökulmasta. Toisinaan tuotannon sivutuotteita voidaan hyödyntää rakennusmateriaaleina kuten kutterinlastuaja sahanpurua. Laadukas, ympäristöystävällinen, kotimainen ja monikäyttöinen rakennusmateriaali ei ole useinkaan edullisin valinta, joten kokonaisuutta on arvioitava harkiten.

Tavaran hinta kasvaa, kun kysyntä on tarjontaa suurempaa. Puutavaran kysyntä koronapandemian aikana on tästä hyvä esimerkki. Vuonna 2020 alkanut pandemia nostatti puutavaran kysyntää ja edelleen vuonna 2022 sahatavaran suosio on ollut kasvussa. Juuri ennen pandemiaa Suomen sahat seisovivat kuukauden lakon takia. Poikkeustilan myötä ihmiset jäivät koteihinsa ja heillä oli ns. ylimääräistä aikaa ja rahaa kulutettavanaan. Tämä aika käytettiin mm. uusiin puutyöharrastuksiin ja remontteihin. Sahat eivät ehtineet tuottamaan puutavaraa riittävästi kysynnän kasvuun nähden, joten sen hinta nousi. Puutavaran kustannukset ovat heijastaneet suoraan myös puurakentamisen hintaan. (MOT 2021.)

Myös lämmitykseen käytettävän energian kulutus on ollut suhteutettuna resursseihin. Edelliset vuosisadat elettiin jatkuvassa energiapulassa ja 1960-luvulla öljy oli edullista, sitä kulutettiin välinpitämättömästi ja kulutus kasvoi. Energiakriisi vuonna 1973 johti taas mittaviin energiakorjauksiin. (Museovirasto 2000 a.) Vuoden 2021 aikana mediassa

on puhuttu paljon öljyn hinnan kallistumisesta, ja tämä on ajanut monet tarkkailemaan asuntojensa lämmityskustannuksia ja vertailemaan eri lämmitysvaihtoehtojen välillä. Esimerkiksi Ylen joulukuussa (2021) julkaisemassa artikkelissa todettiin pörssisähkön hinnan kaksinkertaistuneen muutamassa kuukaudessa odotuksista. Tämän lisäksi pakkaset lisäsivät entisestään lämmityskuluja ja sähkölaskut kasvoivat ennätyslukemiin. (YLE 2021 b.)

KÄYTTÖIKÄ

Käyttöikä on tämän työn kannalta keskeinen tarkastelukriteeri. Materiaalille tai rakenteelle suotuista odotettava käyttöikä olisi mielestäni 50–100 vuotta. Meillä on Pohjoismaissa pitkä historia puurakentamisen parissa ja täten myös ajallista näyttöä on kertynyt siitä, mitkä ratkaisut ovat toimineet ja mitkä eivät. Viimeisten vuosisatojen aikana sääolosuhteet ovat vaihdelleet ja kaupungit ovat kokeneet erilaisia kriisejä sodista ja asuntopulasta kulkutauteihin sekä laajoihin tulipaloihin. Ikävistä tapahtumista on seurannut myös paljon hyvää ja vaikeat ajat ovat toimineet asuntotuotannon merkittävänä kehittäjätekijänä.

Nopealla kehityksellä on myös riskinsä. Esimerkiksi nopeasti tulevat rakennustekniset tai rakennustaiteelliset muoti-ilmiöt eivät välttämättä vastaa kaikkien toiveita ja tarpeita. Ilmiöt saattavat rantautua erilaisista ilmasto-olosuhteista, eivätkä siten toimi Suomen ilmastossa. Muoti-ilmiöiden haasteena on lisäksi se, miten ne rakennustaiteellisesti kestävät aikaa ja muuttuvia olosuhteita, vaikka tekninen toteutus olisikin pitkäikäinen. Rakennus, joka ei ole muuntojoustava menettää arvonsa, mikäli tarkoitus, jota varten se on rakennettu muuttaa muotoaan tai vaihtuu.



KORJATTAVUUS

Korjattavuus kulkee käsi kädessä rakenteiden käyttöiän kanssa. Rakennettaessa uutta, on kuitenkin hyvä ottaa huomioon mahdolliset tulevaisuudessa ilmenevät korjaustarpeet. Talo ei kestä sataa vuotta ilman, että sitä huolletaan välillä. Esimerkiksi eristysmateriaalin ikä on materiaalista riippuen noin 20–50 vuotta. Eristekerros sijaitsee usein rakenteen keskellä ja siihen päästykseen täytyy usein purkaa ulompia kerroksia. Mahdollisimman pieni purkamisen tarve säästää pintoja ja on täten kustannusten kannalta edullisin vaihtoehto.

Toisinaan ”kahvipöydässä” kuulee sanottavan, että on valittu uusi rakennus vanhan sijaan, koska se on ”huoltovapaa”. Sana ”huol-

tovapaa” on problemaattinen, sillä uusikin rakennus kaipaa huoltoa ja mikäli pieniä huoltotoimenpiteitä jätetään tekemättä, saattaa edessä olla isompikin remontti. Tällaisessa tapauksessa helposti purettavilla ja korjattavilla puurakenteilla on etulyöntiasema verrattuna aina ammattilaisen ja suuret koneet vaativiin rakenteisiin kuten sandwich-elementteihin.

MATERIAALIN UUSIUTUVUUS

Materiaalien uusiutuvuus on ympäristönäkökulmasta tärkeä kriteeri. Uusiutumattomia luonnonvaroja ovat sellaiset, joiden määrä on rajallinen. Näitä ovat mm. fossiiliset polttoaineet kuten öljy, jota käytetään myös monissa



Kuva 12: Vanhan talon korjaustyömaa Urössä.

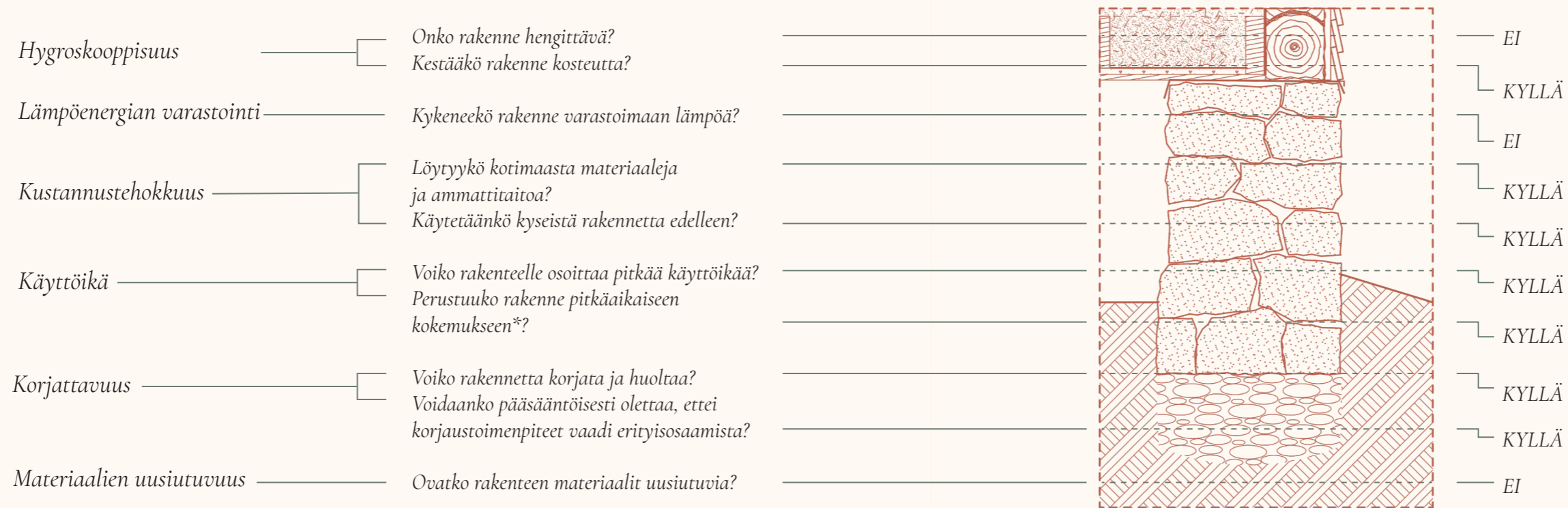


rakenteissa, joissa on liimaa tai muita muovipohjaisia tuotteita. Sen lisäksi, että fossiiliset polttoaineet ehtyvät, ne tuottavat palaessaan merkittävästi kasvihuonepäästöjä.

Puu ja muu eloperäinen, kuten ruoko, ovat uusiutuvia luonnonvaroja. Metsät toimivat hiilinieluinä, kun puut ja aluskasvillisuus sitovat hiilidioksidia yhteyttäessään. Kun puu kaadetaan rakennusmateriaaliksi, se ei enää sido itseensä hiilidioksidia. Tämä asettaa kysymyksen siitä, onko meillä varaa kaataa metsää. Vastaus ei kuitenkaan ole aivan yksinkertainen. Puuteollisuus Ry:n teettämän selvityksen (2019) mukaan, jos yksinkertaiste-

taan niin, että kaikki rakentamiseen käytettävä puu tulisi Suomesta, nykyisen saha- ja vaneriteollisuuden tulisi suunnata kokonaisuudessaan talonrakentamiseen. Todellisuudessa puutavaraa tuodaan Suomeen ja LUKE:n mukaan vuonna 2019 sahatavaraa, vanereja ja puulevyjä tuotiin 0,9 miljoonan kuution edestä. Selvityksessä oli skenaario kasvavasta puutavaran kysynnästä vuoteen 2035 ja sen mukaan raakapuun tarve olisi noin 0,9–1,4 % suomalaisten metsien vuotuisesta kokonaiskasvusta vuonna 2019. (Puuteollisuus Ry 2019)

2.2.1 Perustukset



*pitkäaikaisen kokemuksen rajana pidetään aikaa ennen 60-luvun teollista rakentamista.

Perinteinen perustamistapa Suomessa on ollut nurkkakivien päälle. Rakennukset ovat olleet pääasiassa puuta, mutta varhain jo huomattiin, ettei puu materiaalina sovi kovinkaan hyvin maata vasten.

HYGROSKOOPPISUUS

Hygroskooppiset ominaisuudet ovat perustusmateriaaleissa epäsuosiollisia ja perustukset ovatkin usein kiviaineksesta tehtyjä. Perustukset kohtaavat mahdollisesti suurimman kosteusrasitteen, sillä sadeveden ja tuulen lisäksi ne ovat tekemisissä pinta- ja vajoveden sekä maassa olevan kosteuden ja pohjaveden kanssa. Näiden rasitteiden lisäksi ilmastonmuutoksen myötä rakenteet altistuvat myös lisääntyvissä määrin tulvavesille. Tapoja varautua niihin ja niiden seurauksiin on korottaa perustukset mahdollisimman korkealle ja

huolehtia alapohjan tuulettamisesta. Luonnonkivillä ei ole kapilaarista ominaisuutta, joten vesi ei pääse niiden avulla kulkeutumaan maasta puurakenteisiin.

LÄMPÖENERGIAN VARASTOINTI

Perustusten materiaalivalinnassa lämpöenergian varastointikyky ei ole erityisen keskeinen, vaan valintaan vaikuttavat muut tekijät. Perustusten valinta lähtee pohjatutkimuksesta, jossa selvitetään maaperän kantavuus, kapilaarisuus ja routivuus. Mitä pienempi raekoko

maa-aineksella on, sen suurempi riski routimiselle on. Esimerkiksi savi on helposti routiva, kun taas sora toimii kapilaarisena katkona. (Siikanen. 2008.) Puurakennus on turvallinen perustettavaksi myös routivaan maaperään, sillä se sallii pienet rakenteelliset muutokset. Siitä ovat esimerkkeinä useat vanhat talot, jotka saattavat olla jo hyvinkin mutkalla, mutta edelleen pystyssä. Kovissa materiaaleissa kuten betonissa, routiminen saattaa ajan myötä aiheuttaa suuria halkeamia. Ilmastonmuutoksen myötä routiminen mahdollisesti vähenee (Ilmasto-opas n.d.), mikä luonnollisesti vähentää perustuksissa tapahtuvia routavaurioita.

KUSTANNUSTEHOKKUUS

Nykyisinkin kivijalkoja rakennetaan muotoon hakatusta kivistä. Kalliota ja kiviainesta Suomessa on paljon, mutta myös vanhoja valmiita kivijalkoja, joita voi hyvin uudelleen käyttää. Kierrättämällä vältetään tarpeeton uudistustanto. Kivijalka on käytännössä ikuinen, eikä sitä ole todennäköisesti tarvetta uusien rakennuksen elinkaaren aikana.

KÄYTTÖIKÄ

Luonnonkivijalka on teoriassa ikuinen. Voimme törmätä maaseudulla liikkeessamme säilyneisiin kivijalkoihin, joiden päältä talo on joko purettu tai palanut.

KORJATTAVUUS

Routimisen myötä perustuskivet saattavat liikahtaa pois paikoiltaan. Puutalon etuna on sen keveys, jolloin konevoimalla taloa pystytään kannattelemaan tarvittavasta kohdasta perustuskiven takaisinlaiton ajan.

Perustuksien liikkuminen ja painuminen vaikuttaa sen kannattelemiin rakennuksiin ja siksi on tärkeää tarkkailla muutoksia ja

korjata perustukset mahdollisimman nopeasti. Hirsirunko joustaa ja kestää hieman muutoksia, mutta jos runko pääsee vääntymään, se vaatii mittavampia korjaustoimenpiteitä. Korjaustoimenpiteitä on helppo ennaltaehkäistä huolehtimalla perustuksista ja se on taloudellisestikin kannattavaa.

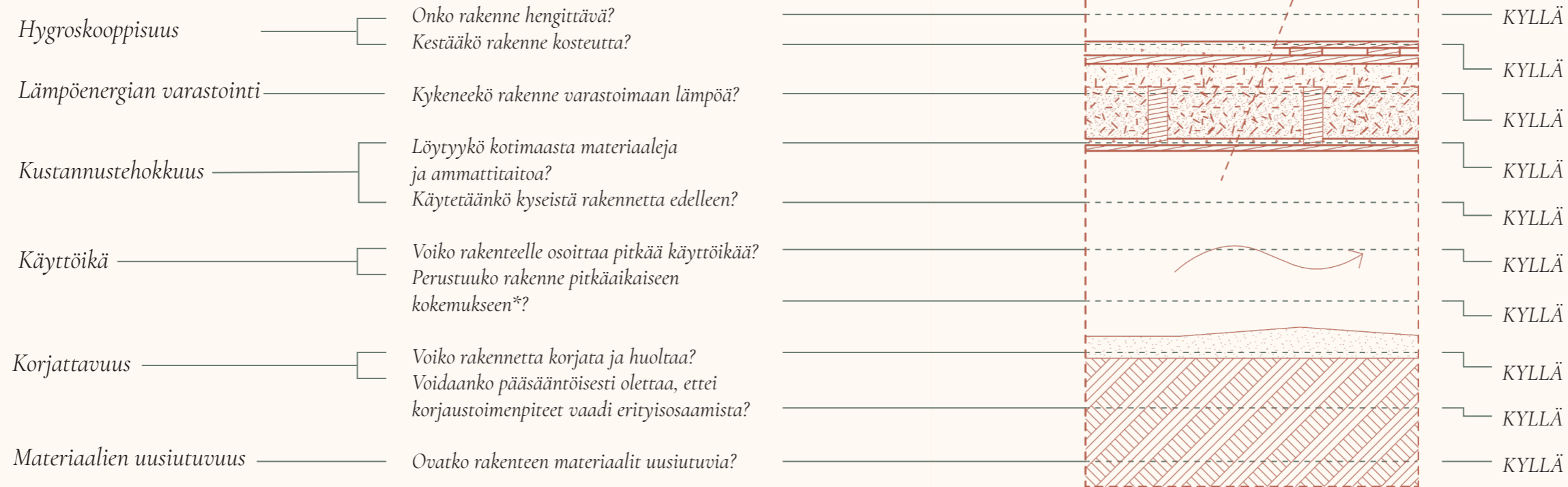
MATERIAALIN UUSIUTUVUUS

Suomalainen kallioperä ei ole uusiutuva.



Kuva 13: Halkosuoja vanhan talon kivijalassa

2.2.2 Alapohja



*pitkäaikaisen kokemuksen rajana pidetään aikaa ennen 60-luvun teollista rakentamista.

Ennen rakennettuja alapohjia oli maalattioita, joissa jalkojen alla oli paljas maa. Myöhemmin maan päälle alettiin latoa lautoja suojaksi. Multapenkki oli ensimmäinen eristeellinen alapohjatyyppe. Siinä lattiapinta nostettiin hirsien avulla irti maasta. Lautojen alla seiniä ja perustuksia vasten nostettiin multavalli, jotta kylmä ilma ei pääsisi eristeen ja alimpien hirsien välistä sisälle. (Saatsi & Saatsi 2018). Niin kutsutut rossipohjat yleistyivät 1800-luvun loppupuoliskolla. Niissä puu ja eristeosat eivät olleet enää maata vasten, vaan ne kannateltiin kaksinkertaisella palkistolla. Lämmöneriste sijaitsi lattialautojen ja

pohjalaudoituksen eli rossin välissä. Eristeen alle, rossilaudoituksen päälle levitettiin tuoheta tai savea, myöhemmin sanomalehtiä tai tervapaperia, jotta eriste ei pääse putoilemaan laudoituksen välistä. Samalla kerros toimi tuulensuojana. Itse eristeenä käytettiin ensin sammalta, turvepehkuja ja/tai olkia ja pellanpäistäreitä, myöhemmin sahanpurua ja kutterinlastua. (Cronhjort et al. 2011, 38–40.)

Nykyisin yleisin ja tulevassa koetalasetelmassa pohjarakenne on rossipohja, jossa alapohjarakenteen kerrokset ovat seuraavanlaiset: rossilaudoitus, jonka päällä on savikerros. Eristeenä on kutterinlastua. Asuin-

huoneissa lattiamateriaalina eristeen päällä ponttilaudoitus. Tuliherkillä aluilla pinta on savea ja kosteissa tiloissa keraamista laattaa. Nykyään vastaavanlaisessa rakenteessa suositetaan teollisesti tuotettavaa eristettä kuten kivi- tai selluvillaa.

HYGROSKOOPPISUUS

Alapohja on pääosin puuta, joten se on hygroσκοoppinen. Savikerros eristeen alla auttaa tasoittamaan alapohjan alta tulevaa kosteusrasitetta.

LÄMPÖENERGIAN VARASTOINTI

Alapohjaratkaisuilla on asuinmukavuuden kannalta tärkeää, ettei vetoa pääse synty-mään. Lattian ponttilaudoituksen etuna on lautojen välinen liitospala, joka sulkee välin tiiviiksi. Myös eristekerroksen alla olevan savi estää alhaalta tulevat tuulivirrat.

KUSTANNUSTEHOKKUUS

Eristeenä käytettävä edullinen kutterinlastu eli konehöylälastu on puutuoteteollisuuden sivutuote. Kutterinlastun alueellinen saataavuus vaihtelee puutuoteteollisuuden tuotannon mukaan. PaiBiRa -hankkeen selvitykseen vastasi 49 Pohjois-Pohjanmaalaista yritystä, jotka tuottivat yhteensä arviolta 32 1000 i-m³ kutterinlastua vuonna 2018. Pienemmät hankkeeseen vastanneet puutuoteteollisuusyritykset tuottivat arvion mukaan noin 30 000 i-m³. (BaiPiRa-hanke 2017–2020).

KÄYTTÖIKÄ

Jokainen rakenne vaatii joskus huoltoa, jotta se kestäisi vuosikymmeniä ja esimerkiksi eristekyvyn säilyttämiseksi kutterinlastua on hyvä lisätä noin 20 vuoden välein. Kutterinlastu ja puru painuvat jonkin verran kasaan vuosien saatossa (Laine 2010).

KORJATTAVUUS

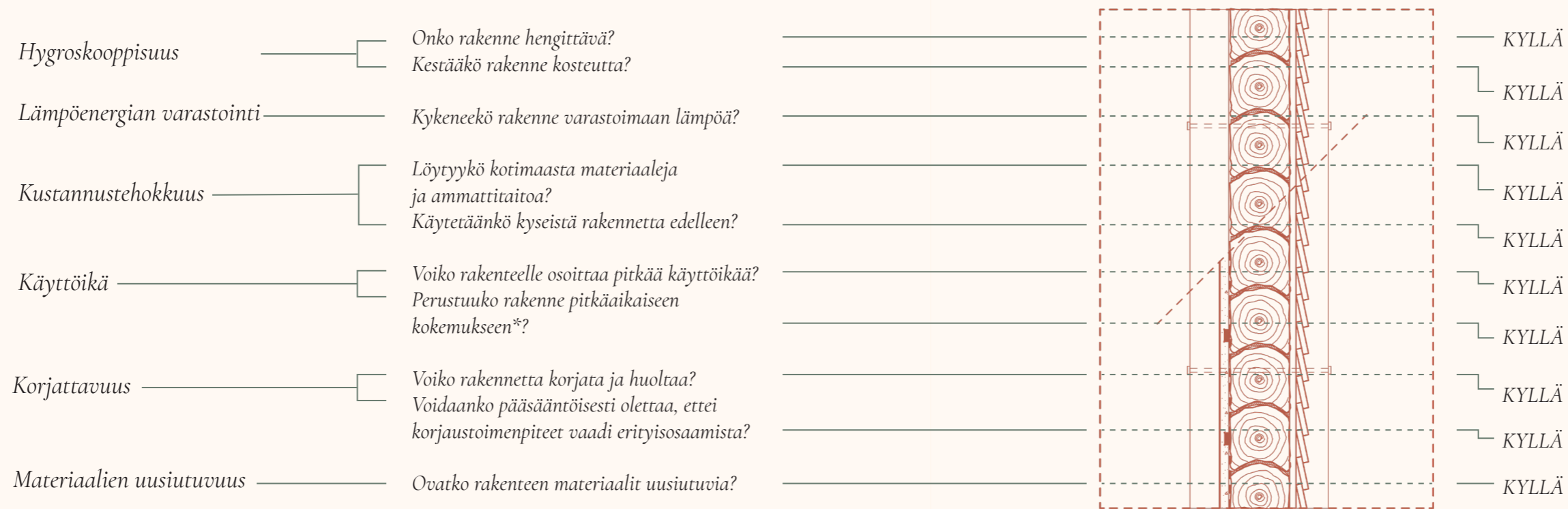
Alapohja kannattaa tarkistaa säännöllisesti, jotta vakavat vauriot todetaan ajoissa. Tarkastus kannattaa suorittaa alta ryömintätilasta (Cronhjort et al. 2011). Perinteistä puurossipohjaa on helppo korjata, sillä sitä on mahdollista purkaa pienissä osissa vahingoittamatta purettuja materiaaleja.

MATERIAALIN UUSIUTUVUUS

Edellä mainitut materiaalit ovat orgaanisista ja uusiutuvia materiaaleja. Ainoastaan savi ei uusiudu.



2.2.3 Ulkoseinät



*pitkäaikaisen kokemuksen rajana pidetään aikaa ennen 60-luvun teollista rakentamista.

Tässä kappaleessa keskitytään hirsirunkoisiin seinärakenteisiin, mutta ei jälleenrakentamiskauden puisiin rankarakenteisiin. Hirsirakentaminen on ollut perinteinen puurakentamisen tapa Suomessa aina 1920-luvulle saakka. (Puuinfo 2020 b.)

Taloja on Suomessa lautaverhoiltu tiettävästi jo 1600-luvulla. Siitä lähtien ne ovat reflektoineet kunkin aikakauden tyyliuuntia yksinkertaisesta koristeelliseen ja takaisin funkkisen korostamaan minimaalisuuteen. Huomattiin myös, että tuulisilla rannikoilla sille oli käytännöllinenkin tarkoitus. Se suojausi hirsiseinää säältä ja samalla esti

vedon syntymisen. Erityisesti etelä- ja itäseinustalla se esti rapauttavan vaikutuksen. Suomen yliopistossa ja taideakatemiassa kehitettiin 1700-luvulla teknisiä parannuksia, jolla pyrittiin lisäämään rakennuksen ikää ja parantamaan lämpötaloutta. Yksi tekninen parannus oli ulkoseinän tuulensuojakerroksen ja pontatun vuorilaudoituksen lisääminen. (Kotila 2002, 24–25, 32.)

Suomessa yleistyi myös 1600-luvulla rakennusten maalaaminen. Aluksi pintojen käsittelyä tehtiin vain tyylin ja jäljittelyn nimissä ja vasta 1700-luvun toisella puoliskolla ulkopintojen käsittelyn merkitys puunsuojana

havaittiin. Aluksi pintojen käsittely oli mahdollista vain varakkaammalle kaupunkiväestölle, mutta 1800-luvulle tultaessa myös maaseudulla punamullan käyttö yleistyi. Viimeisimpinä talon pintojen maalaus levisi ulkoosaaristoon sekä savupirttialueina tunnettuun Savoan ja Karjalaan. (Kaila 2007.)

Hirttä alettiin päällystää sisäpuolelta 1600-luvulta lähtien savirappauksella. Se olikin yleisin pinnoite aina 1800-luvun loppupuolelle, jolloin paperiteollisuus syrjäytti sen pinkopahvi- ja tapettituotteillaan.

Koetalon rakenne on massiivihirsirunko, jossa ulkopuolella on julkisivussa puinen,

punamullalla käsitelty vaakaverhoilu. Sisäpinnoissa on tilasta riippuen jätetty joko hirtet paljaaksi tai rapattu savella ja maalattu savimaalilla.

HYGROSKOOPPISUUS

Hirsitalon etuna pidetään erityisesti kosteusteknistä varmuutta, joka heijastuu sisäilman laatuun. Sisäilman kosteuden kasvaessa puupinnat sitovat kosteutta sisäilmasta ja luovuttavat sitä, kun huoneilma on kuiva. Huoneilman kosteus pysyy hyvin suositusalueella

käsittämättömien puupintojen ansiosta. Vaikutus heikkenee, jos puupinnat käsitellään pinnoitteilla, jotka estävät kosteuden siirtymistä. (Puuinfo 2020 c.) Tällaisia pinnoitteita ovat esimerkiksi muovipohjaiset ja hengittämättömät maalit sekä sisällä muovipintaistapetit.

Savi on kosteusteknisten ominaisuuksiensa vuoksi erinomainen pinnoitevalinta kosteissa tiloissa kuten pyykkihuoneessa. Savi ei kuitenkaan sovellu juoksevan veden alle, esimerkiksi suihkutilan lattia- ja seinämateriaaliksi. Saven erityispiirre on sen hengittävyys ja se tasaa huoneissa ilmankosteutta sitomalla ja luovuttamalla sekä nestemäistä että kaasumaista vettä. Savi on myös erittäin turvallinen, palamaton luonnonmateriaali, eikä siitä irtoa ihmiselle haitallisia yhdisteitä. Happamuutensa ansiosta se lisäksi suojaa puuta lahohtajasieniltä. (Rinne 2018, 57.)

LÄMPÖENERGIAN VARASTOINTI

Seinän ilmansuuntaan suuntautumisen lämpövaikutuksen suuruus sisäilman lämpötilaan riippuu seinän värin lisäksi sen materiaalista ja paksuudesta, jotka määrittävät seinän lämmönkestävyyden ja lämpökapasiteetin. (Siikainen 2008.) Keveydestä huolimatta puulla on hyvä lämmönvarauskyky.

Savea on käytetty kautta historian tilkitsemään hirsien välit (Kuva 13). Suomalainen savi on toiminut tähän erinomaisesti, kun sen seassa ei ole karkearakeisempia maa-aineksia, jotka heikentäisivät lämmönriistävyyyttä. (Volhard & Westermarck 1994, 26–32.)

Rakennuksen ulkopinnan lämpötila riippuu sekä vallitsevasta ulkolämpötilasta että pinnalle absorboituneista auringonsäteistä. Tuulen nopeudella tai suunnalla ei ole

edellisiin nähden suurta merkitystä. Pilvisenä päivänä pinnat lähentelevät ympäröivää lämpötilaa. Auringon paistaessa pinnalle suoraan, sen lämpötila saattaa kasvaa varjossa oleviin pintoihin nähden. Pinnan värillä on väliä. Vaalea seinä absorboi vähemmän lämpöenergiaa, joten sisäilman lämpötilan kannalta ympäröivällä lämpötilalla on suurempi vaikutus kuin pintaan tulevalla auringon säteilyllä. Vastaavasti tummemmat sävyt absorboivat säteilyä tehokkaammin, joten sisätilan lämpötilan kannalta auringon säteily on hallitseva tekijä. (Givoni 1997.) Cell Reports Physical Science- tiedelehti (2020) julkaisi tutkimuksen supervalkoisesta kattomaalista, joka heijastaa 95,5 prosenttia tulevasta auringonsäteistä tarkaisin avaruuteen. Maali myös parhaimmillaan viilensi rakennuksia 1,7 celsius-asteen verran verrattuna ympäristön lämpötilaan. (Xi 2020). Tällainen ominaisuus voisi teoriassa ratkaista asuntojen ylikuumentumisen kesäisin ja säästää viilennykseen tarvittavaa energiaa.

Tumman pinnan lämpötila saattaa kohota useammalla asteella ympäröivään lämpötilaan. (Givoni 1997.) Tampereen yliopiston rakennusfysiikan professori Juha Vinha esittää huolensa Suomessa vallitsevaan trendiin mustista taloista YLE:n julkaisemassa haastattelussa kesällä 2021. Hän toteaa, että auringonsäteet jäävät niihin vaaleampia pintoja tehokkaammin. Vinhan mukaan suunnittelussa tulisi huomioida lämpimät helteet lämpösäteilystä suojaavilla ikkunoilla ja ulkoisilla suojuksilla. Jutussa myös Talotekninen teollisuus ja kauppa ry:n toimitusjohtaja Ilkka Salo huomauttaa, että suunnitteluvaiheessa voidaan lämpötilaan vaikuttaa passiivisilla ratkaisuilla, kuten suuntaamalla rakennuksen ikkunat varjoisampiin ilmansuuntiin. (YLE 2021.)



Kuva 14: Hirren välit on tilkitty savimakkaroidilla

KUSTANNUSTEHOKKUUS

Hirsirunko on pääosin paikalleen rakennettava, mutta sen voi myös helposti kuljettaa tavallisilla kuljetuskalustoilla (Puuinfo 2020 d). Hirsitaloja rakennetaan edelleen, mutta pääpaino on pientalojen rakentamisessa. Yksi hirsitalojen rakentamiseen itsensä identifioiva yritys on suomalainen Honkatalot. Heidän katalogistaan (www.honkatalot.fi) löytyy niin perinteisiksi kutsuttuja kuin moderneiksi tituleerattuja hirsitalomalleja. Käsintehtyistä hirsistä valmistettu talo vaatii paljon käsityötä, eikä se täten ole välttämättä edullisin vaihtoehto. Hirsi on kuitenkin pitkäikäinen materiaali hyvin huollettuna ja sääolosuhteilta suojattuna.

KÄYTTÖIKÄ

Puuverhous voi kestää useita satoja vuosia. Riskejä ovat lahoamis-, hyönteis- ja homevauriot sekä vääränlaisen maalin aiheuttamat tuhot. Mitä paksumpi verhous sitä paremmin se myös kestää. (Soikkeli 2002, 68, 71.) Nykyiset eristemateriaalit ja muovimaalit vaativat tuuletusraon, mutta hirren päälle suoraan verhoiltaessa ja hengittäviä maaleja käytettäessä sen pois jättäminen on jopa suotavaa lämpöhäviöiden minimoimiseksi. (Kaila 1997, 415.)

KORJATTAVUUS

Hirsiseiniä pidetään kestävinä edellyttäen, että ne on oikein hoidettuja. Puurakenne tulee nostaa tarpeeksi ylös kosteasta maastosta, jotta lahoamista ei pääse tapahtumaan. Myös tarpeeksi pitkälle tulevat räystäät ovat tärkeitä sateen julkisivulle aiheuttaman rasitteen minimoimiseksi. Haurastunut hirsipinta on altis päästämään vettä sisälleen. Tämä aiheuttaa lahoamista, mikä tosin alkaa näkyä vasta noin 50-vuoden jälkeen. (Vuolle-Apiala 2016.) Vahingoittuneet hirret on mahdollista vaihtaa uusiin. Yleensä tällaisissa tilanteissa pyritään käyttämään vanhaa hirttä, sillä uusi hirsi tapaa painua kasaan. (Cronhjort et al. 2011.)

MATERIAALIN UUSIUTUVUUS

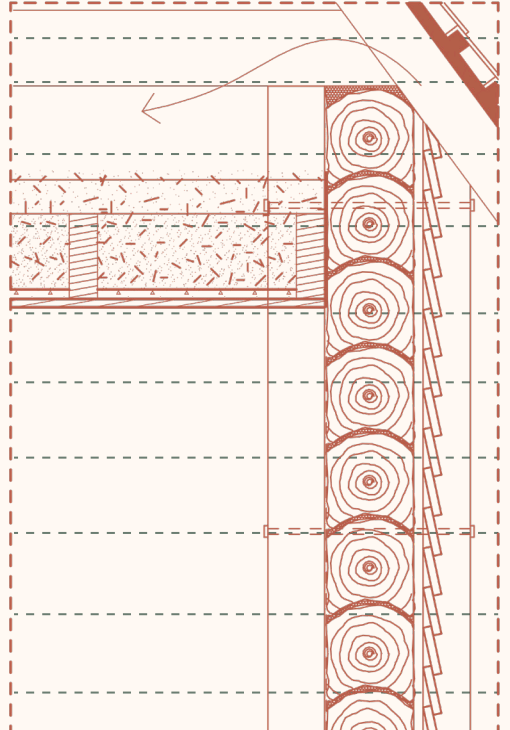
Puu on uusiutuva luonnonvara. Rakennuspuiden elinikä on laskenut 120–140-vuodesta 80-vuoteen, johtuen niiden varhaisesta kaatamisesta. Mitä vanhempi puu, sitä tiiviimpi se on, johtuen useammista vuosirenkaista. Savi sen sijaan on maakerros, joka on syntynyt useiden vuosituhansien aikana, eikä sitä täten voi kutsua uusituvaksi. Se on kuitenkin täysin luonnollinen materiaali ja se on mahdollista palauttaa luontoon rakenteesta poistamisen jälkeen.



Kuva 15: Hammasnurkka eli lukkonurkka



2.2.4 Yläpohja

Hygroσκοoppisuus	—	Onko rakenne hengittävä? Kestääkö rakenne kosteutta?	—		—	KYLLÄ
Lämpöenergian varastointi	—	Kykeneekö rakenne varastoimaan lämpöä?	—		—	KYLLÄ
Kustannustehokkuus	—	Löytyykö kotimaasta materiaaleja ja ammattitaitoa? Käytetäänkö kyseistä rakennetta edelleen?	—		—	KYLLÄ
Käyttöikä	—	Voiko rakenteelle osoittaa pitkää käyttöikää? Perustuuko rakenne pitkäaikaiseen kokemukseen*?	—		—	KYLLÄ
Korjattavuus	—	Voiko rakennetta korjata ja huoltaa? Voidaanko pääsääntöisesti olettaa, ettei korjaustoimenpiteet vaadi erityisosaamista?	—		—	KYLLÄ
Materiaalien uusiutuvuus	—	Ovatko rakenteen materiaalit uusiutuvia?	—		—	KYLLÄ/EI

*pitkäaikaisen kokemuksen rajana pidetään aikaa ennen 60-luvun teollista rakentamista.

Perinteisesti vanhoissa rakennuksissa on ollut eristämätön ja tuuletettu ullakko, ja lämmöneriste on sijainnut välipohjissa. Tällainen väljä ja tuulettuva rakenne on taannut sen, että talo ei ole päässyt kostumaan ja on pysynyt terveenä.

Yläpohjan eristemateriaaleja ovat olleet turve, sammal, olki ja/tai päistäre. Näiden päälle on asetettu hiekkaa painoksi. Myöhemmin yleistivät sahanpuru ja kutte-

rinlastu. Nämä materiaalit ovat vaihteleviin kosteusolosuhteisiin oivalliset, koska ne pystyvät sitomaan ja luovuttamaan suhteellisen paljon kosteutta. Hygroσκοoppiset puuperäiset eristeet ovat hyviä lämpö- ja kosteusteknisestä näkökulmasta.

HYGROSKOOPPISUUS

Muiden vaipan osien tapaan yläpohjan tulee olla hengittävä, jotta kosteus ei pääse varastoitumaan rakenteeseen. Hygroσκοoppisten materiaaliensa ja korkean tuulettuvan tilan ansiosta perinteisellä yläpohjalla on hyvä kosteustekninen toimivuus.

LÄMPÖENERGIAN VARASTOINTI

Hirsitaloissa yleisimpiä ilman vuotokohtia ovat yläpohjan ja seinän välinen liitos sekä yläpohjaa lävistävät rakenteet kuten hormit.

Näillä vuotokohdilla ei yleensä ole rakenteelle haittaa, mutta ne kannattaa tiivistää energiataloudellisista syistä. Mikäli epäilee yläpohjassa vuotopaikkoja, ne on helppo kartoittaa savun avulla. Lämmin ilma nousee ylöspäin ja hakeutuu kohtiin, josta se pääsee jatkamaan matkaansa. (Museovirasto 2000 a.)

KUSTANNUSTEHOKKUUS

Aivan kuten edellisissä kappaleissa kuvatut rakenteet, myös yläpohjassa käytettävät materiaalit ovat yleisiä puuteollisuuden tuotteita Suomessa. Eristeet, kuten sahanpuru ja kutte-rinlastu ovat sahateollisuuden sivutuotteita.

KÄYTTÖIKÄ

Ajallisesti 100–200 vuotta on aikajänne, jonka toiminnallisesti pitkäaikaiskestävä yläpohja tulisi kestää. Tällaisissa rakenteissa höyrynsulku tulee toteuttaa muovittomalla sitkeällä rakennuspaperilla tai tiiviimmällä puukuitulevyllä. (Siikanen 2008.)

KORJATTAVUUS

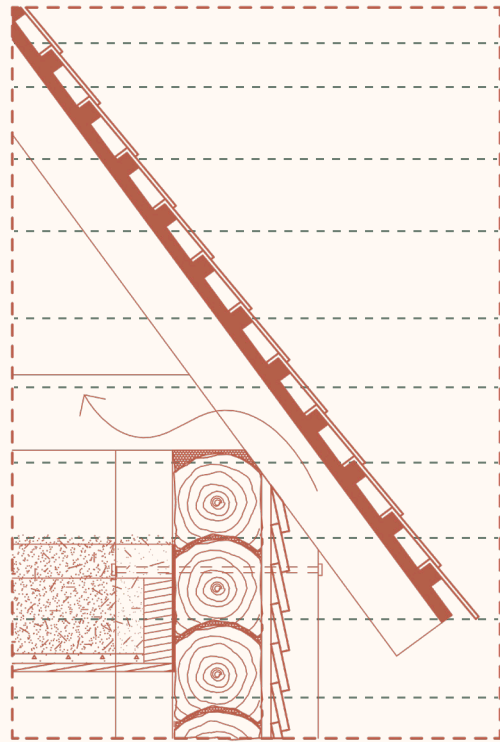
Puhtaat eristeet kuten kutterinlastu säilyvät tuuletetussa vintissä hyvin, eikä niitä ole useinkaan tarvetta uusida. Aivan kuten alapohjassa ne painuvat kasaan ajansaatossa, joten eristettä on hyvä lisätä noin kahden vuosikymmenen välein.

MATERIAALIN UUSIUTUVUUS

Yläpohjassa käytetään lähes samoja materiaaleja kuin alapohjassa. Päämateriaali on uusiutuva puu niin kantavana osana kuin eristeenäkin.



2.2.5 Vesikattorakenteet

Hygroskooppisuus	—	Onko rakenne hengittävä? Kestääkö rakenne kosteutta?	—		—	EI
Lämpöenergian varastointi	—	Kykeneekö rakenne varastoimaan lämpöä?	—		—	KYLLÄ
Kustannustehokkuus	—	Löytyykö kotimaasta materiaaleja ja ammattitaitoa? Käytetäänkö kyseistä rakennetta edelleen?	—		—	KYLLÄ
Käyttöikä	—	Voiko rakenteelle osoittaa pitkää käyttöikää? Perustuuko rakenne pitkäaikaiseen kokemukseen*?	—		—	KYLLÄ
Korjattavuus	—	Voiko rakennetta korjata ja huoltaa? Voidaanko pääsääntöisesti olettaa, ettei korjaustoimenpiteet vaadi erityisosaamista?	—		—	KYLLÄ
Materiaalien uusiutuvuus	—	Ovatko rakenteen materiaalit uusiutuvia?	—		—	KYLLÄ/EI

*pitkäaikaisen kokemuksen rajana pidetään aikaa ennen 60-luvun teollista rakentamista.

Suomessa yleisin kattomuoto perinteisessä rakentamisessa on ollut loiva satulakatto. Ensimmäisiä katemateriaaleja olivat tuohi ja lauta, mutta päre ja huopa syrjäyttivät ne 1800-luvun loppupuolella. Peltikatto on ollut Suomessa varakkaampien kattomateriaalina jo 1600-luvulta lähtien, mutta sekin yleistyi vasta teollistumisen myötä, samoin kuin savesta poltettujen, keraamisten kattotiilien käyttö. (Cronhjort, Y. et. al. 2011.) Luonnonkiveä, kuten liuskekiveä, ei Suomessa ole kovinkaan paljon hyödynnetty verrattuna esimerkiksi Norjaan, jossa se on säilynyt yleisenä katemateriaalina vielä tänäkin päivänä. Perinne-

rakentamisen materiaalit ovat olleet pääsääntöisesti valittu paikallisista raaka-aineista.

HYGROSKOOPPISUUS

Vesikattorakenteen tulee olla tiivis, jotta kosteus ei pääse sen läpi yläpohjarakenteisiin. Harjassa ja räystäiden alla, sateelta suojassa, tulee kuitenkin olla tarpeeksi isot tuuletusvälit, jotta ilma pääsee tuuletustilassa vaihtumaan.

LÄMPÖENERGIAN VARASTOINTI

Savitiili on materiaalina lämpöä varaava. Tiilen väri taas määrittää sen, miten katto absorboi auringosta tulevia lämpösäteitä. Mitä tummempi katto sen kuumemmaksi pinta menee auringonpaisteessa.

KUSTANNUSTEHOKKUUS

Savitiili on kattomateriaalina arvokkaimmasta päästä, mutta hintaa kompensoi materiaalin pitkäikäisyys. Suomesta löytyy useita sa-

vitiilen valmistajia, joten logistisesti niitä on myös läheltä saatavilla.

KÄYTTÖIKÄ

Esimerkkirakenteessa on valikoitunut katemateriaaliksi tiili sen pitkäikäisyyden vuoksi. Tiilikate kestää oikein huollettuna helposti 50 vuotta, kun taas peltikatteen ikä on noin 15–20 vuotta. Tiilikatteen ikään vaikuttaa pääosin sen aluskatteen kestävyys.

KORJATTAVUUS

Savitiilien särkyminen on yleisin tiilikaton ongelma. Särkymiseen voi johtaa katon loivuus tai sammalkerros, joka on pitänyt tiiltä kosteana. Ongelma on yleisempää pohjoislappeella, sillä aurinko ei kuivata sitä samalla tavalla kuin muita lappeita.

Särkyneet tiilet kannattaa vaihtaa mahdollisimman nopeasti, jotta kosteus ei pääse vaurioittamaan aluskatetta. Aluskate korjataan keräämällä tiilet sen päältä pois. Korjaustöiden jälkeen ehjät tiilet palautetaan paikoilleen.

MATERIAALIEN UUSIUTUVUUS

Savea ei lasketa uusiutuvaksi luonnonvaraksi. Se on kuitenkin luonnollinen ja puhdas materiaali. Aluskate on uusiutuvasta puusta.

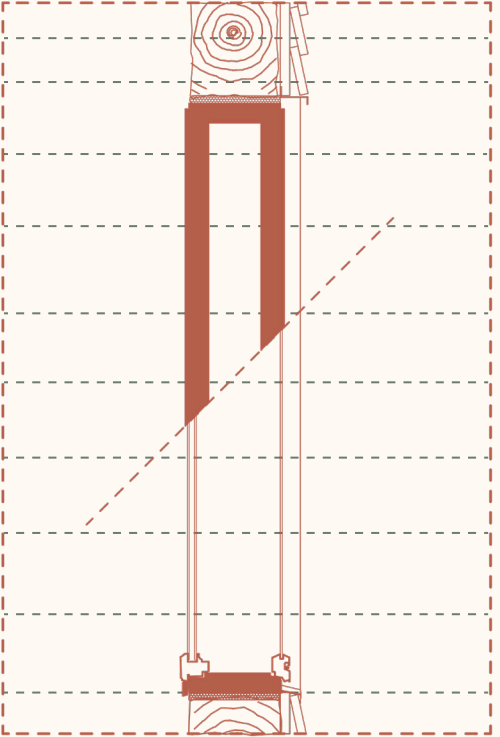


Kuvat 16 ja 17: Paanukatto Sottungan puukirkossa, kirkko on siirretty kunnostettu paikalleen vuonna 1802.



Kuva 18: Tuohikate pysyy paikallaan sen päälle asetettujen kivien ansiosta.

2.2.6 Ikkunat ja ovet

Hygroσκοoppisuus	—	Onko rakenne hengittävä? Kestääkö rakenne kosteutta?	_____		— EI
Lämpöenergian varastointi	—	Kykeneekö rakenne varastoimaan lämpöä?	_____		— KYLLÄ
Kustannustehokkuus	—	Löytyykö kotimaasta materiaaleja ja ammattitaitoa? Käytetäänkö kyseistä rakennetta edelleen?	_____		— EI
Käyttöikä	—	Voiko rakenteelle osoittaa pitkää käyttöikää? Perustuuko rakenne pitkäaikaiseen kokemukseen*?	_____		— KYLLÄ
Korjattavuus	—	Voiko rakennetta korjata ja huoltaa? Voidaanko pääsääntöisesti olettaa, ettei korjaustoimenpiteet vaadi erityisosaamista?	_____		— KYLLÄ
Materiaalien uusiutuvuus	—	Ovatko rakenteen materiaalit uusiutuvia?	_____		— KYLLÄ
					— EI
					— KYLLÄ/EI

*pitkäaikaisen kokemuksen rajana pidetään aikaa ennen 60-luvun teollista rakentamista.

Ikkunapuissa käytettiin hitaasti kasvanutta, täysin suoraa, oksatonta, tiheäsyistä, honkiintunutta ja pihkaista mäntyä, jonka oli annettu kuivua ensin ulkona ja sitten sisällä ainakin pari vuotta (Mattinen 2003, 46–47 & Cronhjort et al. 2011, 52).

Vanhat ulko-ovet ovat matalia, sisäänpäin kääntyviä ja yksilehtisiä lautaovia. Myöhemmin tiiviyden parantamiseksi oviin lisättiin vaakaan ponttilaudoitus. Kaksiosaisia ovia tehtiin myös. Niissä yläpuolinen osa voitiin jättää auki, jotta ilma pääsi vaihtumaan ja aurinkoa saatiin sisään. Sekä ovet että helat käsiteltiin ja suojattiin kosteudelta yleensä tervalla.

HYGROSKOOPPISUUS

Hyvä ikkuna on tiivis ja toiminnaltaan sellainen, ettei se päästä kosteutta kertymään lasien väliin. Ovet ja ikkunat on asennettu tiiviisti, jotta niiden asennusaukkojen välistä ei myöskään pääse kosteutta siirtymään aukotonta seinärakennetta helpommin.

LÄMPÖENERGIAN VARASTOINTI

Ikkuna-aukotuksella on merkittävä rooli asumisviihtyvyyden, miellyttävän sisälämpötilan, rakennuskustannusten sekä lämmittämi-

seen menevän energiankulutuksen kannalta. Kesäisin suoralla auringonlämpösäteilyllä voi olla negatiivinen vaikutus sisätilan lämpöolosuhteisiin. Asuntojen ylikuumentamista on aikojen saatossa pyritty hillitsemään erilaisin katoksin, verhoihin ja luukkujärjestelmin.

Nykyisin ikkunat ovat hyvin teknisiä ja ikkunavalmistajat lupaavatkin tuotetiedoissaan ehkäistä lasien avulla mm. huoneiden ylikuumentamista ja haitallista UV-säteilyä. Ikkunoilta vaaditaan muuntojoustavuutta eri sääolosuhteisiin ja talvisin halutaan, että ne pitävät kylmän poissa, kun taas keuhäisin ja kesäisin ikkunoiden läpi tulevaa lämpösäteilyä halutaan hallita. Näitä ajatellen ikkunapuihin

on mahdollista liittää erilaisia lisävarusteita kuten raitisilmaventtiileitä ja sälekaihtimia.

KUSTANNUSTEHOKKUUS

Suomalaisilla ikkunan valmistajilla on lähes monopoliasema Suomen markkinoilla, sillä ne ovat keskittyneet juuri kotimaisiin tarpeisiin. Ikkunat ja ovet ovat tärkeässä roolissa talon energiankulutuksen kannalta. Ikkunat luokitellaan nykyään samanlaisin energiamerkein (E-luku) kun kodinkoneet.

Nykytrendi isoista ikkunoista ei ole energiatehokkain vaihtoehto, sillä suuri ikku-



napinta-ala lisää lähtökohtaisesti ulkovaipan lämpöhäviötä kylmällä kelillä. Vastaavasti lämpimällä kelillä isot ikkunat päästävät suurelta alueelta auringon lämpöenergiaa sisälle kuumentaan näin sisälämpötilaa. Lämmöneristävyydeltään hyvienkin ikkunoiden lämmöneristävyys on selvästi ulkoseinän lämmöneristävyyttä kehnempi. (Andersson et. al. 2015.)

KÄYTTÖIKÄ

Hyvin huollettuna ikkunapuiden ei pitäisi päästä lahoamaan ja ne säilyvät hyvinä pitkään. Edelleen meillä on vanhojen talojen ikkunoita, joita asianmukaisella kunnostamisella on saatu pidettyä hyvinä.

KORJATTAVUUS

Ulko-ovien kunnossapito ei vaadi julkisivun huollosta poikkeavia toimenpiteitä. Puuovien pinta käyttäytyy samalla tavoin kuin julkisivulaudoitus säärasitteessa.

Sekä ikkunoiden puuosat että ovet turpoavat kosteudesta ja niiden avaaminen sekä sulkeminen voi hankaloitua. Sään vaihtuessa kuivemmaksi puuosat jälleen kutistuvat, jolloin ongelma katoaa yleensä itsestään. Lasi ei kykene korjaamaan, joten sen rikkoutuessa on vaihdettava tilalle uusi lasi.

MATERIAALIEN UUSIUTUVUUS

Karmimateriaalina käytetään pääsääntöisesti mäntyä ja ovilehtikin voi olla puinen, joten sekä ikkunat että ovet ovat ainakin osittain uusiutuvista materiaaleista.



Kuva 19: Ikkunahuukut suljettuna Qwenselin talossa

2.3 Johtopäätökset

HYGROSKOOPPISUUS

Tulevaisuuden muuttuva ilmasto asettaa painetta keskittyä yhä enemmän rakenteiden kosteustekniisiin ominaisuuksiin. Tiedämme hyvin, miten puu materiaalina toimii erilaisissa kosteissa olosuhteissa. Meillä on siitä näyttöä vuosisatojen ajalta. Puu on hygroσκοoppinen materiaali, mikä on hyvä tulevaisuuden kosteiden ilmastojen kannalta. Se ei kuitenkaan ole homeelta tai lahoamiselta vapaa rakenne, vaan väärin hoidettuna nämäkin riskit ovat olemassa. Puu rakenteena tasaa huoneiden ilman kosteutta. Perinnerakentamisessakin käytetty savi on myös kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan toimiva asuinrakentamisessa.

Maan sisään, talon alle kaivetut kellarit yleistyivät vasta myöhemmin 1900-luvun puolen välin jälkeen ja niitä käytettiin pääasiassa ruuan ja tavaroiden säilytykseen. Myöhemmin niihin alettiin rakentamaan myös märkätiloja. Koska lämmin maanalainen asuintila on suhteellisen uusi ilmiö ja sisältää omat haasteensa, jää mielenkiintoisen aiheen käsittely ja tutkiminen tulevaisuuden tutkijoille.

LÄMPÖENERGIAN VARASTOINTI

Nykyaikaiset määräykset ja standardit tuottavat haasteen rakentamiselle, jossa noudatetaan perinteisiä menetelmiä. Tällä hetkellä massiivipuorakenteet saavat helpotusta pientalon energiatehokkuusvaatimuksiin. Helpotus käsittää niin kokonaisenergiankulutuksen (E-luku), että lämmönläpäisykertoimen (U-arvo).

Seija Linnanmäki pohtii kirjassa Asiastazkirjoituksia restauroinnista ja rakennussuojelusta (2011) voisiko ihmisten asumisen standardien muutoksella vastata ilmastomuutokseen. Hän esittelee kirjoituksessaan muun muassa ”villasukkastandardin”, joka kyseenalaistaa ihmisen tarpeen hallita ko-

neellisesti kaikkia huoneidensa lämpötiloja. Asukas voi omalla fysiologisella lämmönsäätelykyvyllään (physiological adaptation) totuttautua viileämpään huonelämpöön. Toiminnallisella mukautumisella (behavioural adaptation) asukas voi kylminä vuodenaikoina valita tietyt tilat, jotka lämmittävät esimerkiksi tulisijan tai pattereiden avulla. Tällaisella standardin muutoksella olisi suuri säästö rakennuksen energiankulutukseen. (Linnanmäki 2011, 117–120). Tällainen teoreettinen standardi ajaisi myös arkkitehtejä ja rakennusten suunnittelijoita miettimään suunnitelmiaan vuodenaikojen ehdoilla eikä koneisiin nojautuen. Esimerkiksi suunnittelija voisi pohtia, millä arkkitehtonisilla ja rakenteellisilla keinoilla saataisiin tietyt tilat pidettyä lämpimänä talviaikaan ja vastaavasti jotkut tilat mukavan viileinä kuumina kesinä ilman, että ollaan riippuvaisia toimivista koneista. Näen arvoa tällaisella suunnittelulla erityisesti tulevaisuuden muuttuvassa ilmastossa, jossa viilennyksen tarve tulee kasvamaan merkittävästi.

Massiivihirren haasteena pidetään heikkoa lämmöneristyskykyä. Tähän kosteusteknisesti parhaimpina ratkaisuna pidetään ulkopintaan asennettua ja ulkoverhouksen taakse jäävää eristettä. Tällöin menetetään kuitenkin alkuperäinen hirsijulkisivu. (Vinha 2013.) Monet korjausrakentamisen oppaat kuitenkin pitävät tärkeimpänä hirsirungon tiivistämisen, eivät niinkään lämmöneristämistä. Puun kyky varata lämpöä kompensoi sen heikkoa lämmöneristävyyttä.

Talotekniikka mahdollistaa paljon ja se kehittyy koko ajan. Talotekniikalla pystytään luomaan helposti sopivat olosuhteet sisätiloihin ja rakenteisiin, mutta niin kuin mikä tahansa tekniikka, riski vioille on olemassa. Ei tosin voi väittää, etteikö tekniikan kehityessä siitä voisi olla myös paljon apua tulevaisuuden ilmastohaasteissa. Toimivien rakenteiden ja talotekniikan hybridimalli voi tulevaisuudessa olla toimiva vaihtoehto.



KÄYTTÖIKÄ

Suomessa on useiden satojen vuosien takaa näyttöä mikä toimii ja mikä ei. Voimme esimerkiksi sanoa, että puuta ei kannata laittaa maata vasten käsittelemättömänä sillä se lahoaa varmasti. Aika on näyttänyt, että tuulettuvat rakenteet pystyvät muuntautumaan vaihtelevien ilmasto-olojen mukaan ja rakenteita huoltaen ne voivat olla hyvin pitkäikäisiä.

KORJATTAVUUS

Lähes kaikki on korjattavissa. Vahingoittunut hirsi voidaan korvata uudella, painuneeseen ja lämmöneristävyydeltään heikentyneeseen eristekerrokseen lisätä eristettä, savirapattuun seinään lisätä savea

vaurioituneeseen kohtaan ja niin edelleen. Materiaaleja saa läheltä, parhaassa tapauksessa omalta tontilta. Useammat korjaustoimenpiteet eivät vaadi ammattilaista ja tietoa on saatavilla helposti kaikille korjauksesta kiinnostuneille.

KUSTANNUSTEHOKKUUS

Puurakentaminen mielletään pitkälti käsitaidonnäytteeksi. Kuitenkin rakentaessa sarjatuotettuja taloja, kustannusten kannalta tärkeää on, että rakennusten pystyttäminen on yksinkertaista ja ammattitaitovaatimus vähäistä. Suomen jälleerakentamisen ajalle sijoittuva Puutalo Oy:n tarina on onnistunut esimerkki teollisesti esivalmistetuille puutaloille. Silloiseen asuntopulaan kehitetystä tyyppitalosta tuli lopulta myös vientituote ja suo-

malaisia taloja rakennettiin ympäri maailmaa. (New Standards 2021.)

Lyhyillä kuljetusmatkoilla on ympäristön ja ilmastomuutoksen kannalta positiivinen rooli suhteessa pitkiin kuljetusmatkoihin. Puurakentaminen on mahdollista täysin kotimaisista raaka-aineista. Suomesta löytyy ammattiosaamista ja tietämystä sekä puuta, mutta toimintaa voisi olla laajemmassa mittakaavassa. Kotimaisuudella on kustannustehokkuuden sekä ympäristöystävällisyyden näkökulmasta myös logistinen etu. Rahti-liikenteeltä vältytään, mikäli rakennusmateriaalit saadaan kerättyä ja työstettyä kotimaassa. Huomionarvoista on, että lähes kaikki perinteisistä materiaaleista on uudelleen hyödynnettävissä. Vanhoja hirsitaloja korjattaessa hyödynnetään usein toisen vanhan talon hirsistä. Syynä tähän on, että vanhoissa hirsissä puun ”eläminen” on tasoittunut, eikä suuria muutoksia enää tapahdu. Mikään ei myöskään poissulje, etteikö vanhoista hirsistä voisi rakentaa uusia taloja. Tällöin säästyttäisiin uuden hirren painumiselta, joka on noin 2–4 cm metriä kohden (Vuolle-Apiala 2016). Vanhan hirren uudelleen käyttäminen tosin rajaa enemmän arkkitehtuuria. Käytettyjä hirsistä on rajallisesti saatavana ja vanhat salvokset eivät enää käy, jos rakennetaan malliltaan erilainen rakennus. Hirsistä on mahdollista pidentää jatkamalla, mutta se taas lisää työvaiheita.

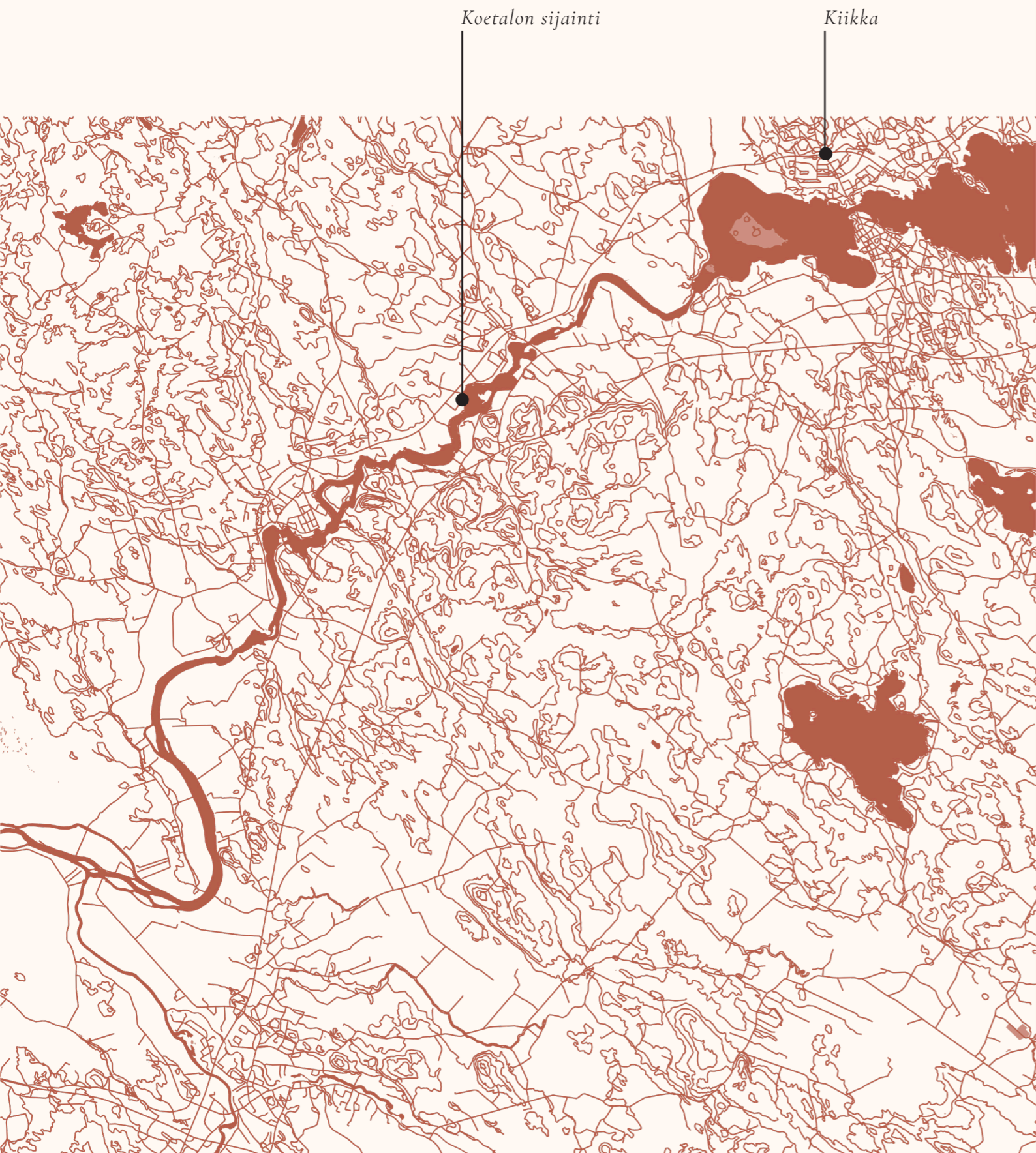
Savi on myös helposti kierrätettävissä. Saven saa helposti vanhoista rakenteista pois ja lisäämällä siihen vettä, siitä saa taas täysin pätevän laastin. Vaihtoehtoisesti sen voi palauttaa takaisin luontoon. Myös vahingoittunut saviseinä on helppo korjata lisäämällä savea vaurioituneeseen kohtaan.

MATERIAALIEN UUSIUTUVUUS

Pohtiessa tulevaisuuden ilmastokenaarioita, on hyvä muistaa myös, että maailma kehittyy ja esimerkiksi teknologia menee nopeasti eteenpäin. Lait päivittyvät hiljalleen riittävän tutkimusnäytön myötä. Ja voidaankin ajatella, että tällä hetkellä suunnittelua ohjaavat nykyiset lait ja määräykset voivat joko olla tiukentuneita, muuttaneet muotoaan tai poistettu tarpeettomina. Ne alat kehittyvät nopeiten, jotka pyrkivät ratkaisemaan globaaleja ongelmia, kuten ilmastomuutosta, köyhyyttä ja pandemioita. Myös sellaisilla aloilla on kiire kehittyä, jotka alkavat näyttäytymään negatiivisessa valossa tieteellisten tutkimusten näytön pohjalta. Tällaisia tuotantoaloja ovat muutama mainitakseni fossiiliset polttoaineet, lihateollisuus sekä pikamuoti.

Jos lähemme oletuksesta, että teknologia kehittyy ja fossiilisten polttoaineiden kulutus esimerkiksi lämmityksessä korvaantuu uusiutuvalla energialla voi seurauksena parhaimmassa tapauksessa olla se, ettei rakennusten lämmittämisellä tai viilentämisellä ole enää ympäristö- tai talousnäkökulmasta suurta merkitystä.





3. PIENTALO TULEVAISUUDEN ILMASTO-OLOSUHTEISIIN

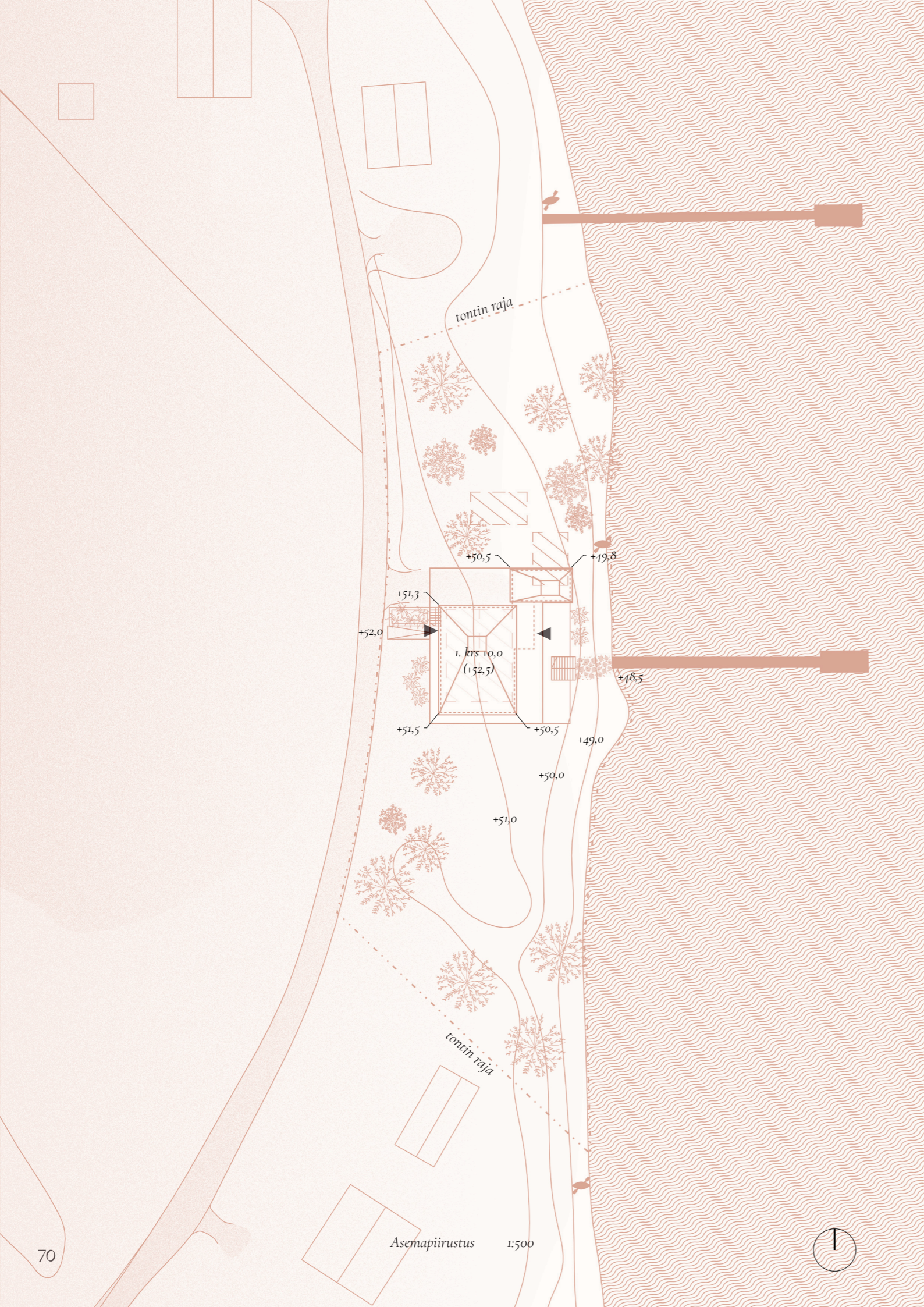
3.1 Alustus

Tässä luvussa esitellään edellisen luvun tarkastelumenetödien pohjalta suunnittelemani koetalo. Suunniteltu rakennus on moderni pientalo ja mittakaavaltaan perinnerakennusten kaltainen. Tavoitteena oli täysin luonnollinen ja muoviton ratkaisu tulevaisuuden ilmasto-asteisiin. Huomioiden kuitenkin nykyiset määräykset, jouduttiin tästä periaatteesta poikkeamaan vesieristysten kohdalla.

SIJAINTI

Suunnitelman tontti sijaitsee Kokemäenjoen rannassa Sastamalassa Kiikan kylässä.

Kokemäenjoki on yksi Suomen merkittävimmistä tulvariskin omaavista vesialueista (Parjanne et. al. 2018). Yle kertoi toukokuuisessa jutussaan Kiikassa parinkymmenen vuoden sisällä olleista hankalista tulvatilanteista. Näiden varalle on aloitettu Pirkanmaan ELY-keskuksen teettämä kartoitus, jonka tarkoituksena on helpottaa tulvatorjunnan suunnittelua. (Tanninen 2021.) Tämän diplomityön tekoaikaan kyseisen joenuoman tulvariskikartoitusta ei ollut vielä saatavana. Kyseinen tontti on kiinnostava, koska siinä on Kokemäenjoen virtaussuuntaan nähden kapenema eli niin sanottu pullonkaula. Suunnitelmassa oletetaan tontin kuuluvan tulvariskialueeseen, koska työn käsitellessä ilmastonmuutosta, haluan ottaa mahdollisimman paljon tulevaisuuden skenaarioita huomioon.




3.2. Rakennuspaikka

Tontti rajautuu Kokemäenjoen ja Lammintien väliin. Omaa rantaviivaa tontilla on noin 90 metriä. Kyseisellä tontilla sijaitsee kolme purkukuntoista rakennusta: omakotitalo ja kaksi piharakennusta. Kiinteistömaailman myynti-ilmoituksen mukaan tontilla on rakennusoikeutta 180m². Uusi talo tulisi vaatimaan poikkeusluvan, koska tontin pisin mitattu matka rantaviivasta ulottuu vain noin 20 metrin päähän ja kyseinen mitta ei ole enää

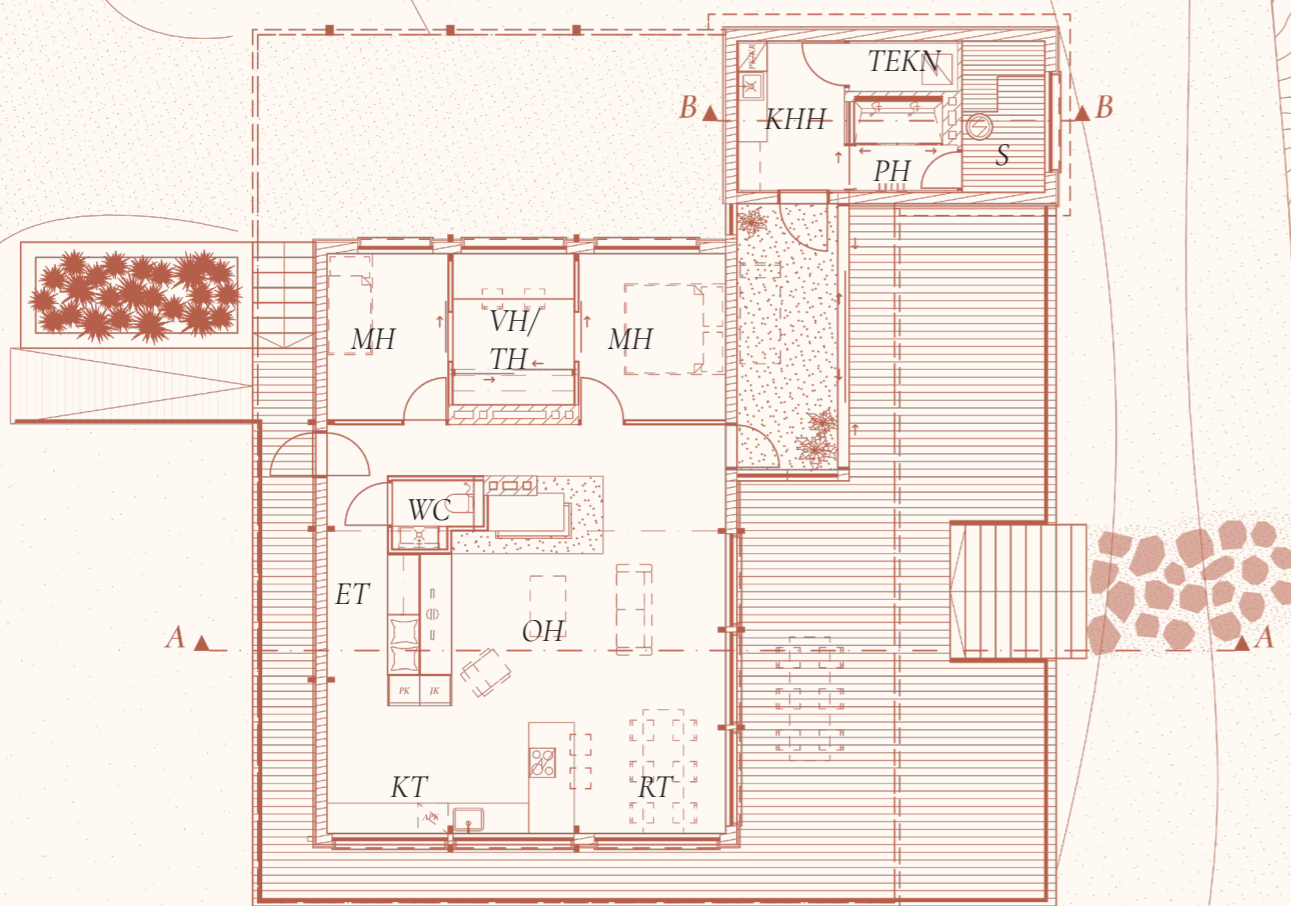
nykymääräyksen mukainen. Työn rakennus on sijoitettu tontille sen puretun päärakennuksen tilalle. Koetalo sijoittuu rinteeseen, niin, että itäiseltä puolelta lattiataso on noin puolitoista metriä maan pinnasta ja kadun puolella puoli metriä. Tulvariskin takia rakennus on haluttu nostaa maasta riittävän korkealle. Jotta sisäänkäynti olisi esteetön on tieltäpäin viiden metrin luiska terassitasanteelle.



Kuva 20: Havainnekuva koetalosta Lammintieltä. Esteetön sisäänkäynti toteutetaan luiskan avulla.

 Tontilta purettavat rakennukset

KOKONAISALA: 138 m²



3.3 Huonetilojen optimointi

Koetalo on suunniteltu vastaamaan mittasuhteiltaan purettua rakennusta. Kohderyhmänä on pieni perhe, joka voisi käsittää esimerkiksi kaksi aikuista ja yhdestä kahteen lasta. Makuuhuoneita on kaksi, joiden lisäksi niiden välissä on vaatehuoneen ja työhuoneen kombinaatio. Tämä huone on mitoitettu muuntojoustavaksi niin, että tarpeen vaatiessa sen voi ottaa makuuhuonekäyttöön.

Huonejaossa on pyritty maksimoimaan sisätilan huoneiden käyttötarkoitukselle optimaalinen ilmansuunta. Makuuhuoneet sijaitsevat pohjoisessa ja näin saadaan myös kesäaikaan pidettyä ne viileimpänä osana taloa. Oleskelutilat eli olohuone, keittiö ja ruokailutila ovat yhtä ja avointa tilaa. Niihin on ikkunat sekä itään että etelään. Rakennuksessa on itä- ja eteläjulkisivuilla katosta, jonka tarkoitus on varjostaa oleskelutiloja aurinkoisina päivinä. WC-tila sijoittuu sisäänkäynnin ja eteisen välittömään läheisyyteen.

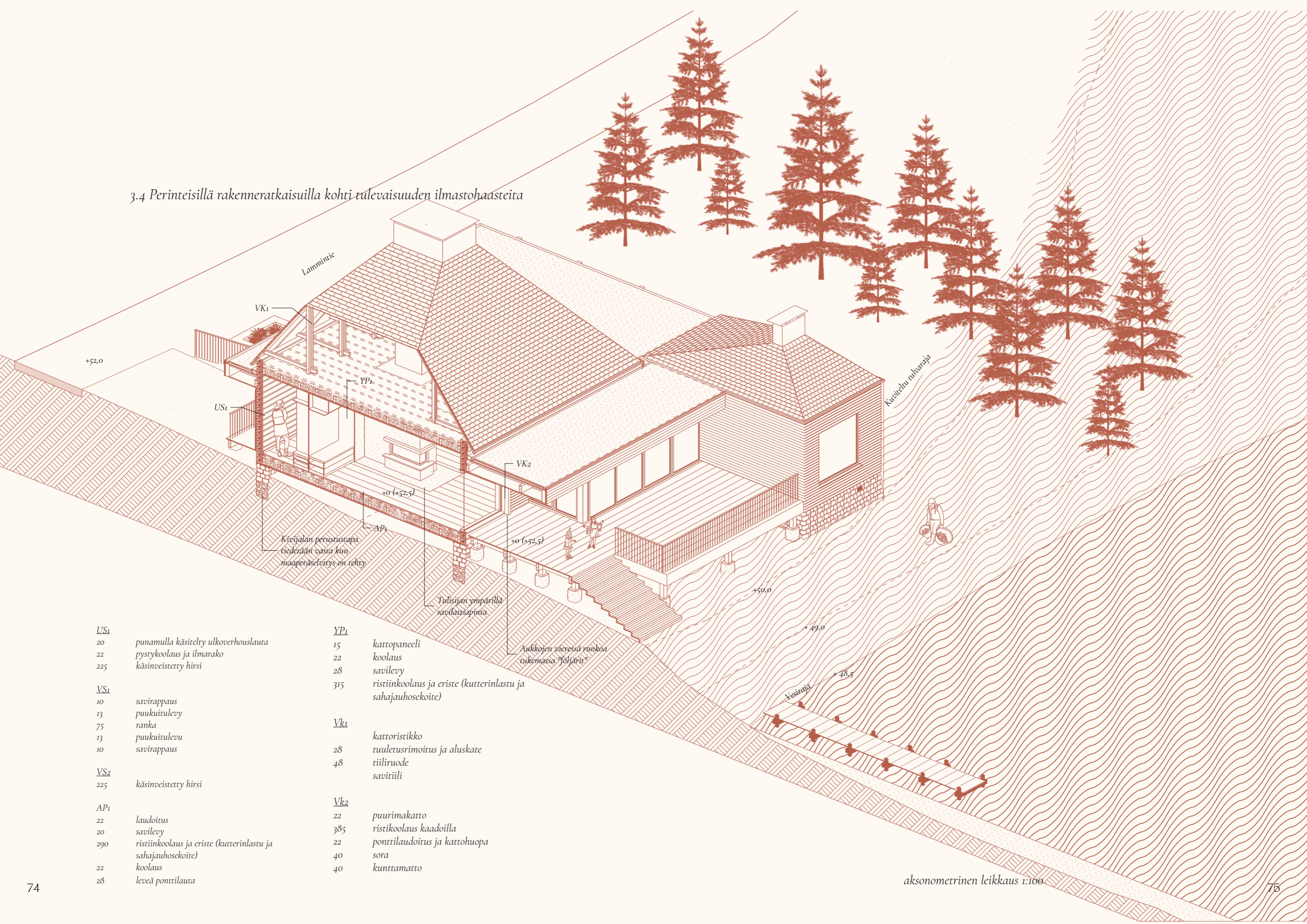
Peseymistilojen siirryttyä sisätiloihin on asuntojen kosteusrasitus kasvanut. Ilmastonmuutoksen myötä myös ulkoinen kosteus lisääntyy ja rakenteiden kosteusrasitus tulee kasvamaan sekä ulkoa että sisäpuolelta. Vielä vuosisadan alussa peseytyminen ja pyykkääminen hoidettiin omassa ulkorakennuksessa. Kosteusrasituksen kasvu mielessä pitäen on koetaloon suunniteltu oma märkätilojen siipi. Historiasta poiketen kulku märkätiloihin ei tapahdu ulkokautta, vaan ne on yhdistetty päämassaan lämpimällä viherhuoneella. Etuna tällaisessa märkätilojen irrottamisessa on se, että rakenteet pystytään suunnittelemaan juuri märkätilojen ehtojen mukaisesti siipiosaan. Myös mahdolliset kosteusrasitusten tuomat varhaisemmat korjaustarpeet rajoittuvat pieneen osaan rakennusta eikä päämassaan ole tarvetta koskea. Märkätilojen siipeen sijoittuu myös tekninen tila rakennuksen lämmitysjärjestelmälle.



Kuva 21: Havainnekuva koetalon keittiöstä kohti olohuonetta ja ruokaillutilaa. Keittiössä on mehiläisvahalla käsitelty saviseinä.



3.4 Perinteisillä rakenneratkaisuilla kohti tulevaisuuden ilmastohaasteita



US₁
 20 punamulla käsitelty ulkoverhouslauta
 22 pystykoolaus ja ilmarako
 225 käsinveistetty hirsi

VS₁
 10 savirappaus
 13 puukuitulevy
 75 ranka
 13 puukuitulevy
 10 savirappaus

VS₂
 225 käsinveistetty hirsi

AP₁
 22 laudoitus
 20 savilevy
 290 ristiinkoolaus ja eriste (kutterinlastu ja sahajauhosekoite)
 22 koolaus
 28 leveä ponttilauta

YP₁
 15 kattopaneeli
 22 koolaus
 28 savilevy
 315 ristiinkoolaus ja eriste (kutterinlastu ja sahajauhosekoite)

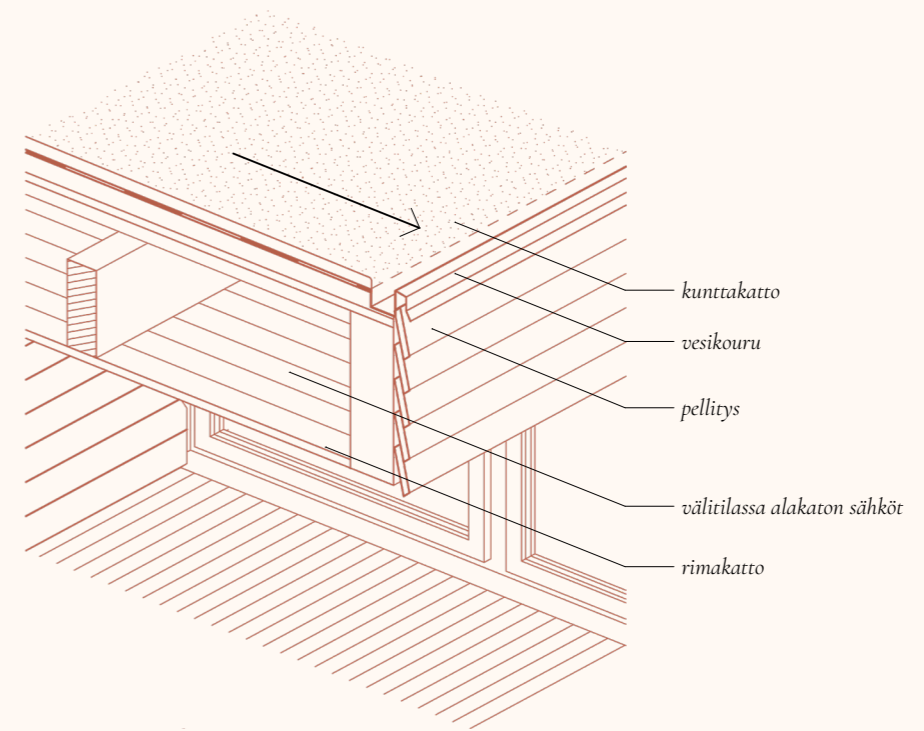
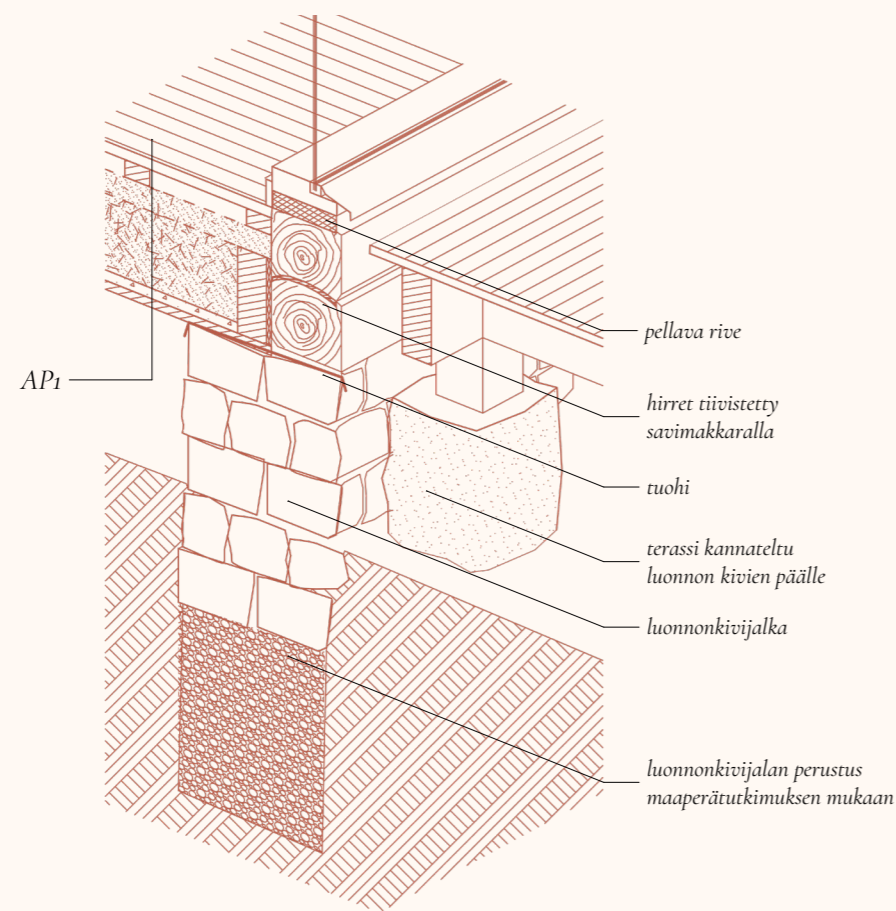
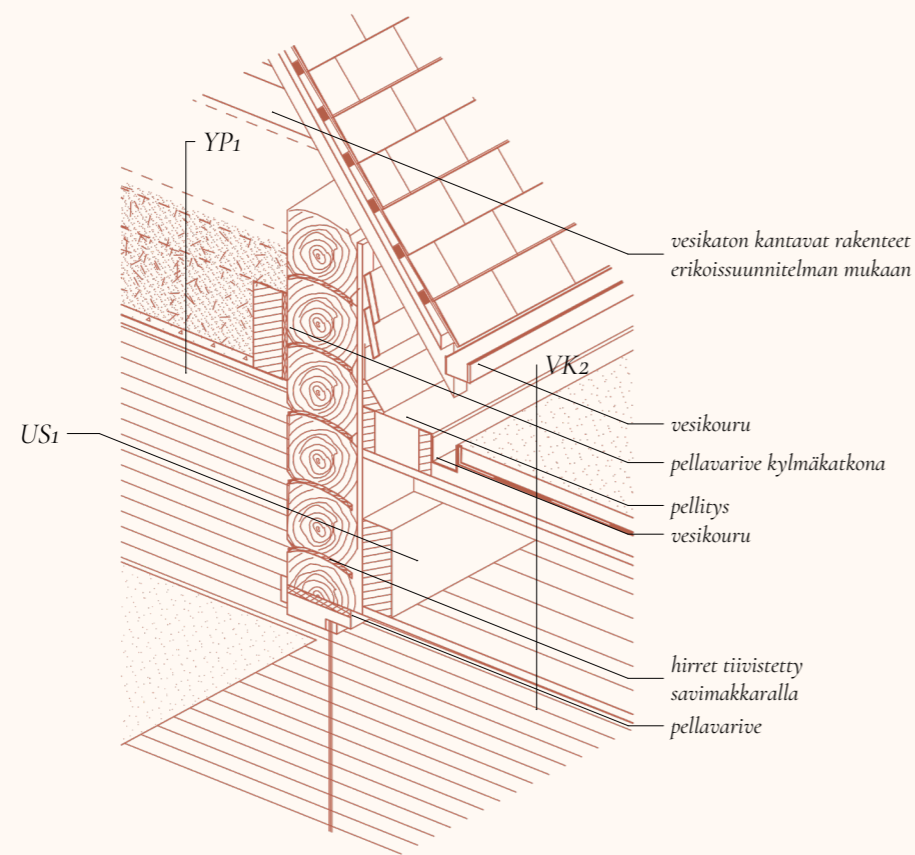
Vk₁
 28 kattoristikko
 48 tuuletusrimoitus ja aluskate
 tiiliruode
 savitiili

Vk₂
 22 puurimakatto
 385 ristikoolaus kaadoilla
 22 ponttilaudoitus ja kattohuopa
 40 sora
 40 kunttamatto

Kivijalan perustustapa tiedetään vasta kun maaperäselvitys on tehty

Tulisijan ympärillä savilattiapinta

Aukkujen vieressä runkoa tukemassa "foljari"



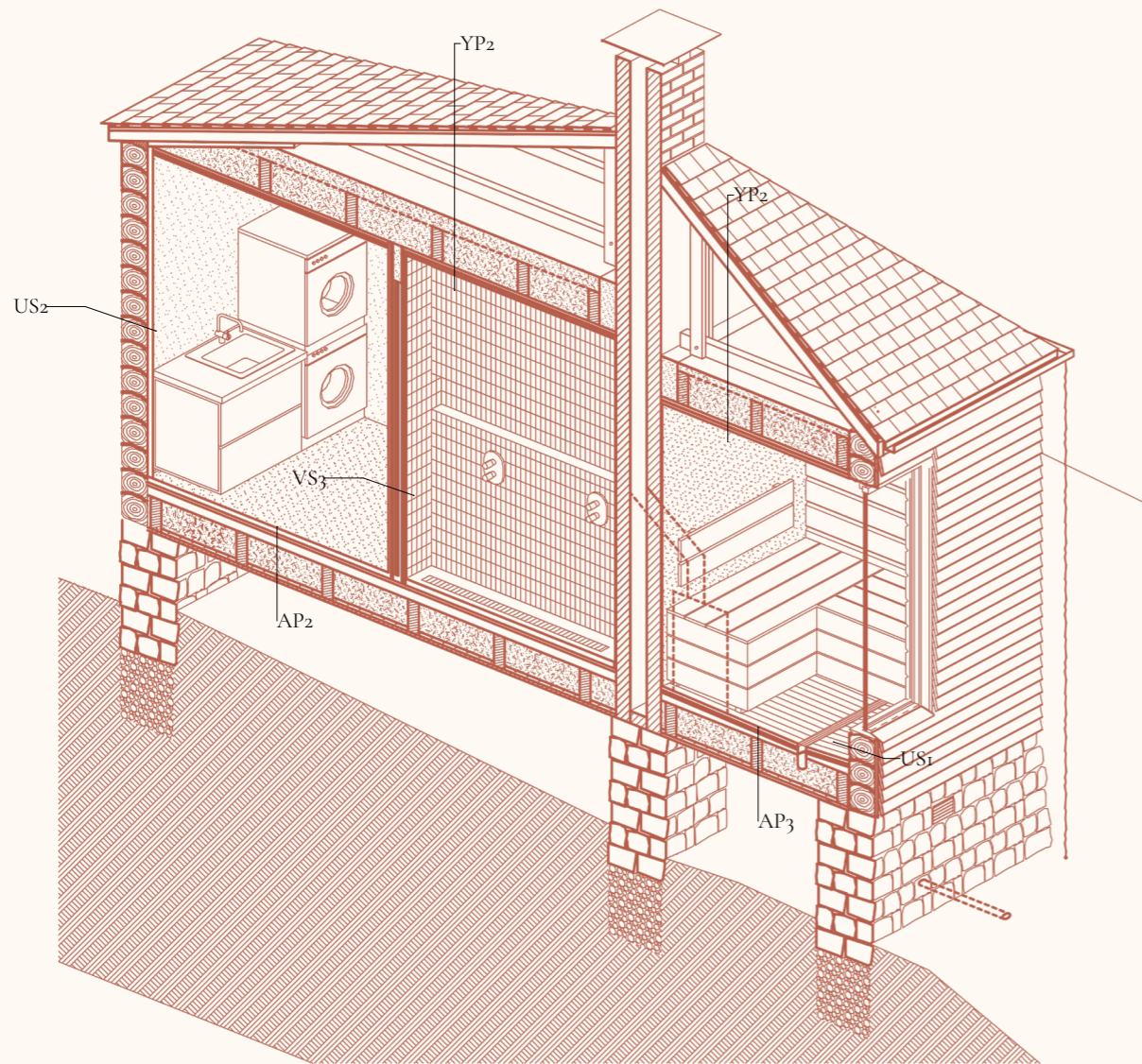
Koetalossa on korkea kivijalka, joka estää kosteuden nousun maasta rakenteisiin. Rakennus on nostettu noin metrin korkeuteen maanpinnan yläpuolelle, jotta mahdolliset jokitulvat eivät pääse rakenteisiin. Kivijalan päällä on tuohi kylmäkatkona. Se miten koetalon kivijalka tulisi perustaa maahan, selviääsi tarkemmin maaperätutkimuksesta, jota ei tätä työtä varten ollut saatavilla.

Ulkoseinät ovat 225 mm paksua käsinveistettyä hirttä. Mahdollisuuksien mukaan on hirsipintaa jätetty sisätiloissa näkyville. Keittiössä tiskialtaan takana on mehiläisvahattu savirappaus, joka kestää roiskeita.

Hirsi painuu ja elää ajan kuluessa. Koetalossa on rungon pullistumista ehkäisemässä följärit eli tukipiirut, jotka ovat pultatut seinän molemmiin puolin aukkojen väleihin. (Museovirasto 2000 b). Ne tuovat myös näyttävää rytmitystä julkisivuun.

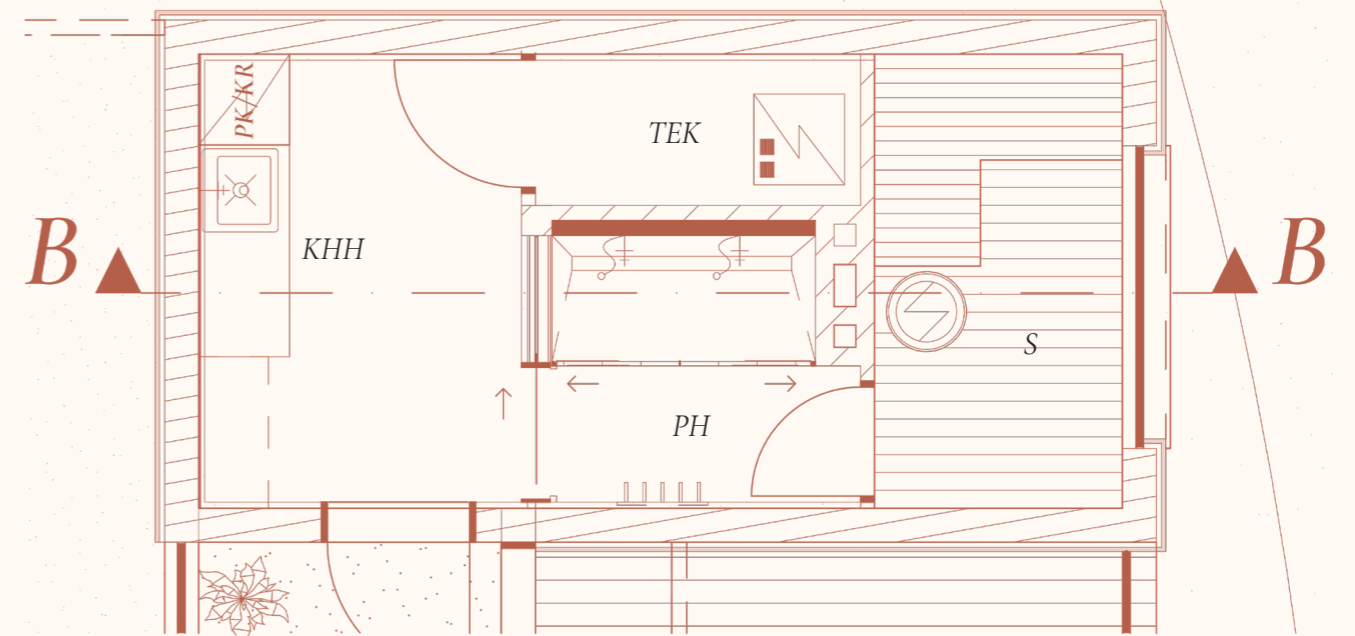
Ala- ja yläpohjan eristeenä on sahanpuruja ja kutterinlastusekoite. Hormien ympärillä on sertifioitua palovillaa. Ala- ja yläpohjan sekä ulkoseinien risteämäkohtiin syntyy helposti kylmäsilta. Näihin kohtiin on laitettu pellavarivettä kylmäkatkoksi.

Päämassan sadevedet johdetaan vesikatolta vesikouruihin, joista edelleen sadevesiketjuja pitkin kunttakaton päällä olevaan kouruun. Tämä kouru kallistaa katoksen ulkoreunoille, jossa se yhdistyy isoon kokoajakouruun, johon kunttakatto myös kaataa. Kokoajakourusta vedet johdetaan sadevesiketjuja pitkin sadevesiviemäriin. Kunttakaton etuna on, että se sitoo sadevettä ja estää hulevesien aiheuttamaa rasitusta viemäreissä.



<u>US1</u>		<u>AP2</u>	
20	punamulla käsitelty ulkoverhouslauta	22	laudoitus
22	pystykoolaus ja ilmarako	20	savilevy
225	käsinveistetty hirsi	290	ristiinkoolaus ja eriste (kutterinlastu ja sahajauhosekoite)
<u>US2</u>		22	laudoitus
20	punamulla käsitelty ulkoverhouslauta	55	savistucco
22	pystykoolaus ja ilmarako	<u>AP3</u>	
225	käsinveistetty hirsi	22	laudoitus
40	rimoitus ja savirappaus	20	savilevy
<u>VS3</u>		290	ristiinkoolaus ja eriste (kutterinlastu ja sahajauhosekoite)
40	rimoitus ja savirappaus	22	lattiavaneeri ja vesieriste
13	puukuitulevy	22	tuuletuskoolaus
125	puurunko	26	ponttilaudoitus, lämpökäsitelty mänty
13	kuitusementtilevy	<u>YP2</u>	
10	vesieriste ja laudoitus	15	kattopaneeli
TAI		22	koolaus
40	rimoitus ja savirappaus		alumiinipaperi
		315	ristiinkoolaus ja eriste (kutterinlastu ja sahajauhosekoite)

Aksonometrinen leikkaus märkätiloista 1:50



Märkätilat 1:50

Märkätiloissa on oma kosteustekninen haastavuutensa ja siksi ne on haluttu eriyttää päämassasta. Kun kosteustekniset haasteet on rajattu yhteen massaan, riskejä helpompi hallita eivätkä ne pääse leviämään.

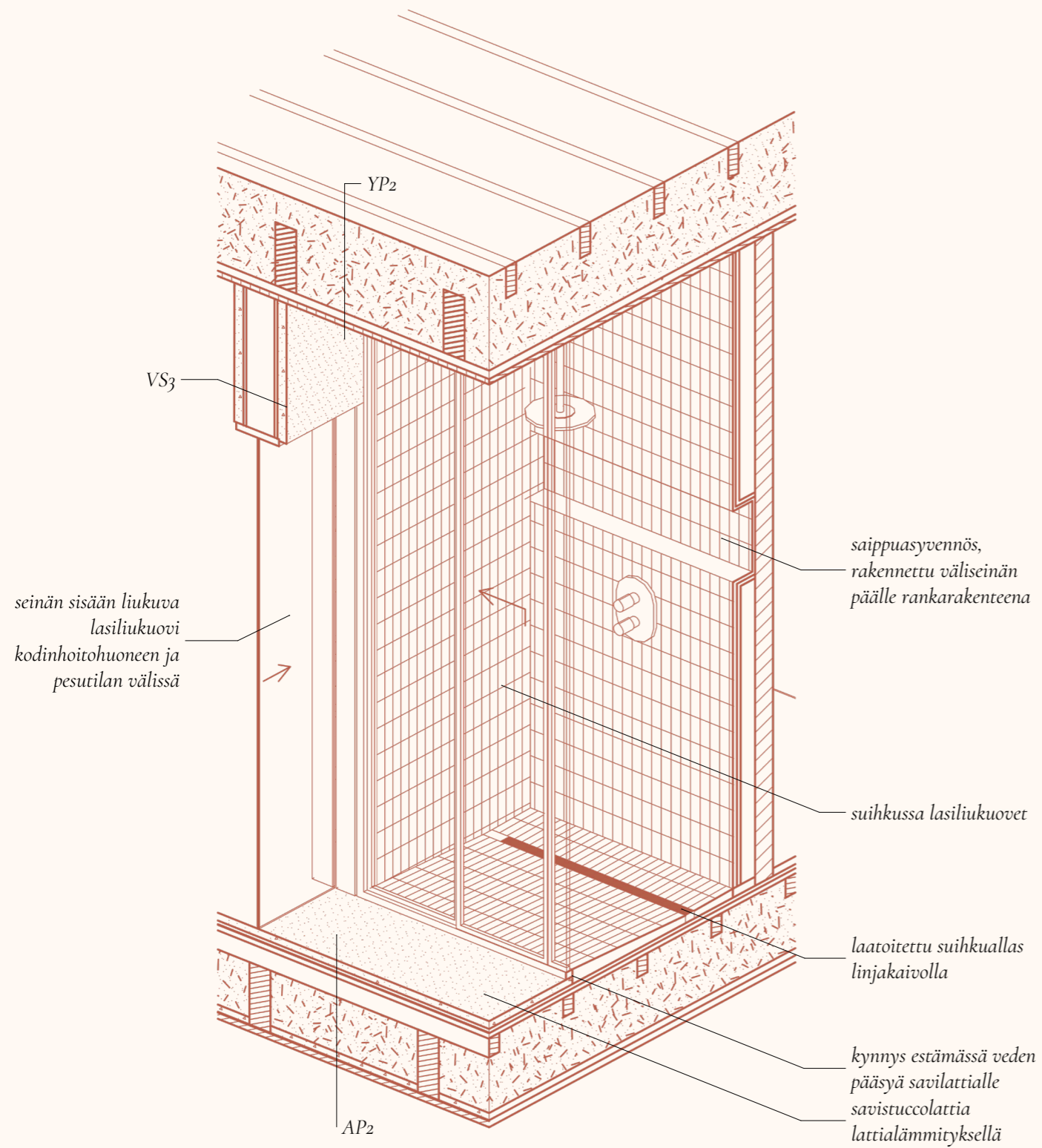
Poiketen päämassasta, märkätilasiiven jokaista julkisivua ei kierrä katos. Pohjoisen ja itäisen julkisivun vesikatto päättyy lähes samaan linjaan ulkoseinän kanssa. Ratkaisu on arkkitehtoninen kompromissi. Nämä seinät eivät ole suojassa viistosateelta tai auringonpaahteelta. Seinähirsiiä kuitenkin suojaa tuuletettu ulkoverhous eli ns. uhrikerros.

Märkätilasiiven rakenteet poikkeavat päämassan rakenteista, koska näissä tulee ottaa huomioon sisäkosteuserasite, joka johtuu suihkussa käynneistä ja pyykin kuivaamisesta. Kosteissa tiloissa on lähes mahdotonta välttää muovin käytöltä, koska se on yleisin kosteuseristeinä ja höyrynsulkuna käytettävä materiaali. Myös betonia hyödynnetään paljon mm. kaatolattioita tehdessä. Pysin löytämään koetalon suihkuun ratkaisun, jossa rakenteissa säästytettiin mahdollisimman vähällä muovin ja betonin käytöllä. Ratkaisuna tähän oli laatoitettava suihkuallas, jossa on kaato linjakaivolle. Suihkuallas on erotettu muusta tilasta lasiliukuovin eli kyseessä

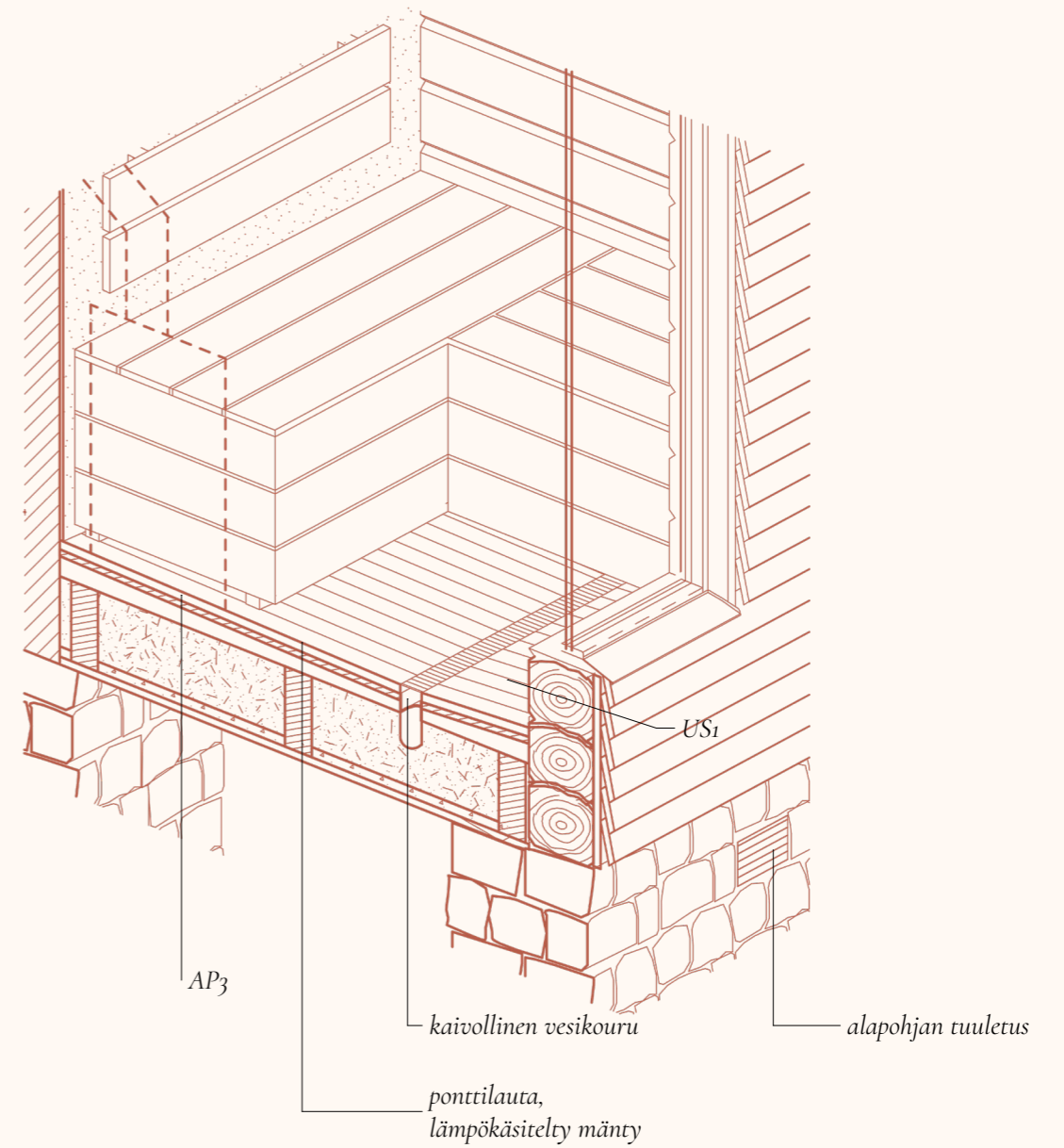
on ns. rakennettu suihkukaappi. Seiniin on laattojen alle sivelty vedeneristys. Suihkuakaappia lukuun ottamatta suihkutilan pinnat ovat savea. Savi tasaa huoneen kosteutta ja myös suojelee hirsirakenteita siltä. Savea on käytetty myös kodinhoituhuoneen lattia- ja seinäpinnoissa. Höyrynsulkuna märkätilojen katossa on käytetty alumiinipaperia.

Saunassa lattiakaato on tehty vanerista, jonka päälle on sivelty vesieriste. Lattia on ponttilautaa, joka on lämpökäsiteltyä mäntyä. Puu on lattiamateriaalina lämpimän tuntuinen jalalle verrattuna esimerkiksi kaakeliin. Lattiakaadot kaatavat keskelle saunan lattiaa olevaan linjakaivoon. Saunassa on puukiuas. Kun saunomisen jälkeen puukiukaaseen laittaa vielä muutaman puun palamaan, se kuivaa ilmaa ja poistaa liikakosteuden. Tiilihormi on saunassa rapattu savella ja lattia kiukaan ympäriltä suojattu pellityksillä.

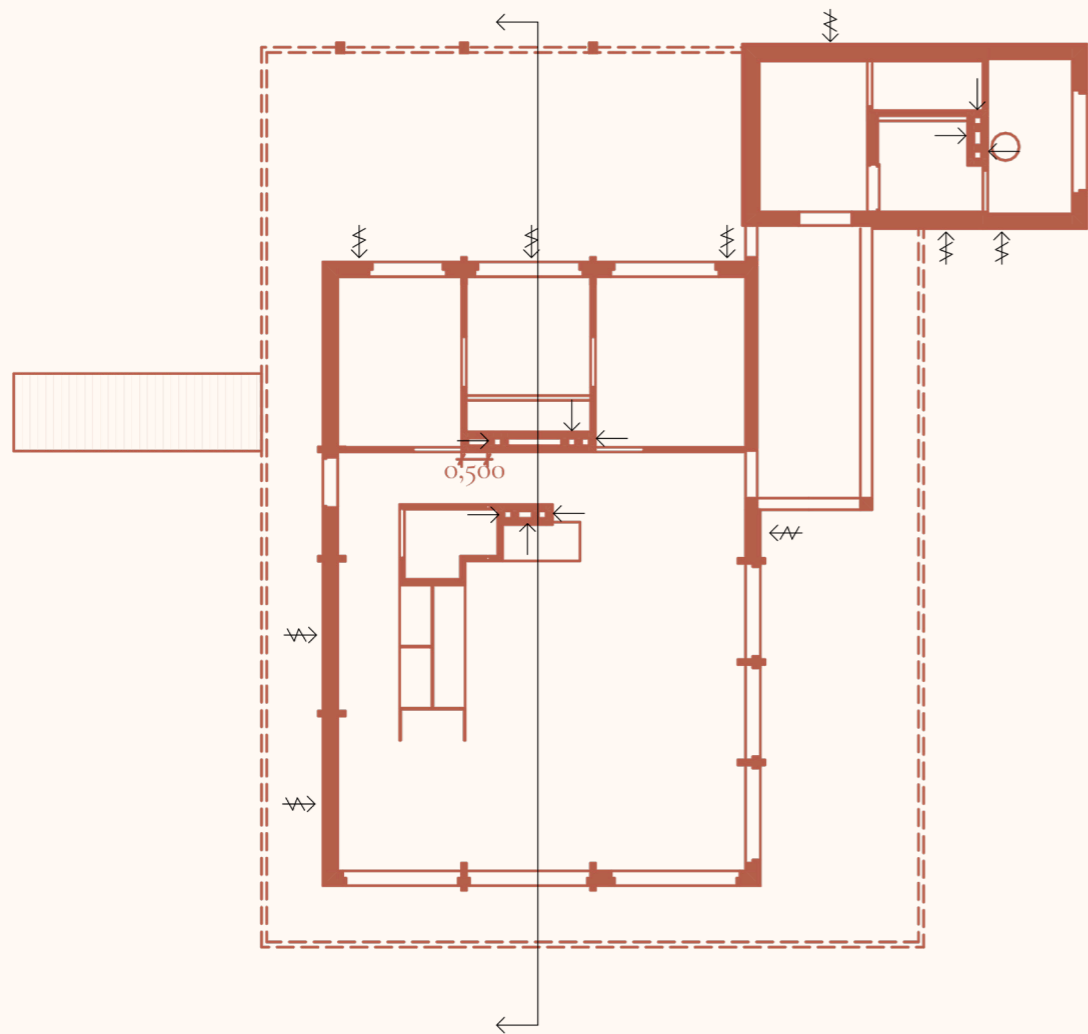
Jos sauna olisi ollut erillinen eristämätön rakennus, olisin valinnut lattiakaadoksi rakolattiamallin, koska silloin olisi säästytty muoviselta vesieristeeltä sekä liimavanerilta. Rakolattian keskeltä menee kouru, johon vedet ohjataan. Lattiamateriaalina olisi ollut ponttilauta, joka on lakattu venelakalla. Nyt kuitenkin alapohjan eristyksen takia se on suojattava vesieristeellä.



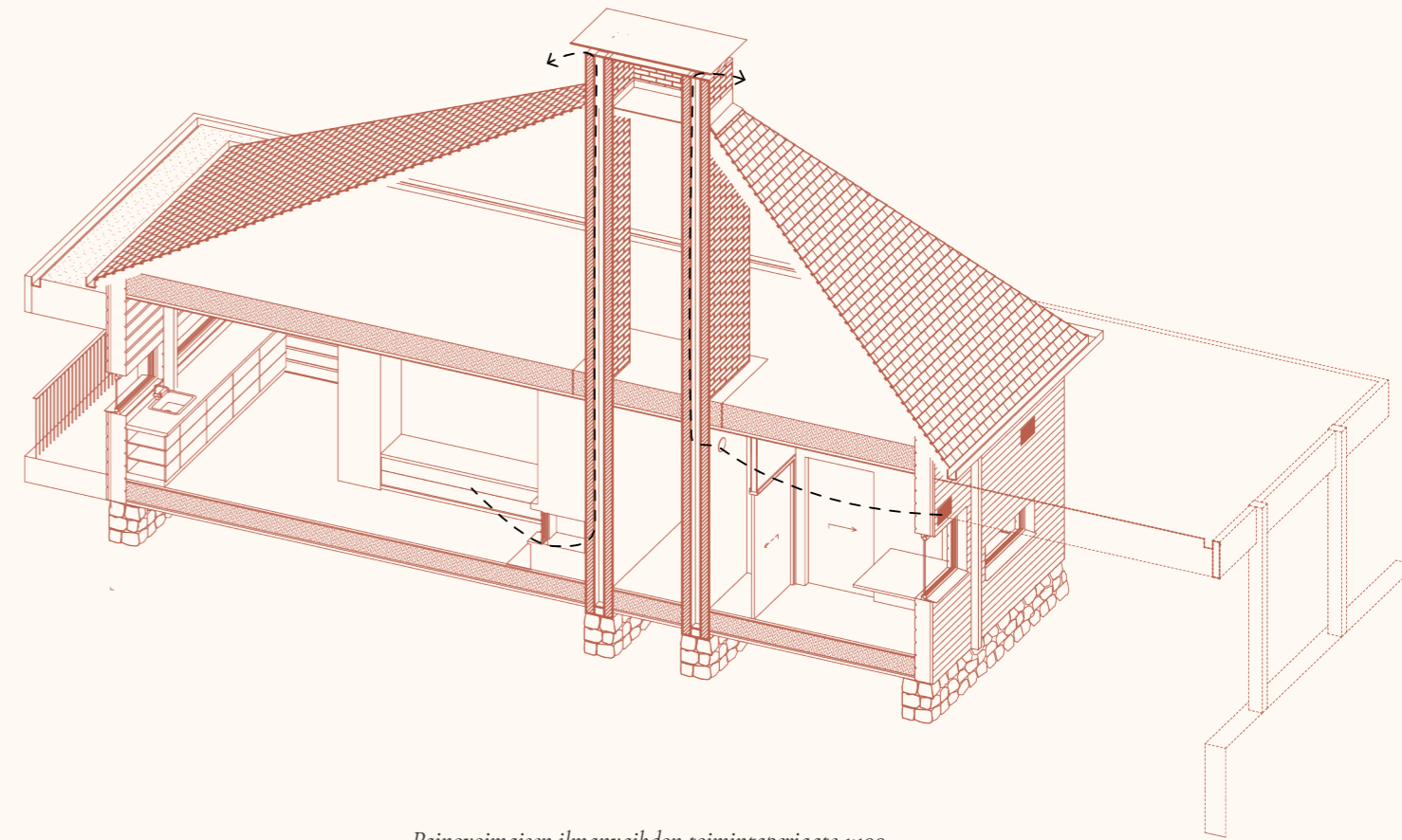
Suihkutilan detaljit 1:20



Saunan detaljit 1:20



Tulo- ja poistoilmakaavio 1:100



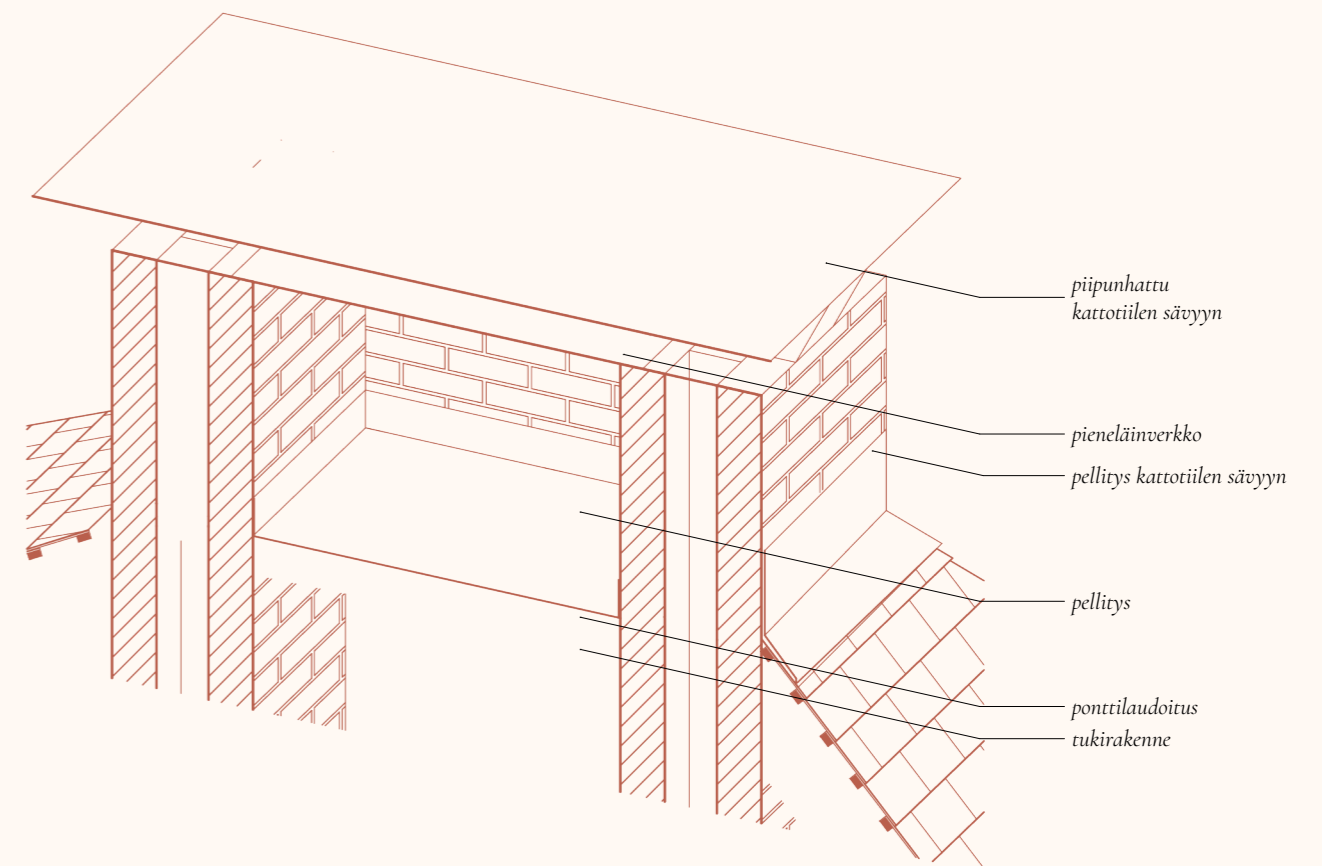
Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate 1:100

PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO

Suunnitelman pohjana on painovoimainen ilmanvaihto, joka on pitkäikäinen, helposti huollettava ja toimivarma järjestelmä (Mikkolainen & Kuuluvainen 2021). Painovoimaisessa ilmanvaihdossa hyödynnetään sisä- ja ulkoilman lämpötilaeroja ja tuulta. Lämpimillä keleillä ilmavirtaa aiheuttavia paine-eroja ei välttämättä synny ja siksi hormoneihin on asennettu poistoilmapuhaltimia, joiden ohjaus perustuu sisäilman hiilidioksid- ja kosteusmittaukseen. Valittaessa painovoimainen ilmanvaihto, tulee se ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa osana kokonaisuutta, koska jälkikäteen koneellisesta ilmanvaihdosta vaihtaminen harvoin onnistuu. (Kuuluvainen et. al. 2018.)

Hormit sijoitetaan keskeisille alueille, jotta mahdollisimman moni huone olisi ilmanvaihdon piirissä. Painovoimaisen ilmanvaihdossa rakenteelliset vaakavetoja olisi hyvä välttää

tai ainakin pitää ne lyhyinä (alle 10 % hormin korkeudesta), koska ne kasvattavat painehäviötä ja pienentävät ilmamäärää. (Kuuluvainen et. al. 2018.) Koetalon hormi on viisi metriä korkea, joten maksimi vaakaveto on vain viisikymmentä senttimetriä. Keskelle taloa on sijoitettu kaksi hormia. Varaavan takan yhteydessä on poistohormi avoimelle olohuone-keittiösektorille sekä wc:lle. Makuuhuoneille ja työhuoneelle on oma horminsa tehostamassa painovoimaista ilmanvaihtoa. Vastaavasti märkätiloilla on horminsa omassa siivessään. Saunassa on puukiuas, joka on helppo asentaa samaan hormiin painovoimaisen ilmanvaihdon kanssa.



Savupiipun detalji 1:20

JULKISIVUT

Julkisivussa on vaakaan lautaverhoilu, joka toimii ns. uhrikerroksena suojaamassa hirsistä. Koetalon julkisivu on käsitelty punamullalla, joka on hengittävä maali. Energiataloudellisesti kätevin pinnoite olisi ollut vaalea pintamaali, mutta koetalon julkisivua ympäröi syvä katos, jonka tarkoitus on varjostaa ja suojata sekä julkisivua että sisätiloja liialta kuumenemiselta.

Katon muoto mahdollistaa korkean, tuuletettavan vintin sekä syvän katoksen itään ja etelään, suojaamaan julkisivua säärasitteelta. Katto on savitiiltä, joka sävyltään vastaa punamultamaalia. Kesäisin rakennusta ympäröivä katos suojaa myös sisätiloja suoralta auringonvalolta. Talvisin auringon ollessa matalammalla, valo pääsee lämmittämään sisätiloja.

Korkean ullakon pätehtävä on olla hyvin tuulettuva, mutta se on saanut muotonsa suunnitelmasta, joka perustuu korkean piipun ympärille. Kutsun tätä muutokieltä ”piippuarkkitehtuuriksi”.

Koetalo sijaitsee hyvin lähellä maantietä. Tielle suuntaavalla läntisellä julkisivulla ei ole ollenkaan ikkunoita yksityisyyden ylläpitämiseksi. Aukottoman seinäpinta myös torjuu melua paremmin. Pohjoisjulkisivulla on makuuhuoneiden ja työhuoneen ikkunat. Ikkunat ovat alasaranoituja ja sijoittuvat sisätilasta kutakin huonetta palvelevalle korkeudelle. Makuuhuoneissa vuoteelta näkee ulos ja työhuoneessa ikkuna alkaa seinään integroidusta pöytätasosta.

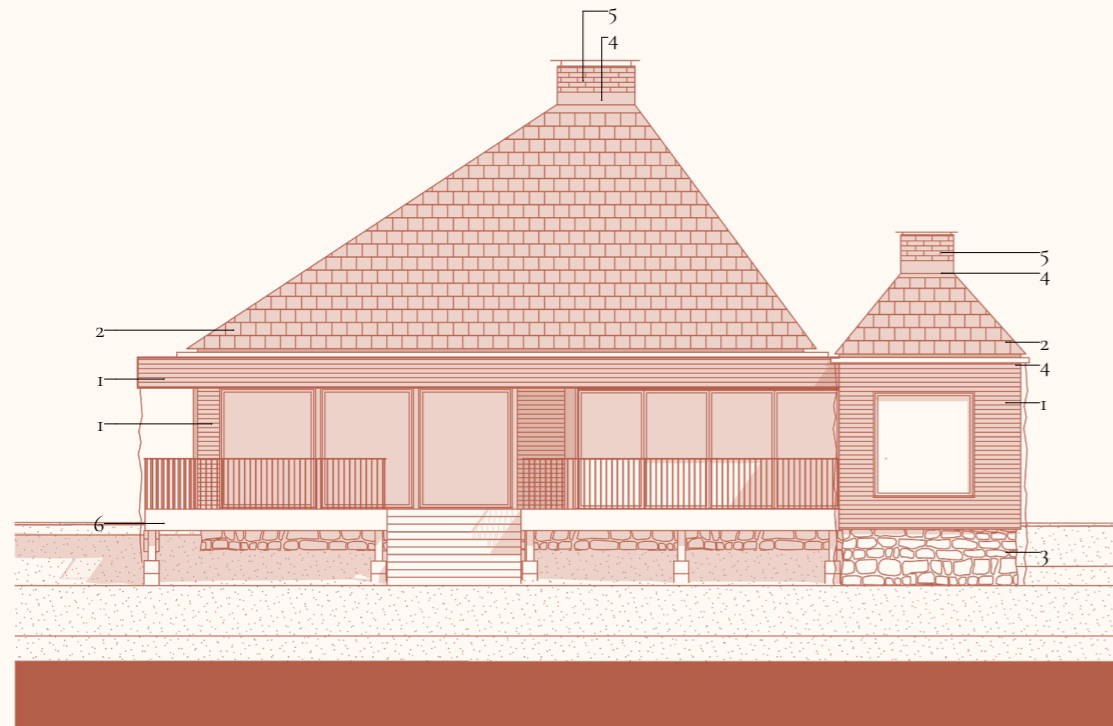
Kattomateriaalina on savitiili, joka on pitkäikäinen ja helposti huollettavissa. Tiili on myös peltikattoa painavampi ja kestää kovia tuulia paremmin.



Kuva 22: Havainnekuva etelästä pohjoiseen. Rakennusta kiertää katos, jota varjostaa sisätiloja, jotta sisäilma ei pääse lämpiminä aikoina kuumenemaan liikaa. Katos myös suojaa julkisivuja säärasitteilta.

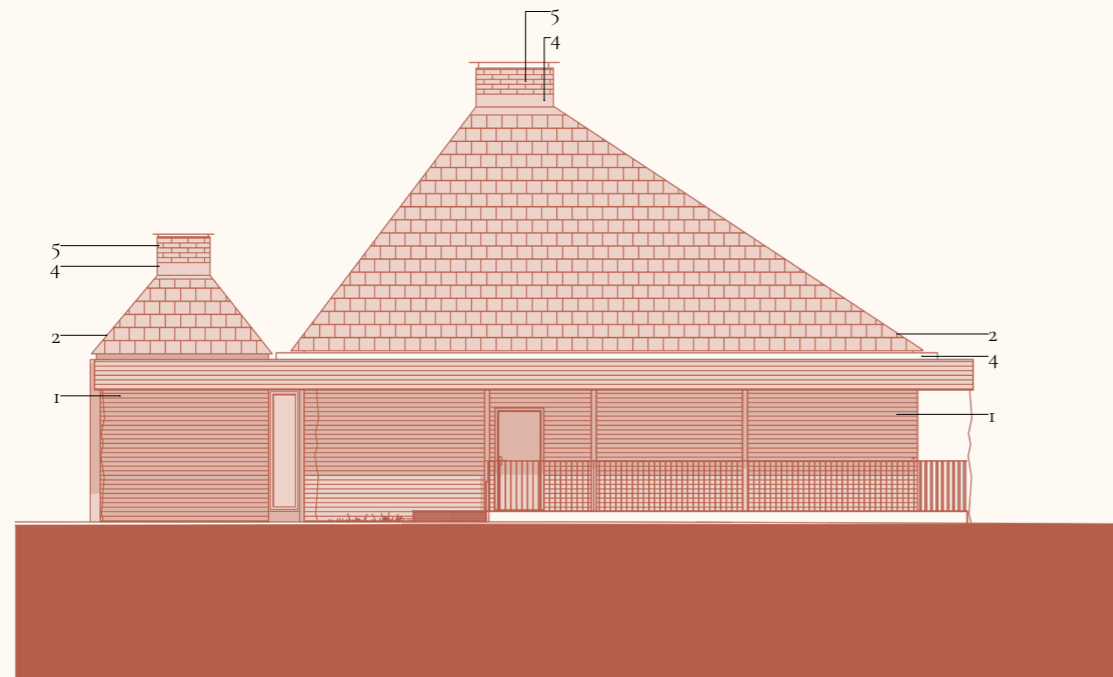
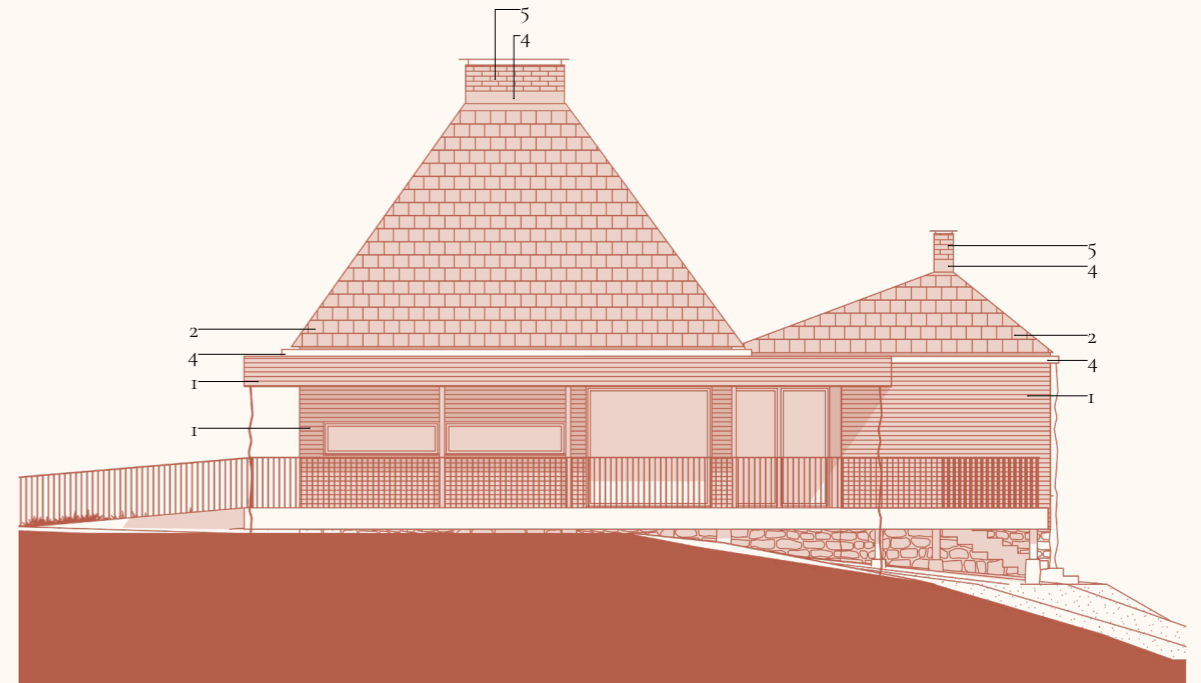


Kuva 23: Julkisivukuva saunan itäpäädyistä. Sadevedet ohjataan vesikouruista sadevesiketjua pitkin viemäriin.



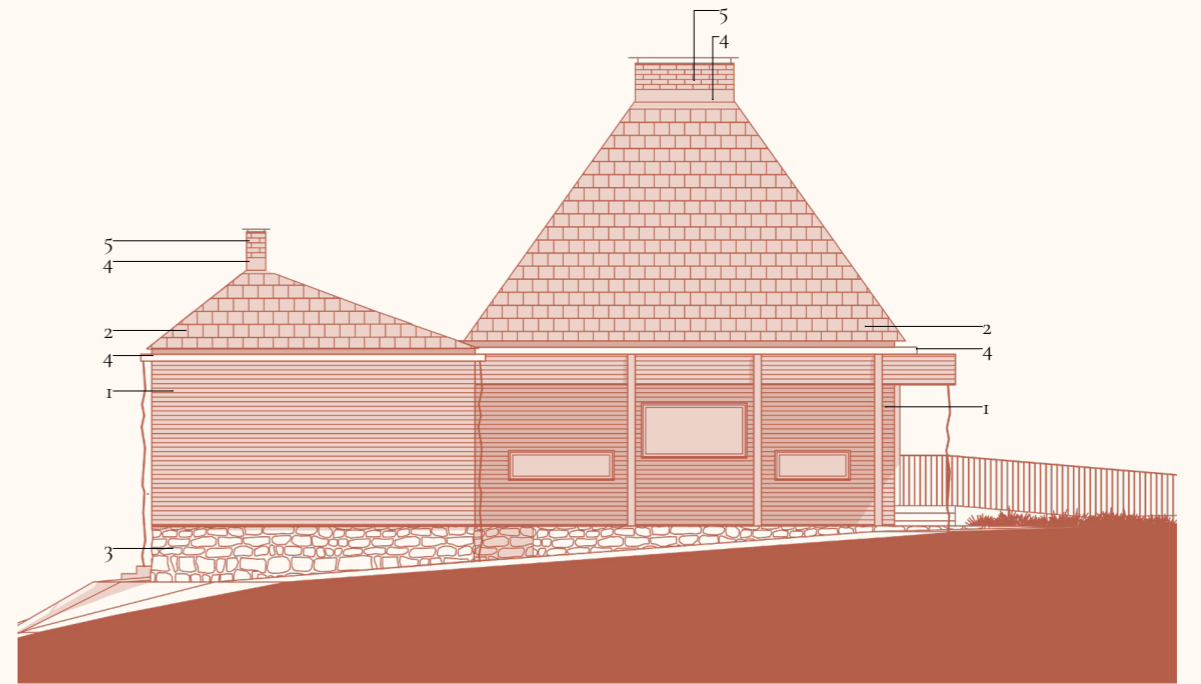
Julkisivu itään

1:150



Julkisivu länteen

1:150



Julkisivu pohjoiseen

1:150

1. Vaakalaudoitus, maalattu punamulta
2. Savikattotiili, sävy punamulta
3. Luonnonkivimuuri
4. Pelti, maalattu punamullan sävyyn
5. Savitiili, sävy punamulta
6. Lämpökäsitelty terassilaudoitus

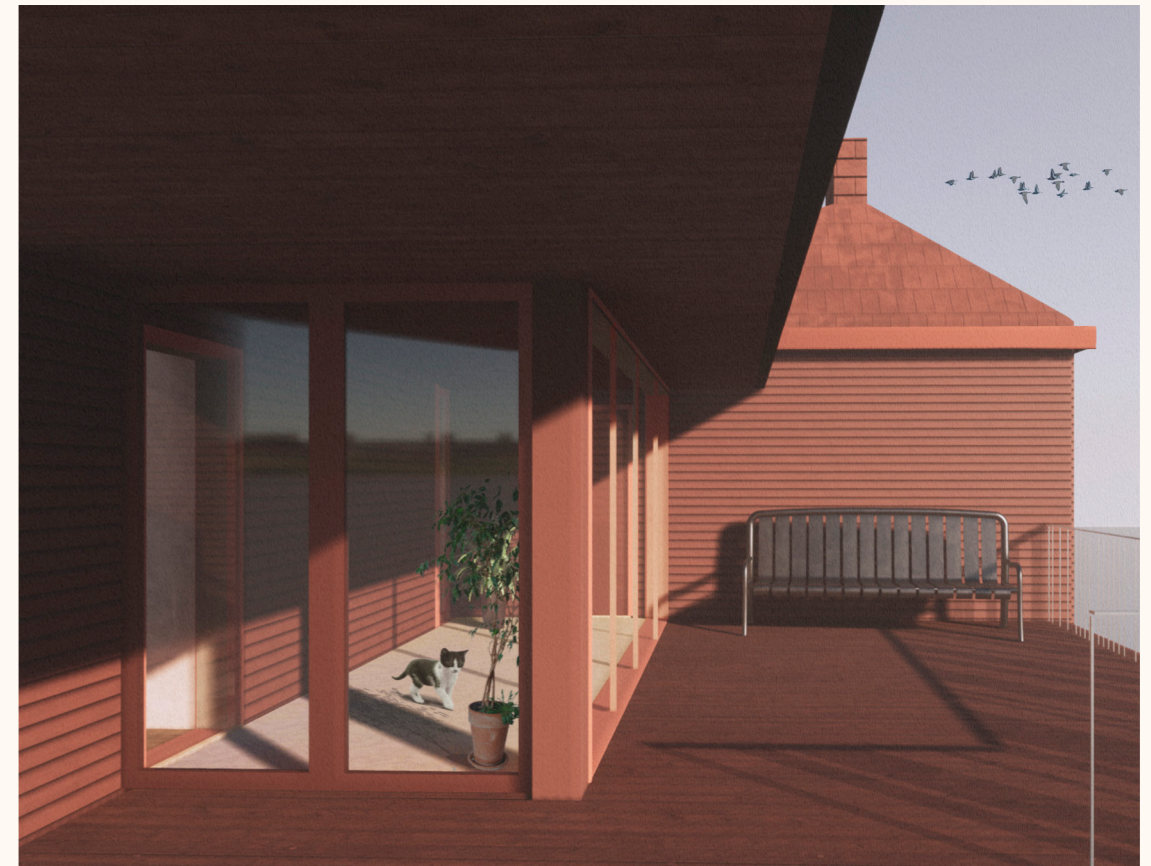
LOPUKSI

Diplomityön otsikon kysymykseen ”Voiko puuperinnerakentamisella vastata tulevaisuuden ilmasto- ja haasteisiin?”, vastaan, että potentiaalia on ja sitä tulisi ehdottomasti tutkia lisää ja hyödyntää. Voisi sanoa, että puuperinnerakentaminen virtaa suomalaisilla geneeissä, mutta sitä pidetään jokseenkin itsestäänselvytenä. Asiana, joka on ollut aina ja jonka ajankohtaisuutta ei osata ymmärtää. Puuperinnerakentamisella on historiallinen ja konservatiivinen leima, joka estää sitä integroitumasta laajemmin nykyiseen rakennuskenttäämme. Tärkeitä ovat koetalon kaltaiset esimerkit, jotka näyttävät, että perinteinen rakennustapa on vain rakennustapa, eikä se rajoita arkkitehtuuria. Rakennus voi silti olla täysin moderni ja toteuttaa nykypäivän arkkitehtuurin kauneushanteita sekä muoti-ilmiöitä. Rakennustavan ei tarvitse näkyä päällepäin ja korostaa historiaansa. Tärkeintä on, että se voi tuoda rakennuksen omistajalle mielenrauhaa siitä, että koti kestää parhaimmillaan tulevia haasteita jopa vuosisatoja.

Rakennukset ovat kehittyneen vuosisadan alusta, ja esimerkiksi märkätilojen ja saunan tuonti sisälle on kasvattanut sisäkoosteuden rasiitetta. Näihin haasteisiin ei suoraan pystytty vastaamaan perinnerakentamisen keinoin, mutta uskon, että perinteisestä materiaalivalikoimasta voisi kuitenkin löytyä jatkokehityksellä tuotteita, joilla saataisiin muovin käyttöä vähennettyä. Esimerkiksi saven potentiaalia tulisi mielestäni tutkia enemmän. Suomessa ylipäättään on sillä saralla paljon tehtävää, sillä kirjallisuutta ja tietoa on hyvin rajallisesti saatavilla.

Norjassa vietetty vaihtovuosi opetti minulle, että arkkitehdilläkin on keinonsa, vaikka merten rehevöitymisen hillinnässä. Pitää vain uskaltaa astua myös muille tieteen osa-alueille ja pyrkiä ymmärtämään niiden haasteita. Koin tätä diplomityötä tehdessä samankaltaisia ajatuksia lukiessani ilmastoraportteja ja meteorologiaa. Poikkitieteellisyys on tärkeää kehityksen kannalta. Se on vaihdantataloutta, jossa esimerkiksi ilmastonmuutoksen tutkijat antavat arkkitehdille tietoaan ja vastaavasti arkkitehti antaa omaansa. Näiden tietojen summa voi parhaassa tapauksessa olla ratkaisu ongelmaan. Se kuitenkin vaatii, että kumpikin perehtyy toisen alaan hieman ymmärtääkseen perusasioita.

Tämä diplomityö on ollut minulle erittäin opettavainen kokemus. Olen oppinut paljon niin perinteisestä puurakentamisesta kuin ilmastoon liittyvistä ilmiöistä. Omista lähtökohdistani, vanhassa puisessa maalaistalossa kasvaneena koin näiden aiheiden linkittymisen itsestäänselvytenä, joten oli silmiä avaavaa ymmärtää se, ettei aiheita ole juuri tutkittu yhdessä. On ollut inspiroivaa ja mielenkiintoista toimia sillanrakentajana näiden kahden aiheen välillä. Toivon, että opimme vielä arvostamaan rakennusperintöä myös laajemmin tiedonlähteenä.



Kuva 24: Havainnekuva terassista ja viherhuoneesta. Viherhuoneen lattiamateriaalina savistucco, johon asennettu lattialämmitys.

LÄHTEET

- [1] Ala-Outinen, T. Harmaajärvi, I., Kivikoski, H., Kouhia, I., Makkonen, L., Saarelainen, S., Tuhola, M., & Törnqvist, J. 2004. Ilmastomuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT, Espoo. VTT Tiedotteita. Viitattu 9.9.2021. Tarkka osoite: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2004/T2227.pdf>.
- [2] Andersson, A., Kiuru, J., Lylykangas, K., Nieminen, J. & Päätaalo, J. 2015. Rakenteellinen energiatehokkuus. Opas. Tarkka osoite: https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/oppaat-ohjeet/ret_opas_20150917.pdf. Viitattu: 14.1.2022.
- [3] Betoni. n.d. Paloturvallisuus ja palovahingot. Tarkka osoite: <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/turvallisuus/paloturvallisuus-palovahingot/>.
- [4] Cronhjort, Y., Gardberg, M., Nysttröm, B. & Hemgård, M. 2003. Att förstå ett gammalt hus – Det åboländska byggnadsarvet. Moreeni. 1. suomenkielinen painos. 2011. Vanhan talon historia ja hoito - rakennusperintöä Turunmaan saaristossa. Suomentanut: Hemgård, M.
- [5] Givoni, B. 1997. Climate considerations in building and urban design. Van Nostrand Reinhold.
- [6] ELY-keskus. 2015 a. Uskelanjoen vesistöalueen tulvariskien hallintasuunnitelma vuosille 2016–2021. Raportteja 107/2015. Toimitanut: Varsinaissuomen ELY-keskus. Tarkka osoite: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/117984/Raportteja%20107%202015.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- [7] ELY-keskus. 2015 b. Kymijoen vesistöalueen tulvariskien hallintasuunnitelma 2016–2021. Raportteja 68/2015. Toimitanut: Höytämö, J., Luoma-Aho, M & Sokka, T. Tarkka osoite: <https://vesi.fi/aineistopankki/kymijoen-vesistoalueen-tulvariskien-hallintasuunnitelma-vuosille-2016-2021/>.
- [8] Ilmasto-opas. n.d. Suomen muuttuva ilmasto: Routakerros ohenee. Tarkka osoite: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/df1c8dc-1b3e-4072-9f86-7dc5b717e651/routakerros-ohenee.html>. Viitattu: 11.1.2022.
- [9] IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change). 2021. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Regional fact sheets. Europe. Tarkka osoite: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Europe.pdf Viitattu: 8.9.2021.
- [10] Kaila, P. 1997. Talotohori – Rakentajan pikku jättiläinen. Porvoo: WSOY.
- [11] Kaila, P. 2007. Kevät toi maalarin – Perinteinen ulkomaalaus. 4. painos. Multikustannus Oy.
- [12] Koivula, J. 2018. Puuarkkitehtuuri. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- [13] Kotila, V. 2002. Puujulkisivujen historia Suomessa, teoksessa Karjalainen, M. & Koiso-Kanttila, J. (toim.) 2002. Moderni puukaupunki – Puu ja arkkitehtuuri. Helsinki: Rakennustieto Oy, 23–36.
- [14] Kuuluvainen, L., Lindberg, B.R., Lylykangas, K., Mikkola, J., Sainio, J. & Vuolle, M. 2018. Painovoimainen ilmanvaihto opas. Ympäristöministeriö. Tarkka osoite: <https://ym.fi/documents/1410903/38439968/PVIV-OPAS-3729E8C3-9173-4EA5-ADB9-CD33C1432A01-143101.pdf/2ab85b97-a5fd-cee7-c096-930b297a8435/PVIV-OPAS-3729E8C3-9173-4EA5-ADB9-CD33C1432A01-143101.pdf?t=1603260091107>.
- [15] Laine, K. 2010. Rakennusmateriaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet. Diplomityö. Tarkka osoite: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/23014/Laine.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Viitattu: 13.1.2022.
- [16] Li, X. 2020. Full Daytime Sub-Ambient Radiative Cooling in Commercial-like Paints with High Figure of Merit, artikkeli julkaistu lehdessä Cell Reports Physical Science.
- [17] Linnanmäki, S. 2011. Villasukkastandardista ase ilmastomuutosta vastaan, teoksessa Putkonen, L. (toim.) 2011. Asiastaz – Kirjoituksia restauroinnista ja rakennussuojelusta. Helsinki: Rakennustieto Oy, 117–120.
- [18] Mattinen, M. 2003. Vaali kestäväksi kehittyneitä rakennusperintöä, teoksessa Linnanmäki, S., Sahlberg, M., Hakaste, H & Järnefelt, H. (toim.) 2003. Rakennettu kestävään – Tutki ja opi. Suomen Tammi Plus, 42–48.
- [19] Mikkolainen, J. & Kuuluvainen, L. 2021. Painovoimainen ilmanvaihto. Käyttö- ja huolto-ohje. Museoviraston korjauskortti. Tarkka osoite: https://www.museovirasto.fi/uploads/Meista/Julkaisut/PVIV_korjauskortti.pdf.
- [20] New Standards. 2021. The Story of Puutalo 1940–1955. Tarkka osoite: <https://newstandards.info/the-story-of-puutalo>.

- [21] Mikkonen, S., Laine, M., Mäkelä, H. M., Gregow, H., Tuomenvirta, H., Lahtinen, M. & Laaksonen, A. 2015. Trends in the average temperature in Finland, 1847–2013. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. Tarkka osoite: <http://dx.doi.org/10.1007/s00477-014-0992-2>.
- [22] MOT. 2021. Puurakentamisen menetetty mallimaa. Yle. Tarkka osoite: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2021/10/28/puurakentamisen-menetetty-mallimaa-kasikirjoitus>.
- [23] Museovirasto. 2000 a. Lämmöneristyksen parantaminen. Korjauskortisto.
- [24] Museovirasto. 2000. b. Hirsitalon rungon korjaus. Korjauskortisto.
- [25] Pallasmaa, J. 2012. Traditio, uutuus ja identiteetti – arkkitehtuurin eksistentiaalinen merkitys, teoksessa Pallasmaa, J. Kohtaamisia - Kirjoituksia arkkitehtuurista ja taiteesta. 2014. Helsinki: Ntamo, 58–70.
- [26] Parjanne, A., Silander, J., Tiitu, M. & Viinikka, A. 2018. Suomen tulvariskit nyt ja tulevaisuudessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2018
- [27] Puuinfo. 2020 a. Pudasjärven hirsikampus. Viitattu 26.9.2021. Tarkka osoite: <https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/julkiset-rakennukset/pudasjarven-hirsikampus/>.
- [28] Puuinfo. 2020 b. Hirsirakentamisen määritelmiä. Tarkka osoite: <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/hirsirakentamisen-maaritelmiä/>.
- [29] Puuinfo. 2020 c. Ominaispiirteitä. Tarkka osoite: <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/>.
- [30] Puuinfo. 2020 d. Tuotantotavat. Tarkka osoite: <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/tuotantotavat/>.
- [31] Puuinfo. 2020 e. Paloturvallisuus. Tarkka osoite: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/maaraykset/paloturvallisuus/>.
- [32] Puuinfo. 2020 f. Hengittävä rakenne. Tarkka osoite: <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/hengittava-rakenne/>.
- [33] Puuinfo. 2020 g. Puu sisäilman kosteuden tasaajana. Tarkka osoite: <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/puu-sisailman-kosteuden-tasaajana/>.
- [34] Rakennetun ympäristön pääsanasto. 2022. Tarkka osoite: <http://uri.suomi.fi/terminology/rakymp/c9>
- [35] Rautamäki, M. 2001. Lähtökohtana maisema, Teoksessa Lounatvuori, I. & Putkonen, L. 2001. Rakennusperintöme: kulttuuriympäristön lukikirja. Ympäristöministeriö, Helsinki. Museovirasto ja Rakennustieto. 8–14.
- [36] Rinne, H. 2018. Perinnemestarin materiaalioppi: Mistä on vanhat talot tehty. Helsinki: WSOY.
- [37] Saatsi, E & Saatsi, P. 2018. Multapenkin historia ja tulevaisuus, julkaistu blogissa 14.5. Tarkka osoite: <https://www.saatsi.fi/blogi/multapenkki/>.
- [38] Saatsi, P. 2017. Mitä tarkoittaa hengittävä rakenne? Julkaistu blogissa 18.4. Tarkka osoite: <https://www.saatsi.fi/blogi/mita-tarkoittaa-hengittava-rakenne/>. Viitattu 11.1.2022.
- [39] Siikanen, U. 2008. Puurakentaminen. Rakennustieto Oy.
- [40] Silander, J., Vehviläinen, B., Niemi, J., Arosilta, A., Dubrovin, T., ... Veijalainen, N. 2006. Climate change adaptation for hydrology and water resources. FINADAPT Working Paper 6. Finnish Environment Institute, Helsinki. Finnish Environment Institute Mimeographs 336. Viitattu 9.9.2021. Tarkka osoite: <http://hdl.handle.net/10138/41044>.
- [41] Soikkeli, A. 2002. Kestävä puujulkisivu, teoksessa Karjalainen, M. & Koiso-Kanttila, J. (toim.) 2002. Moderni puukaupunki – Puu ja arkkitehtuuri. Helsinki: Rakennustieto Oy, 67–74.
- [42] Suikkari, R. 2002. Suomalainen puukaupunkiperinne, teoksessa Karjalainen, M. & Koiso-Kanttila, J. (toim.) 2002. Moderni puukaupunki – Puu ja arkkitehtuuri. Helsinki: Rakennustieto Oy, 11–14.
- [43] Tanninen, J. 2021. Sastamalassa tulvakartat avuksi torjumaan Kokemäenjoen veden nousuja. Yle Uutiset, julkaistu 4.5. Viitattu: 13.10.2021. Tarkka osoite: <https://yle.fi/uutiset/3-11913848>.

[44] Tieteen termipankki 2022: Ympäristötieteet: hydrologia. Tarkka osoite: <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ympäristötieteet:hydrologia>.

[45] Vinha, J. 2013. Ilmastomuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 159.

[46] Valtioneuvosto. 2019. Hallitusohjelma: Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Tarkka osoite: <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

[47] Volhard, F. & Westermarck, M. 1988. Savirakentaminen – kevytsavitekniikka. 3. painos. Suomentanut: Keijonen-Korkalo, E. & Valjakka, A. Rakennusalan kustantajat. 1994.

[48] Vuolle-Apiala, R. 2016. Hirsitalo ennen ja nyt. 2. painos. Kustannusosakeyhtiö Moreeni.

[49] YLE. 2021 a. Suomalaiset talot on suunniteltu entisaikojen säiden perusteella, ja siitä voi tulla ongelma – kehitys uhkaa trendikkäitä mustia taloja. Julkaistu 13.7.2021. Tarkka osoite: <https://yle.fi/uutiset/3-12019062>.

[50] YLE 2021 b. Sähkön hinta koko loppuhalveksi yli kaksinkertaistui hetkessä – katso paljonko kinkun paistaminen tai saunominen maksavat tällä hetkellä. Julkaistu 22.12.2021. Tarkka osoite: <https://yle.fi/uutiset/3-12231628>.

[51] Ympäristöministeriö. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Säädöskokoelma 1048/2017.

[52] Ympäristöministeriö. 2018. Tasauskantaopas 2018: Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittaminen. Tarkka osoite: [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tasauskantaopas-2018-310317-181217-\(002\)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf/acb4fd5e-e622-c6e7-cofo-97aa59de0886/Tasauskantaopas-2018-310317-181217-\(002\)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf?t=1603260250564](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tasauskantaopas-2018-310317-181217-(002)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf/acb4fd5e-e622-c6e7-cofo-97aa59de0886/Tasauskantaopas-2018-310317-181217-(002)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf?t=1603260250564). Viitattu 11.1.2022

[53] Ympäristöministeriö. 2021. Vähähiilinen rakentaminen. Viitattu 21.9.2021. Tarkka osoite: <https://ym.fi/vahahiilinen-rakentaminen>.

KUVALÄHTEET:

[54] Ilmasto-opas. 2017. Skenaarioita ilmastomuutoksen vaikutuksista. SYKE. Tarkka osoite: <https://ilmasto-opas.fi/fi/datat/vaikutukset#SykeDataPlace:vaikutukset>. Viitattu: 22.9.2021.

[55] Kuva 4 ja 5: Ruosteenoja, K., Jyllä, K. & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. *Geophysica*, Volume 51, Issue 1: 17–50.

[56] Maa- ja metsätalousministeriö. 2018. Tulvariskialueet. Tarkka osoite: <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/tulvariskialueet>.

[57] IPCC. 2021. IPCC WGI Interactive Atlas: Nordic Countries, Annual Cycle. Tarkka osoite: <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>.

