

Tiialotta Ueckermann

## **LUOMURAKENTEITA**

Vaihtoehtoisia rakenteita talonrakentajalle

## **LUOMURAKENTEITA**

Vaihtoehtoisia rakenteita talonrakentajalle

Tiialotta Ueckermann  
Opinnäytetyö  
Kevät 2015  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, talonrakennus

Tekijä(t): Tiialotta Ueckermann  
Opinnäytetyön nimi: Luomurakenteita – vaihtoehtoisia rakenteita talonrakentajalle  
Työn ohjaaja: Pekka Harju  
Työn valmistumislukukausi– ja vuosi: Kevät 2015      Sivumäärä: 42

---

Tähän opinnäytetyöhön haluttiin koota luonnonmukaisia rakennusmateriaaleja ja niistä tehtyjä rakenteita ja siten esitellä pientalonrakentajalle vaihtoehtoisia rakennustapoja. Tarkasteltavat rakenteet ja niihin liittyvät korvaavat vaihtoehdot valittiin suomalaisia rakennusolosuhteita silmällä pitäen. Opinnäytetyössä käsitellyt rakenteita ovat perustus, ulkoseinät sekä vesikatto.

Suurin osa lähdemateriaalista on rakennusalan ammattilaisten kokeilujen ja kokemusten perusteella kirjoitettuja kirjoja luonnonmukaisista rakennusvaihtoehdoista. Opinnäytetyötä varten tarkasteltiin myös Suomen rakennustietokortistoa luomurakentamiseen liittyen.

Opinnäytetyön tuloksena selvisi, että Suomenkin olosuhteissa voidaan luomurakentamista soveltaa monelta osin. Luonnonmukaisuus rakentamisessa vaatii kuitenkin vielä aikaa ja työtä päästäkseen suosioltaan normaalitapojen tasolle, sillä monia luomurakenteita ei ole vielä testattu ja markkinoitu tarpeeksi. Johtopäätöksenä voitiin kuitenkin todeta, että luomurakenteiden suosio Suomenkin pientalorakentamisessa on selkeästi lisääntymässä.

---

Asiasanat: Luonnonmukainen rakentaminen, rakennusmateriaalit, hiilijalanjälki

## **ABSTRACT**

Oulu University of Applied Sciences  
Degree program in Construction Management, House Building Engineering

---

Author(s): Tiialotta Ueckermann

Title of thesis: Natural building materials – Alternative materials for residential construction

Supervisor(s): Pekka Harju

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2015

Number of pages: 42

---

The purpose of this thesis is to give an environmentally friendly option for house builders. The Finnish environment and construction industry were the focus when choosing the structures and materials in this written report. Commonly used inorganic materials could be replaced with the environmentally friendly options represented in this thesis and so decrease carbon emissions.

Most of the research done for the thesis was found in books written by professional builders specialized in natural building. These books include explanations on the building techniques and standards. In addition, Finland's official building information was researched to find already existing building regulations on natural building materials.

When compared to normal building techniques, natural is more complicated due to lack of testing and marketing, however we can still observe that environmentally friendly building in Finland is increasing.

---

Keywords: Natural building, green building, building materials, carbon emissio

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 LUOMURAKENTAMINEN.....	7
3 PERUSTUKSET.....	9
3.1 Sementin vähentäminen.....	9
3.2 Sora–arinaperustus.....	10
4 ERISTEET PUURUNGOSSA.....	13
4.1 Puukuitueristeet.....	14
4.2 Järviruoko.....	16
5 ERISTÄVÄ SEINÄRAKENNE.....	20
5.1 Olkipaalieriste.....	20
5.2 Pölkkyaviseinä.....	23
5.3 Maasäkki runko.....	24
5.4 Tiivistetty maa–aines.....	27
6 VESIKATE.....	29
6.1 Järviruoko.....	29
6.2 Viherkatto.....	32
7 LUOMURAKENTAMINEN SUOMESSA.....	34
8 YHTEENVETO.....	36
LÄHTEET.....	37

# 1 JOHDANTO

VTT:n julkaiseman artikkelin Visiona vähähiilinen Suomi mukaan EU:n ja siten myös Suomen tavoitteena on vähentää 80 % vuoden 1990 hiilidioksidipäästöistä vuoteen 2050 mennessä (Visiona vähähiilinen Suomi 2014). Tavoite on korkea, joten sen voidaan olettaa vaikuttavan myös Suomen rakennusteollisuuteen. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella luonnonmukaisempia vaihtoehtoja Suomessa yleisesti käytettyjen rakenneratkaisujen tilalle. Työssä keskitytään vaipan rakenteiden tarkasteluun. Vaihtoehtoiksi on tarkoituksena valita luonnonmateriaaleja, joiden valmistus ja asennusprosessi on korvattua rakennusainetta luonnonmukaisempi. Termi luonnonmukainen rakentaminen määritellään luvussa 2.

Suomen pientalon rakennusteollisuus on paljolti puupohjaista, mikä luonnon kannalta tarkastellessa on esimerkiksi betonirakentamista parempi vaihtoehto (Rakennustutkimus RTS Oy 2013, 9). Uudet RT-kortit selluvillasta ja ruokokatosta osoittavat kiinnostuksen luomurakentamiseen nousseen Suomessa (RT 36–11090. 2012; RT 85–11148. 2014). Jotta Suomessa päästäisiin VTT:n julkaisemaan hiilidioksidipäästöjen alentamisen tavoitteeseen, tulisi myös mahdollisten rakennusosien sekä -tekniikoiden luonnonmukaisuutta parantaa (Visiona vähähiilinen Suomi 2014).

## 2 LUOMURAKENTAMINEN

Tämä opinnäytetyö keskittyy luonnonmukaisten materiaalien tarkastelemiseen, mikä on vain pieni osa luonnonmukaista rakentamista. Luomu- eli luonnonmukainen rakentaminen tarkoittaa rakennusvaiheen ja itse rakennuksen suunnittelua ja toteuttamista luontoystävällisesti. Sen osana luonnon hyvinvointi tulee huomioida rakennustavan valinnasta aina rakennuksen elinkaaren loppuun asti. Luomurakentaminen on energiatehokasta ja luonnonmateriaaleja harkiten käyttävää. Yhtenä lähtökohtana suunniteltaessa luonnonmukaista rakentamista on mietittävä rakennuksen sijainti ja ilmansuunta luonnollisen lämmön ja valon maksimaaliseksi hyödyntämiseksi. Mietittävä on myös paikallisten raaka-aineiden ja rakennusmateriaalien hyödyntämis- ja kierrätysmahdollisuudet talonrakennuksessa. (Johnston – Gibson 2008, 5–6.)

Ekologisuudesta luomurakentaminen eroaa siten, ettei taloa ole välttämätöntä rakentaa kierrätettävistä materiaaleista tai liittää siihen aurinko- ja tuulivoimaa. Vaikka luomurakentamisessa keskitytään ympäröivän luonnon hyvinvointiin, voi lopputulos olla sekä edullinen että ulkonäöltään tavanomainen. (Johnston – Gibson 2008, 11–12.)

### **Luomurakenteet**

Luonnonmukaisessa rakentamisessa suositaan uusiutuvia luonnonmateriaaleja, joiden valmistus-, rakennus- ja jälkikäsittelevaiheet ovat mahdollisimman kemikaalittomia ja hiilidioksidi- ja energiaystävällisiä koko elinkaarensa ajan. (Spiegel – Madows 2012, 27.)

Luonnonmukaisuus on iso osa koko ajan suosiotaan kasvattavaa kestäväää kehitystä. Vaikka yhteiskunnassa ollaan huolissaan luonnon hyvinvoinnista, rakennusalalla se ei ole vielä yltänyt selvästikään samalle tasolle.

Luonnonmukaisten materiaalien ei yleisesti uskota toimivan yhtä hyvin kuin tavanomaisten vaihtoehtojen, vaikka ne olisivatkin standardisoituja. Yleisellä tasolla hiilijalanjäljestä ja ympäristöstä puhutaan kuitenkin koko ajan. Seitsemän prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä arvioidaan tulevan sementintuotannosta, mikä on toiseksi eniten energiatuotannon jälkeen (Gale – Bradshaw – Chen – Garg – Gomez – Rogner – Simbeck – Williams – Toth – van Vuuren 2005, 81). Tähän tilastolliseen arvioon vedoten voidaan todeta, etteivät sementtipitoiset rakennusmateriaalit ole luonnonmukaisia. Monesti betonin hyvät ominaisuudet kuitenkin sivuuttavat sen ympäristövaikutukset. (Spiegel – Madows 2012, 28; Chan – Cooper 2011, 86.)

Vaihtoehtoisia rakennusmateriaaleja etsittäessä palataan usein tuhansien vuosien takaisiin tekniikoihin ja viritetään ne ajan tasalle muun muassa kantavuus- ja sääolosuhdevaatimuksiltaan. Silti niiden valinta on monelle enemmänkin arvokysymys riippuen siitä, onko rakentamisen helppous tärkeämpää kuin elinympäristön hyvinvointi. Luomuratkaisut ovat yleisesti yksinkertaisia toteuttaa tee-se-itse-ratkaisuna, mutta vaihtoehtoja löytääkseen joutuu tavallinen rakentaja kaivamaan tietoa monista eri lähteistä. (Easton 2007, 4.)

### **3 PERUSTUKSET**

Perustuksen tärkeimpänä tehtävänä on siirtää rakennuksen kuorma maaperään ja suojata samalla rakennusta kosteusvaurioilta (Racusin – McArleton 2012, 134). Suomessa maan voimakkaan routimisen takia perustussyvyys vaihtelee 1,8:n ja 2,4 metrin välillä, mikä rajoittaa vaihtoehtoja luonnonmukaisia perustusratkaisuja mietittäessä (RT 81–10590. 1995, 2). Ympäristöministeriön asetuksen mukaan pohja- ja maarakenteet tulee toteuttaa siten, että mahdolliset painumat tai muodonmuutokset pysyvät niin pieninä, etteivät ne ole haitaksi muille rakenteille (L 17.6.2014/465). Betoni on yleisesti käytetty perustusmateriaali mm. sen kestävyys, kantavuuden ja rakennettavuuden takia. Vaihtoehtorakenteita Suomen kaltaisiin routaolosuhteisiin on vaikea löytää.

Yksi suomalaiseen perinnerakentamiseen kuuluvista perustusratkaisuista on luonnonkivestä rakennettu perustus. Luonnonkiviperustuksen varassa makaa vieläkin monta vanhaa taloa, jotka eivät yllä lähellekään nykyään tiedettyjä routarajoja. Vanhat kiviperustukset ovat toiminnaltaan perustuneet rakenteiden hyvään tuuletukseen. Sittemmin näiden vanhojen ratkaisuiden korjaustyöt ovat usein johtaneet rakenteiden ja sisäilman vaurioihin. Luonnonkiviperustus nykyiset säädökset täyttäen on hinnaltaan niin paljon betoniperustusta korkeampi, ettei niitä juurikaan toteuteta Suomen talonrakennuksessa. (Rinne 2009.)

#### **3.1 Sementin vähentäminen**

Mikäli betoni on välttämätön valinta, yksi ympäristöystävällisempi ratkaisu on ympäristölle haitallisen sementin vähentäminen betoniseoksesta. Sementin osuutta seoksessa voidaan vähentää jopa 30 prosentilla lisäämällä seokseen

lentotuhkaa. Normaalin betoniseoksen kuivuessa seos hylkii kalkkia, mutta lentotuhkaa sisältävässä betonissa kalkki reagoi lentotuhkan kanssa muodostaen kestävästi liima-aineen. Liima-aineen edesauttamana lentotuhkaa sisältävällä betonilla voidaan ylittää sementtipohjaisen seoksen kestävyys ja helpottaa valun käsittelyä, sillä lentotuhka muodostuu pallomaisista hiukkaista. Suomessa lentotuhkaa syntyy kivihiilen polton sivutuotteena noin 600 000 tonnia vuodessa (Lentotuhka). (Racusin – McArleton 2012, 141; Fly ash for concrete, 6.)

Toisena mahdollisuutena on käyttää magnesiumpohjaista sementtiä, joka vaatii vain 20–40 % kalkkipohjaisen sementin valmistukseen vaadittavasta energiasta. Magnesiumpohjaisesta sementistä valmistetun talon väitetään olevan jopa terveellinen vaihtoehto asukkailleen, ja sen on Chernobylin ydinvoimalatapauksessa tutkittu hylkivän radioaktiivista säteilyä. Toisin kuin kalkkipohjainen sementti, magnesiumpohjainen sementti sitoo luonnollisesti mm. sahanpurua ja olkea ja avaa siten mahdollisuuden kehittää betoniseosta luonnonmukaiseen suuntaan. Myös magnesiumpohjaisella sementillä voidaan saavuttaa tavanomaista sementtiä suurempi vahvuus. (Swanson, 2.)

### **3.2 Sora–arinaperustus**

Vahvalle perusmaalle soveltuva sora–arinaperustus on vaihtoehtoinen tapa asentaa perustus routivassakin maastossa kivimurskaa käyttäen.

Perustustavan routasuojaus perustuu siihen, ettei vettä päästetä kerääntymään rakenteisiin ja siten routimista ei tapahdu. Tämä tapa on ikivanha, ja se on otettu uudelleen käyttöön 1900-luvulla amerikkalaisen arkkitehdin, Frank Lloyd Wrightin toimesta. Perustus kaivetaan routarajan alapuolelle ja vuorataan esimerkiksi suodatinkankaalla, joka estää kaivannon täytteeksi asennettua kivimurskaa ja kaivannon reunoilla olevaa maa-ainesta sekoittumasta, mutta päästää veden valumaan kaivannon pohjalle soramaahan asennettuun

salaojaputkeen (kuva 1). Täytekivinä voidaan kierrättää myös esimerkiksi käytettyä betonimurskaa. Tämän perustus pohjan päälle voidaan siten asentaa betoniperustus vain 15 cm paksuisena. (Racusin – McArleton 2012, 145; Magwood 2014, 48–51.)



*KUVA 1. Yksinkertaistettu kuva sora-arina perustuksesta, jossa kevyt betonipalkki asennetaan routarajan alapuolelle yltävän salaojitetun kivimurskan päälle (Racusin – McArleton 2012, 145)*

Perustuksen kantavuuden varmistamiseksi täytekivet tulee tiivistää kerroksittain ja kaivannon tulee olla kantavia seiniä selvästi leveämpi. Perustuksen ominaisuuksia heikentää kivimurskan sekaan mahdollisesti jäänyt hiekka tai savi. Sora-arina perustustapa on helppo ja betoniperustusta luonnonmukaisempi. Asennus vaatii kuitenkin erityistä huolellisuutta, jotta rakenteen potentiaalinen kantavuusominaisuus voidaan hyödyntää. Perustustavasta ei ole laadittu virallisia testejä tai hyväksyntää, mutta kokemus

ja historia osoittavat sen olevan kestävä ratkaisu. (Racusin – McArleton 2012, 145; Magwood 2014, 48–51.)

Lämmöneristävyyttä tällaisessa sora-arinaperustuksessa voidaan lisätä vuoraamalla kaivanto lämpöeristävällä materiaalilla. Tähän tarkoitukseen ehdotettiin esimerkiksi kierrätysmielessä kokolattiamaton ylijäämäpalasia, jotta vedenläpäisevyyskyky säilyy. Vaadittavan lämmöneristävyyden saavuttamiseksi kaivannon vuoraaminen vettä läpäisevällä lämpöeristeellä on kuitenkin mahdollista. (Chiras 2000, 39.)

Koska sora–arinaperustuksessa käytetään ratkaisuna tuulettuvaa alapohjaa, tulee maan pohjaratkaisu toteuttaa asianmukaisesti. Pohja– ja maatyöt on suunniteltava niin, ettei rakenteille aiheudu kosteus– tai lämpöongelmia. Näillä ongelmilla tarkoitetaan kosteuden siirtymistä maasta rakenteisiin sekä roudan aiheuttamia lämpöhaittoja rakenteissa. Kosteuden nousu voidaan välttää kapillaarikatkoisella maantäytöllä eli käytännössä soralla tai sepelillä. Tarvittaessa routavahinkoja voidaan välttää maahan kaivetulla eristyskerroksella. Suljettuna muurirakenteena pohjan tuuletus toteutetaan muuriin tehdyillä aukoilla. (L 17.6.2014/465.)

## 4 ERISTEET PUURUNGOSSA

Suomessa eniten käytetyt lämmöneristeet ovat yleensä puurankojen väliin asennettavat mineraalieristeet, kuten kivi- ja lasivilla. Nämä ovat epäorgaanisista aineista valmistettuja rakennusaineita, joita käytetään pääosin lämmön eristämiseen. Erillistä lämmöneristettä käytetään pienentämään rakenteen lämmönjohtavuutta, ja se on isoin yksittäinen materiaali, jolla rakenteen U-arvoa voidaan säädellä. Tämän takia lämmöneristeen valinta ja mitoitus tulee miettiä hyvin etukäteen. (RT 36–10689. 1991; Rakennustutkimus RTS Oy 2013, 58.)

U-arvo eli lämmönläpäisykerroin on määritelty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa (myöh. RakMK) osassa C4 näin: ”Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen.” (C4 (2003). 2002, 3). Lämmönläpäisykerroin (U-arvo) siis kuvaa lämmön siirtymää (watteina) rakenteen läpi neliometriä ja astetta kohden. Rakenteen lämmöneristävyys on parempi U-arvon ollessa pieni. (RakMK C4. 2003, 3.)

Ulkoseinän eristekerrokseen kuuluu myös suojaaminen tuulelta ja ilmavirralta. Tuulensuojan tulee olla eristyksen ulkopuolisen pinnan kauttaaltaan peittävä kerros. Hallitsemattomat eristekerroksen läpäisevät ilmavuodot estetään ilmansululla, joka yleensä asennetaan eristeen sisäpinnan puolelle. Näin eristekerros jää kahden ilmatiiviin kerroksen väliin. Ilmansulkuna käytetään monesti muovia, joka samalla toimii myös höyrynsulkuna. Muovin sopivuudesta tähän tarkoitukseen kiistellään, koska rakenne menettää hengittävyyttään. Mahdollisuutena on myös käyttää ilmansulkupaperia, joka soveltuu erityisesti hygroskoopipisten rakenteiden ilmansulukuksi. (C4 (2003). 2002, 5.)

#### **4.1 Puukuitueristeet**

Puukuitueristeitä ovat mm. sellusta ja puuhiokkeesta valmistetut eristeet, joiden sekaan on lisätty palonsuoja-aineita. Tällaisten eristeiden hiilisisältö on todettu olevan suurempi kuin hiilipäästöt valmistusvaiheessa (RT 38504. 2014, 1).

Eriste asennetaan yleensä joko puhaltamalla, ruiskuttamalla tai eristelevyinä.

Puukuitueristettä voidaan käyttää eristeenä seinissä, ylä- ja välipohjassa sekä tuuletuissa alapohjissa (kuva 2). (RT 36–11090. 2012, 1.)

Rakennustutkimuksessa todettiin lähes puolen omakotitalorakentajista valinneen yläpohjaeristeeksi puhallettavan eko-/selluvillan vuosina 2011–2013 (Rakennustutkimus RTS Oy 2013, 64).



- 1 puhallettava puukuitueriste:  
suunnittelupaksuus + painumavara 10 %...20 %
- 2 puukuitueristelevy, paksuudet 50 mm...150 mm  
koot 565 mm x 870 mm
- 3 ruiskutettava puukuitueriste

*KUVA 2. Esimerkkejä puukuitueristekerroksista ja niiden paksuuksista (RT 36–11090. 2012, 1)*

Lämmönjohtavuus puukuitueristeellä vaihtelee tuotteesta ja asennustavasta riippuen  $0,039 \text{ W/(mK)}$  –  $0,043 \text{ W/(mK)}$  . Suomessa pitkä lämmityskausi ja kesällä yleistävä jäähditys vaatii eristyskerrokselta hyvää

lämmöneristävyyskykyä, mutta samalla myös altistaa sen kosteusvaurioille suurien lämpötilaerojen takia kosteuden tiivistyessä rakenteisiin. Hienojakoisen eristeen ilmanläpäisevyys on erittäin pieni, mutta samalla sen kyky sitoa ja vapauttaa kosteutta on suuri. Tällaista materiaalia kutsutaan hygroskooppiseksi. Kun eristyspaksuudet pakotetaan jatkuvasti suuremmiksi, puukuitueristeinen rakenne hengittää eli sallii vesihöyryn siirtymisen rakenteen läpi hyvin vielä paksunakin. (RT 36–11090. 2012, 2.)

Paloturvallisuuden parantamiseksi puukuitueristeeseen on sekoitettava palonkestoainetta, yleensä booriyhdisteitä, jotka toimivat samalla myös lahoamisenestoaineena. Selluvillassa seoksen suhde on noin 80 % kierrätyspuukuitua ja 20 % booria. Boori on kemiallinen alkuaine, jota puukuituvillassa käytetään muun muassa suolamaisena boorihappona ja natriumtetraboraattina. Booripitoisuus ei kuitenkaan tee puukuitueristeestä ongelmajätettä, vaan sitä voidaan uudelleenkäyttää sellaisenaan eristeenä tai maanparannusaineena. Jatkuvan boorille altistumisen terveysvaikutusten tutkiminen on vielä kesken, mutta koko kehon suojauksen käyttö on suositeltavaa. (Selluvilla 2011.)

Puukuituvillan asennukseen voi tilata asennuspalvelun tai tuotteen voi asentaa omatoimisesti. Ruiskutettavalla tai puhallettavalla eristeellä saadaan täytettyä saumattomasti kaikki eristeelle tarkoitetut kolot. Nämä CE-merkityt puukuitueristetuotteet on saatavilla rautakaupoissa, joista on mahdollista vuokrata myös puhalluskone omaan käyttöön. Suomen RT-kortistosta löytyy Ekovilla oy:n tuotekortti, jolta löytyy ohjeet mm. suositeltaviin tiheyksiin. (RT 38504. 2014, 3–4.)

## 4.2 Järviruoko

Järviruoko on Suomenkin vesistöistä löytyvä kasvi. Järviruoko on hyötykäyttö ja siten niittäminen on vähentynyt, minkä on huomattu edistävän järvien rehevöitymistä. Siksi ruokojen käyttömahdollisuuksia rakentamisessa on alettu tutkimaan ja siten huomattu sen olevan yksi mahdollisuuksista päästä lähemmäksi (tämän opinnäytetyön johdanto-osiossakin esiteltyä) vähähiilipäästöistä Suomea. Rakentamisessa Järviruoko liitetään useasti vain ruokokatteeseen, mutta sen ominaisuuksia voidaan hyödyntää myös muissa muodoissa, kuten Suomessa vielä vieraina eristelevyinä tai -paaleina. (Ikonen – Hagelberg 2008, 7–12, 24.) Tutkimuskeskus VTT on tutkinut järviruoko on lämmönjohtavuuden olevan 0,057 W/(mK) (Lautkankare – Alijoki 2013, 23).

Ruokolevy on yhteenpunottu, puristettu järviruokolevy, jonka mitat ovat noin 2 m \* 0,6 m ja paksuus joko 5 cm tai 2,5 cm (kuva 3). Levyn valmistamisessa voidaan käyttää myös esimerkiksi pituutensa puolesta vesikatemateriaaliksi kelpaamatonta ruokoa. Levy on visuaalisesti miellyttävä ja siten käytetty paljon sisustuksessa. Rakentamisessa ruokolevyä voidaan käyttää esimerkiksi rappauslaastin aluslevynä sekä lisäämään ääni- ja lämpöeristystä. Se on esimerkiksi Tallinnan vanhojen rakennusten yleinen lisälämmöneriste (Ikonen – Hagelberg 2008, 24). Ruokolevyn voi asentaa puupinnalle naulaten ja taivuttaen naulan pään levyn nyörin yli lukiten levyn seinää vasten. Yhden ruokolevyn kiinnittämiseen tarvitaan 12–18 naulaa. (Stenman 2007, 74, 89; Ruokolevyjen asennus.)



*KUVA 3. Ruokolevyn palanen (Stenman 2007, 82)*

Arkkitehti Hartwig Reuter on suunnitellut seinä- tai lattiaelementeiksi tarkoitettuja ruokoeristeitä, joilla voitaisiin päällekkäin asennettuna saavuttaa haluttu eristysarvo. Turun ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriossa elementin lämmönjohtavuudeksi määritettiin  $0,066 \text{ W/(mK)}$ , joten ulkoseinään vaadittavan U-arvon  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  saavuttamiseksi ruokoa pitäisi olla 250 mm. Alapohjaan vaadittavan U-arvon  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$  saavuttamiseksi tulisi ruokoa olla 300 mm eli kolme 100 mm:n tai kaksi 150 mm:n eriste-elementtiä. (Stenman 2007, 75, 81.)

Viron ammattikorkeakoulu on testannut järviruokoa asentaen sitä erilaisissa muodoissa puurunkoon ja vuoraten sen sitten savipohjaisella laastilla (kuva 4). Testissä oli mukana neljä erilaista ruokoeristeratkaisua, jotka pinnoitettiin molemmin puolin savipohjaisella laastilla. Teoriassa erilailla asennetut 300 mm:n paksuiset seinärakenteet saavuttivat U-arvotavoitteensa päästen osin  $0,14$ :ään  $\text{W/m}^2\text{K}$ , mutta testien tulokset eivät yltäneet käytännössä läheskään näihin teoreettisiin tuloksiinsa. Syynä tähän epäiltiin mahdollisia kosteusjämiä

ruo'oissa. Paras tulos 0,185 W/m<sup>2</sup>K saavutettiin kuvassa 4 esitetyllä tavalla poikittain asennetuilla ruo'oilla. (Karja – Miljan – Miljan – Akermann 2010.)



*KUVA 4. Viron ammattikorkeakoulun opiskelijat asentamassa vaakasuoraa ruokoeristettä (Karja – Miljan – Miljan – Akermann 2010)*

## 5 ERISTÄVÄ SEINÄRAKENNE

Vaihtoehtona erikseen eristettävälle seinärakenteelle on rakenne, joka jo itsessään on lämmönjohtavuudeltaan ja tiiveydeltään niin pieni, ettei erillisiä lisäkerroksia välttämättä tarvita. Suomessa suosittu hirsirakentaminen voidaan luokitella tällaiseksi luomurakenteeksi periaatteensa puolesta. Esimerkiksi puun tehoviljely, kuljetusmatkat, huono energiatehokkuus ja kemikaaleilla käsittely ovat kuitenkin seikkoja, joilla voidaan kyseenalaistaa nykyaikaisen hirsirakentamisen luonnonmukaisuutta. On olemassa monia luonnonmukaisempia rakennustapoja, jotka ominaisuuksiltaan muistuttavat hirsirakentamista. (Racusin – McArleton 2012, 161.)

### 5.1 Olkipaalieriste

Olki on viljan viljelyn sivutuote, josta vain osa hyödynnetään eläintiloilla. Aiemmin olki poltettiin pelloille, mutta nykyään se silputaan monesti jo pintivaiheessa. Olkea voidaan kuitenkin käyttää rakennuksen kantavana sekä eristävänä seinärakenteena. (Järnefelt 2010.) Olkipaaleilla rakentamisesta puhuttaessa viitataan kulmikkaisiin paaleihin, ei pyöreisiin, sillä paalien ominaisuudet vaihtelevat suuresti eri muotojen välillä (Magwood – Mack – Therrien 2013, 26). Olkipaalin tulee olla tiukasti pakattua kuivaa olkea, jotka kiinnitetään käyttäen rakenteen sisäisiä tankoja tai ulkopuolista verkkoratkaisua (Magwood ym.2013, 195–197).

Arkkitehti Kasper Järnefeltin Rakennettu ympäristö -lehdessä julkaistun artikkelin mukaan suomalainen vehnän olkipaali soveltuu hyvin tällaiseen käyttöön. Se on mitoiltaan 50 cm \* 80 cm \* 190 cm ja hyvin pakattuna 100 kg/m painava palikka. Näillä mitoilla paalin kantokyky on noin 30 kN/m<sup>2</sup>, lämmönjohtavuus 0,05–0,07 W/(mK), ääneneristävyys pinnoitettuna 50 dB ja

paloluokka paalin tiiveyden ansiosta on E90. Pääraaka-aine olkipaaliseinässä on siis olki, joka on täysin maatuva materiaali sitten kun sen kierrättäminen tulee ajankohtaiseksi. Rappauksen tulee olla niin ilmatiivis, että se mahdollistaa paalien alhaisen kosteuden eikä rakenne pääse mätänemään ennen aikojaan. Rakenteen enimmäisikä ei ole tiedossa, sillä vanhin edelleen käytössä oleva olkipaalitalo on rakennettu vuonna 1904. (Magwood ym.2013, 39; Järnefelt 2010.)

Olkipaaliseinä on siis lupaava ratkaisu toimivuutensa puolesta, mutta myös sen luonnonmukaisuus on ihailtavalla tasolla. Jos olkipaaliseinään käytetty primäärienergia on 17 kWh/m<sup>2</sup>, samalla U-arvolla varustettuun betoniseinään se on 280 kWh/m<sup>2</sup> tai tiiliharkkoseinään 560 kWh/m<sup>2</sup>. Olkipaaleja käyttäen päästään helposti passiivitalotason rakenteeseen säilyttäen hyvä sisäilman laatu, sillä savirapattu olkirakenne on hengittävä ja terveellinen rakenne. Savella on kyky imeä itseensä ilman kosteutta ja epäpuhtauksia. (Järnefelt 2010.)

Suunnitteluvaiheessa on huomioitava useita asioita, mitä tässä rakennustavassa on vaikea muuttaa jälkeen päin. Seinärakenteeseen tulee paikoittain lisätä tukeva puuosa, jotta kalusteet voidaan kiinnittää seinään. Myös seinän läpivientien ja ikkunoiden uudelleensijoitus jälkikäteen on haastavaa tällaisessa palikkamaisessa rakenteessa. Aukkoja tukemaan asennetaan moduulikokoiset puiset kehikot rungon rakennusvaiheessa kuvan 5 mukaisesti. Putkistoa varten tällaisen aukon voi muodostaa esim. paksulla muoviputkella. Märkätilat on suositeltavaa sijoittaa rakennuksen keskelle. (Järnefelt 2010.)



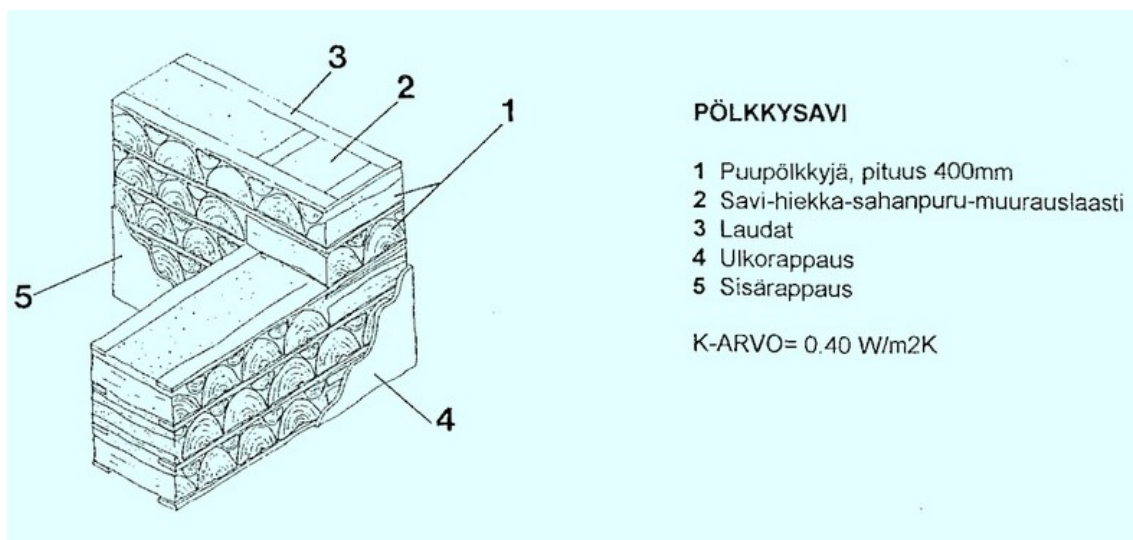
*KUVA 5. Kuva olkipaalirakenteisesta talosta rakennusvaiheessa ja sen jälkeen (Edmonds)*

Olkipaaliratkaisu ei periaatteeltaan juuri poikkea liitoskohdiltaan muista seinäratkaisuista, joten se on yhdistettävissä useisiin tekniikoihin. Alapohja- ja sokkeliratkaisussa tulee huomioida erityinen vedeneristys ja kuivumismahdollisuus. Olkipaalisena rakennetaan puisen palkiston päälle ja niin myös sen yläpuolelle asennetaan puupalkisto, jonka tehtävänä on jakaa yläpuolinen paino koko paaliseinälle. Mahdollinen painuma saadaan huomioitua kiristämällä olkirakenne liinoilla näiden ala- ja yläpalkistojen väliin ennen rappausta. (Järnefelt 2010.)

Seinän peitteeksi suositellaan laastia, joka ehkäisee kolojen muodostumisen hyönteisten pesimiselle tai kosteusvaurioille. Sementtipitoinen laasti on niin ympäristölle haitallinen kuin myös joustamaton ja kova tähän tarkoitukseen. Laastiksi suositellaan joko savi- tai kalkkilaastia. Savikerros suojaa olkea ulkopuoliselta rasitukselta, kuten mekaaniselta kulumiselta, kosteudelta ja tuulelta. Jotta saavutettaisiin visuaalisesti miellyttävän lopputulos, tulee ensimmäisen laastikerroksen olla mieluummin tasoittava savi-olkiseos. Vasta tasauserroksen jälkeen tehdään seokseltaan hiekkaisempi laasti, johon silputaan oljet. Siten seinään saadaan siisti pinta. (Järnefelt 2010.)

## 5.2 Pölkkysaviseinä

Suomalainen luonnonmukaisen rakentamisen keskus Luomura ry on tutustunut uudelleen pölkkysavirakentamiseen. Ideana on saavuttaa hirsirunkoa vastaava eristävyys käyttäen puupölkkyjä savimassalla toisiinsa muuraten kuvassa 6 esitetyllä tavalla. Laastiseoksessa voidaan käyttää savea, hiekkaa, sahanpurua ja kuituja. LUOMURA ry:n artikkelin mukaan pölkkysaviseinä jätetään mielellään näkyviin visuaalisista syistä, mutta se suositellaan peittämään rappaamalla tai laudoittamalla ilmatiiveyden vuoksi. Välikerroksena käytettävät laudat lisäävät rakenteen vakautta. (Pölkkysavirakentaminen.)



*KUVA 6. Luomura ry:n kurssille osallistuneen oppilastyö kuvaa pölkkysaviseinän rakennetta. Piirros on vuodelta 2001 (Pölkkysavirakentaminen.)*

Rob Roy on työskennellyt pölkkysavirakentamisen parissa jo yli 30 vuoden ajan, perustanut aiheeseen keskittyneen koulun ja kirjoittanut tekniikasta useita kirjoja. Hän on tutustunut kylmemmissä ilmastoissa toimiviin vaihtoehtoihin ja tekniikoihin. Sen sijaan että savimassaa yrittää tehdä eristävänä, voidaan

massan keskiosa täyttää eristävällä materiaalilla, jolla voidaan säädellä seinän lämmönjohtavuutta. Tällaisena eristävänä materiaalina voidaan käyttää esimerkiksi sahanpurua. (Roy 2003, 31.)

Puurakentamiseen liittyy aina riski kosteusvaurioista, joita voidaan välttää seuraavilla toimenpiteillä. Ensimmäiset puupölkkyt tulee asentaa vähintään 30 cm maanpinnan yläpuolelle ja räystäään tulee ulottua ainakin 60 cm ulkoseinän ulkopuolelle. Kosteus seinärakenteessa minimoidaan välttämällä pölkkyjen kosketusta toisiinsa sekä kuorimalla puut. Näiden seikkojen on huomattu houkuttelevan hyönteisiä ja sieneliöitä. Rakenteessa käytetyn puulajin tulee olla vahva ja mahdollisimman vähän kosteusvaihteluihin reagoiva puu. Puun tulisi olla kuivunut ainakin vuoden, jotta voitaisiin minimalisoida mahdolliset muodonmuutokset. (Roy 2003, 21–23)

### **5.3 Maasäkkirunko**

Yksi pioneerivaiheessa oleva mahdollisuus rungon rakentamiseksi luonnonmateriaaleista on maa-aineksella täytetyt säkit. Maasäkkitekniikka kehitettin lähinnä kehitysmaihin osana sosiaaliapua, jossa ongelmana on yleensä lämmön ulkona pitäminen. Peruseriaatteena rakennustekniikassa on säkit, jotka täytetään maa-aineksella ja tampaten kasataan yleensä pyöreäksi rakennukseksi. Tekniikasta yksinkertaisen tekee se, että säkit kivimurskalla täytettyinä toimivat myös perustuksena rakenteelle eikä erillistä kattorakennetta tarvita, mikäli säkit pinotaan kupolikatoksi kuvan 7 mukaisesti. Maasäkkirunko ei vaadi erillistä tukea, vaan se pysyy paikallaan oman painonsa ja säkkikerrosten väliin asennettujen piikkilangan avulla. (Hunter – Kiffmeyer 2004, 1–4, 25.)



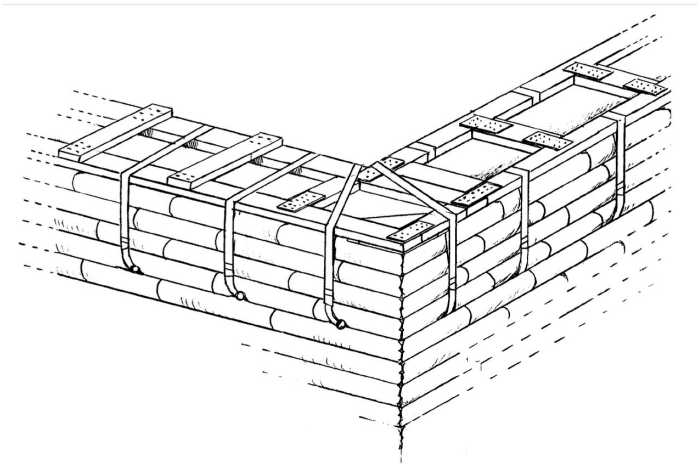
*KUVA 7. Kupolikattoinen, osin maan alle haudattu, maasäkkitalo rakennusvaiheessa (Hunter – Kiffmeyer 2004, 131)*

Maasäkin sisällön tulee olla noin 30 % savea ja 70 % hiekkaa (Hunter – Kiffmeyer, 13). Tekniikkaan voidaan hyödyntää esimerkiksi printtivirheellisiä säkkejä. Säkki voi materiaailtaan olla käytännössä mitä vain materiaalia, joka pitää maa-aineksen sisällään, vaikka säkkikangasta. Tätä rakennustekniikkaa on testattu eniten polypropeenisiä säkkejä käyttäen, jolloin tulee varoa liukuestoaineella käsiteltyjä materiaaleja, sillä ne heikentävät seinärakenteen hygroskooppista toimintaa. Säkkejä voi käyttää myös monessa eri koossa, jopa pitkänä tuubina. Liian isoja säkkejä on kuitenkin vaikea käsitellä, mutta liian pieni säkkikoko tarkoittaa enemmän työtä. Säkki voidaan sulkea esimerkiksi naulaa tai rautalankaa käyttäen. (Hunter – Kiffmeyer 2004, 21–25, 80.)

Suomessa tällaisen rakennustavan kokeilusta ei tiettävästi löydy näyttöä ja siksi on vaikea arvioida, miten rakennustapa sopii Suomen talviolosuhteisiin ja löytyykö säkkien täytteeksi luonnonmukaista eristävää vaihtoehtoa. Tämän rakennustekniikan on todettu kuitenkin toimivan myös kylmässä ilmastossa, mutta käytettävät materiaalit, tekniikat ja koostumukset on aina mietittävä ja

kokeiltava etukäteen rakennuspaikalla. Lämpöeristys rakenteeseen voidaan lisätä joko ulkopuolisesti tai täyttämällä säkit eristävällä massalla, esimerkiksi laavakivellä. Tekniikka on helposti yhdistettävissä myös muihin tekniikoihin, kuten heinäpaaliulkoseiniin, jolloin voidaan hyödyntää niiden lämmöneristävyyskykyä. Koska rakenne on tukeva, soveltuu se hyvin myös maapeitteiseksi rakenteeksi, joka toimii myös hyvänä lämmönsaajana. Maasäkkiseinälle ei ole olemassa kansainvälisesti hyväksyttyä testinäyttöä, mutta sille on suoritettu useita testejä (Earthbag Testing Research Summary; Hunter – Kiffmeyer 2004, 70). Yhdessä näistä testeistä mitattiin kupolikattoisen maasäkkirakenteen kestävyyttä laitteistolla, joka on tarkoitettu maanjäristysherkillä alueella olevien rakennusten mittaamiseen. Säkkirakenne ei testeissä näyttänyt minkäänlaista murtumaa tai pettämistä edes testilaitteiston toimiessa täydellä tehollaan. (Hunter – Kiffmeyer 2004, 175–182, 208–213, 219–220.)

Maasäkkirungon katteeksi voi kupolikaton lisäksi rakentaa ”normaalin katon” asentamalla yhtenäiset puiset yläpalkit seinien yläosaan. Palkit voidaan kiinnittää sitomalla ne muutama kerrosta alempaan säkkikerroksen ympäri tämä mahdollistaa monen eri tapaisen kattoratkaisun rakentamisen (kuva 8). (Hunter – Kiffmeyer 2004, 112.)



*KUVA 8. Yläpalkit voidaan kiinnittää sitomalla ne muutamaa kerrosta alempaan säkkikerroksen ympäri (Hunter – Kiffmeyer 2004, 112.)*

#### **5.4 Tiivistetty maa-aines**

Maa-aines monessa eri muodossaan on yksi vanhimmista rakennusmateriaaleista. Yksi vanhimmista ja isoimmista tiedetyistä rakennelmista, Kiinan muuri, on tehty osittain tiivistetystä maa-aineksesta. (Easton 2007, 4.) Sekoittaen oikea määrä hiekkaa, savea, silttiä ja vettä saadaan aikaan kestävä tiivistetty rakennusmateriaali. Ideaali sekoitussuhde maa-ainekseen on 15–18 % savea, 23 % karkeaa kiviainesta, 30 % hiekkaa ja 32 % silttiä (Rael 2010, 17).

Kosteus sitoo maa-aineksen yhteen, mutta liika vesi taas tekee rakenteesta löysän. Rakennusvaiheessa on siis tärkeää varmistaa oikea kosteussuhde testaamalla maata käsin puristamalla. Kuivumisen ei tulisi tapahtua liian nopeasti, sillä siinä riskinä on rakenteen halkeaminen. Etsittäessä korvaavaa materiaalia betonille voidaan tiivistettyä maa-ainesta pitää hyvänä vaihtoehtona. Maa-ainesta ”asennettaessa” voidaan muottina käyttää itse tehtyjä puisia muotteja, mutta myös betonivalulle tarkoitettut muotit kelpaavat. Jos maasta tehtyyn rakennukseen tarvitaan lämpöeristystä, on

mahdollisuutena tehdä betonirakenteista tuttu sandwich-rakenne, jossa eriste asennetaan kahden seinäelementin väliin. (Easton 2007, 97–109.) Tiivistetyn maan puristuslujuus voi ylittää jopa 4,3 Mpa:iin (Rammed earth – ancient, yet modern).

Tavannomaisiin seinämateriaaleihin verrattaessa maa-aineksella rakennusmateriaalina on selkeästi hyvät sekä huonot puolensa. Negatiivista on, ettei maa-ainesta voida standardisoida, sillä sen koostumus riippuu kaivuupaikasta. Se myös kutistuu kuivuessaan, sillä rakenteen muokkaamiseksi seokseen lisätään vettä. Veden määrää seoksessa voidaan kuitenkin säännöstellä lisäämällä seokseen tiettyjä luonnonmukaisiakin aineita. Kuivuneena maa-aines pitää suojata hyvin suoralta kosketukselta veden kanssa, sillä se on altis kosteuden aiheuttamille vaurioille. (Minke 2012, 13–14, 39.)

Näistä huolimatta tiivistetyllä maa-aineksella on paljon hyviä puolia perinteisiin rakennusmateriaaleihin verrattaessa. Tiivistetty maa-aines on

- hengittävä rakenne, sillä sen kyky sitoa ja vapauttaa kosteutta on erinomainen
- lämpöä varastoiva
- energiatehokas ratkaisu, sillä maa-aineksen käsittely ja kuljetus kuluttaa vain noin 1% siitä energiasta mitä tiili tai betoni vaatii käsittelyynsä
- kosteutetuna täysin uudelleen käytettävä
- halpa ja helppo rakennustapa, koska työvaiheiden suorittamiseen ei tarvita erityisiä työvälineitä tai ammattilaisia, kunhan työ on ammattilaisen valvoma
- ominaisuuksiltaan puurakenteita säilövä, sillä se pitää puurakenteiden kosteuden alhaisena
- savipitoisuutensa takia saasteita puhdistava. (Minke 2012, 14–15.)

## 6 VESIKATE

Vesikatteen päätehtävänä on poistaa vesi katetta pitkin mitään rakenteita vaurioittamatta. Lisäksi sen tulee kestää siihen kohdistuvat luonnonvoimat. Koko yläpohjan suunnittelussa otetaan huomioon U-arvon vertailuarvo 0,09 W/m<sup>2</sup>K ja se, että kate täyttää RakMK:n ääni- sekä paloluokkavaatimukset. Vesikatteenä Suomessa käytetään yleisesti pelti-, tiili- tai bitumikermikatteita. Suomen RT-kortisto tarjoaa ainakin kaksi vaatimukset täyttävää luonnonmukaista vesikattorakennetta. (RT 83–11010. 2010–.)

### 6.1 Järviruoko

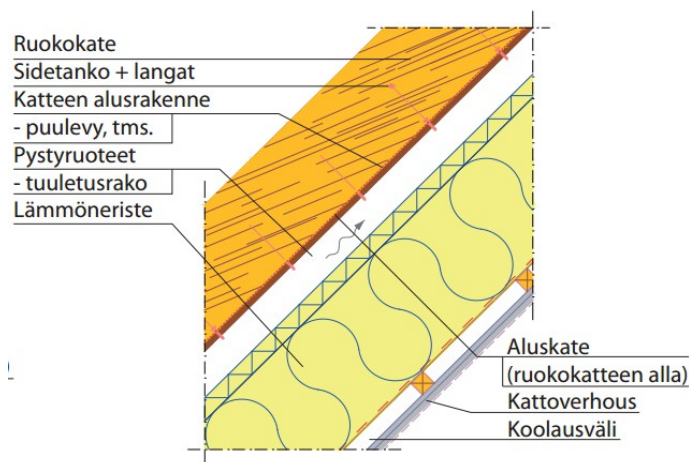
Järviruoko on kestävä, kaunis ja luontoystävällinen rakennusmateriaali. Suomessa järviruoko on otettu uudelleen käyttöön katemateriaalina vasta viime vuosina. RT-kortistoon järviruoko uudistettiin vuonna 2014. Vuoteen 2013 mennessä Suomessa tiedettiin olevan vain noin 70 ruokokattoa, kun vastaava luku Tanskassa on 42 000. (Lautkankare – Alijoki 2013, 10; Ikonen – Hagelberg 2008, 24; Stenman 2007, 110)

Elinympäristönsä lisäksi katteen ikään vaikuttavat ruokokerroksen paksuus ja laatu sekä työn laatu. Kun katteen kaltevuus on suurempi, valuu vesi pois nopeammin ja korret pysyvät kuivempina. Mikäli mikrobikasvustoa pääsee kehittymään ruokokatteessa, ohentaa se katetta. Suomessa olosuhteet mikrobien kehitykselle ovat kuitenkin huonot. (Lautkankare – Alijoki 2013, 13.)

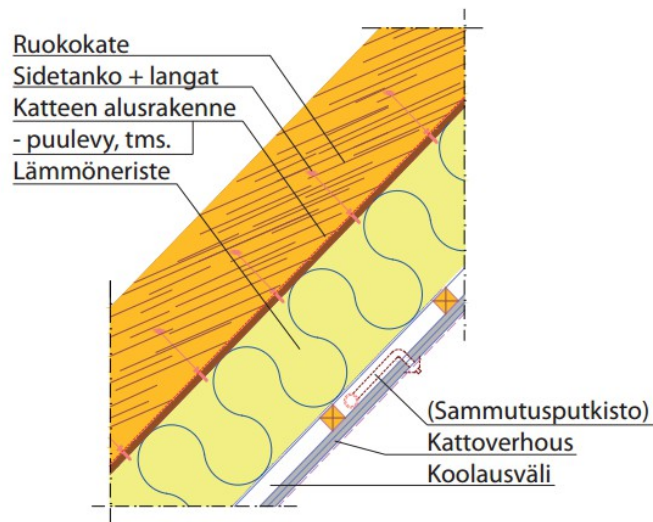
Ruoko kestää hyvin kosteutta, mutta läpäisee hyvin vesihöyryä muotoa muuttamatta (RT 85–11148. 2014, 1–7). Tärkeä huomioitava asia on lämmitettyjen rakenteiden läpi kulkeva sisäilman kosteus ja lämpö. Jos ruokokatteen alle asennetaan paksu lämmöneristekerros, ei lämmin sisäilma

pääse kuivattamaan ruokoja ja ne pysyvät kosteina pitempään. Näin ollen tuuletusraolla voidaan vaikuttaa katteen kuivumisnopeuteen ja siten sen ikään. (Lautkankare – Alijoki 2013, 13.)

Järviruokokate voidaan tehdä siis tuulettuvana (kuva 9) tai tuulettumattomana (kuva 10). Tuulettumattomassa rakenteessa voidaan käyttää hyväksi järviruokan hyviä eristysominaisuuksia, mutta silloin kattorakennetta suositellaan pitämään yksinkertaisena ja läpivientien määrää mahdollisimman pienenä. Vain noin 2/3 ruokan paksuudesta katossa lasketaan eristävänä, sillä materiaali johtaa lämpöä paremmin märkänä tällöin U-arvo 300 mm:n katteen osalta olisi 0,28 W/(m<sup>2</sup>K). Järviruoko ei siis yllä täyttämään vertailuarvoa koko yläpohjan lämpöeristeenä sen lämmönjohtavuus on 0,055 W/(mK) ja se painaa 40 kg/m<sup>2</sup>. (RT 85–11148. 2014, 1–7; Lautkankare – Alijoki 2013, 23.)



**KUVA 9.** Tuulettuva järviruokokatteinen yläpohja rakennekerroksineen (RT 85–11148. 2014, 2)



*KUVA 10. Tuulettumaton järviruokokatteinen yläpohjarakennekerroksineen (RT 85–11148. 2014, 2)*

Ruokokatetta suositellaan ensisijaisesti taloihin, joissa ei ole tulisijaa. Muita paloturvallisuuden toimenpiteitä ovat ruokokatteen käsittely palonsuoja-aineilla ja sisäpuolisten rakenteiden lisääminen tulen etenemisen hidastamiseksi. (RT 85–11148. 2014, 1–7.) Visuaalisesti miellyttävä ruokokaton avoräystä on suuri paloturvallinen riski, joka suositellaan peittämään paloturvallisemmalla materiaalilla tai palonsuoja-aineella (Lautkankare – Alijoki 2013, 31).

Ruokokatteen materiaalin markkinahinnaksi voidaan laskea 20–30 euroa neliöltä, mutta käsin kerättynä voidaan ruokoa kerätä viiden neliön edestä päivässä. Kattomateriaalin saa siis kerättyä vaikka itse talven aikana, jos vain puhdistus- ja säilytystilaa on tarpeeksi. Ruokoa kerättäessä on huomioitava sen laatuvaatimukset. 100–220 cm:n pituinen keltainen, paksuudeltaan alle 8 cm:n ruoko niputetaan ympärystimitaltaan 62–64 cm paksuihin kimppuihin. Kimput kuivuvat parhaiten tuulisessa ulkoilmassa. (Ikonen – Hagelberg 2008, 25; Stenman, 17)

## 6.2 Viherkatto

Viherkatto on kasvillisuudesta muodostettu vesikate. Kasvillisuus voi vaihdella ruohikosta puihin, eikä viherkatto aina ole vihreä (kuva 11). Myös kasvualustan paksuus vaihtelee 5 cm:stä 30 cm:iin. Viherkaton etuja ovat mm. sade- ja harmaanveden hyödyntäminen, lämpö- ja äänieristys, esteettisyys, viljelymahdollisuus ja siten myös jatkuva hiilijalanjäljen pieneminen. (Dunnett – Gedge – Little – Snodgrass 2011, 14–25.)



*KUVA 11. Turvepohjainen viherkatto kirkkaan punaisissa väreissä (Meidän mökki 2013)*

Suomen RT-kortistosta löytyy ohje turvepohjaisesta katosta. Kortin mukaan turpeella on hyvä lämpöeristävä kyky, mutta se ei riitä katon ainoana eristeenä eriste lisätään yläpohjaan jättäen selkeä rako ilmapirrille. Kattoa

suunniteltaessa tulee huomioida myös turvekaton tuoma lisäpaino. Turve ja sorakerros tuovat  $150 \text{ kg/m}^3$  lisäpainoa kattorakenteeseen. Kerrokset viherkatossa ovat seuraavat alhaalta ylöspäin: raakaponttilaudoitus, tiivistys, somerokerros, alempi turvekerros, ylempi turvekerros. (RT 852.3. 1966, 1.)

Elävän katon kanssa tulee huomioida vesikaton juurisuojaus, saumaton tiivistys, ja salaojitus. Tiivistyskerrosten limityksestä tulee huolehtia annettujen ohjeiden mukaisesti, eikä kattokaltevuus- tai räystäsohjeistuksia saa alittaa. (RT 852.3. 1966, 1–2.)

## 7 LUOMURAKENTAMINEN SUOMESSA

Suomen hankala ilmasto asettaa korkeat kriteerit rakentamiselle, eikä koko ajan lämpenevä talvi auta asiassa. Ilmatieteen laitoksen arvioiden mukaan talvien lämpötilat nousevat ja tulevina talvina on odotettavissa lämpötilan sahaavan nollan molemmilla puolilla, mikä nostaa rakenteiden kosteusriskejä. Toisaalta myös routarajojen uskotaan nousevan. Kuitenkin asetettuja perustussyvyyyksiä on noudatettava kunnes toisin määrätään. Ympäristö siis asettaa omat vaatimuksensa rakentamiselle, eikä luonnonmukainen rakentaminen ja oikean tavan valitseminen siksi ole helppoa. (Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa.)

Mediaa seurattaessa voidaan todeta ekologisuuden olevan nouseva trendi Suomen rakennusteollisuudessa. Sen myötä on kasvanut kiinnostus myös luonnonmateriaaleilla ekologisesti rakentamiseen. Luomutalossa asumisessa kiehtoo sen erilaisuuden ja ekologisuuden lisäksi terveellinen vaikutus ja oma panostus. Luomurakenteet koetaan terveydelle vähemmän haitalliseksi kuin monet yleistyneet rakennusmateriaalit. (Ekorakentajan opas.)

### **Kokemuksia**

Heidi Vilkmán rakensi Etelä-Suomeen mökin, jonka rakentamiseen hän käytti vain luonnollisia materiaaleja. Hän päätyi tekemään perustuksen soratäytteisistä säkeistä, seinät osittain pölkkysaviseinä ja osittain olkipaaleista savimassalla peitettynä sekä katon viherkattona (kuva12; kuva13). Kantaviksi osiksi hän valitsi luonnonpuita. Vilkmánin mökin edistymistä voi seurata hänen blogistaan [www.cobdreams.blogspot.fi](http://www.cobdreams.blogspot.fi). Muita Suomessa luonnonmukaisesti rakennettuja projekteja on kerätty Luonnonmukaisen rakentamisen keskuksen nettisivuille [www.luomura.com/talotarinoita](http://www.luomura.com/talotarinoita). (Vilkmán; Talotarinoita.)



*KUVA 12. Heidi Vilkmanin mökki rakennusvaiheessa (Vilkman)*



*KUVA 13. Heidi Vilkmanin mökki valmiina talvimaaisemassa vuonna 2013 (Vilkman)*

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella luonnonmukaisia vaihtoehtorakenteita suomalaisen rakennusteollisuuteen. Tuloksena selvisi vaihtoehtoisia materiaaleja ja rakenteita olevan yllättävän paljon. Kirjalliseen osioon listattiin tietoja vain Suomalaisen pientalonrakentajan kannalta potentiaalisimpia vaihtoehtoja. Uskon, että mikäli luomurakenteita tutkittaisiin ahkerammin ja niistä tehtäisiin selkeät rakennusselosteet, kuten järviruo'olle on nyt tehty, niiden suosio kasvaisi huimasti. Tämä veisi Suomea kohti pienempiä hiilidioksidipäästöjä, minkä edesauttamista kukaan suomalainen ei varmasti vastusta, mikäli mahdollisuudet sen toteuttamiselle tehdään realistisiksi. Luonnonmateriaaleista valmistettuja rakennusosia on kuitenkin vaikea standardisoida, sillä laatu vaihtelee suuresti sijainnin ja työtavan mukaan.

Luomurakenteista ei vielä löytynyt virallisia testituloksia niin kun olisin toivonut. Esimerkiksi monien rakenteiden kantavuuden rajoja ei ollut testattu, eikä siis vielä tiedetty mahdollisuuksien laajuutta. Kuitenkin työhön kerätyt menetelmät ovat suurimmaksi osin vanhoja ja olleet jo pitkään käytössä jossain päin maailmaa. Moneen otteeseen kävi ilmi myös se, ettei luomurakenteet ole eduksi vain ympäröivälle luonnolle, vaan ne ovat tavanomaisia rakennusmateriaaleja hengittävämpiä ja terveellisempiä.

## LÄHTEET

Chan, Paul – Cooper, Rachel 2011. Constructing Futures – Industry leaders and futures thinking in construction. Chichter: John Wiley & Sons.

Chiras, Daniel D. 2000. The Natural House – A Complete Guide to Healthy, Energy-efficient, Environmental Homes. White river junction: Chelsea Green Publishing.

Dunnett, Nigel – Gedge, Dusty – Little, John – Snodgrass, Edmund C. 2011. Small Green Roofs – Low-Tech Options for Greener Living. Portland: Timber press.

Earthbag Testing Research Summary. EarthbagBuilding.com. Saatavissa: <http://www.earthbagbuilding.com/testing.htm>. Hakupäivä 10.11.2014.

Easton, David 2007. The Rammed Earth House. White River Junction: Chelsea Green Publishing.

Edmonds, Molly. How Straw Bale Houses Work. Home.howstuffworks.com. Saatavissa: <http://home.howstuffworks.com/home-improvement/construction/green/straw-bale-house3.htm>. Hakupäivä: 20.11.2014

Ekorakentajan opas. Kuluttajien energianeuvonta. Saatavissa: <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/74b167fc-384b-44ae-84aa-c585ec218b41/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa.html>. Hakupäivä 15.1.2014.

Gale, John – Bradshaw, John – Chen, Zhenlin – Garg, Amit – Gomez, Dario – Rogner, Hans–Holger – Simbeck, Dale – Williams, Robert – Toth, Ferenc – van Vuuren, Detlef 2005. IPCC, 2005: IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press. S. 81.

Fly ash for concrete. Headwaters resources. Saatavissa:  
<http://flyash.com/data/upfiles/resource/Fly%20Ash%20for%20Concrete%202014.pdf>. Hakupäivä: 13.1.2015

Hunter, Kaki – Kiffmeyer, Donald 2004. Earthbag Building: The Tools, Tricks and Techniques. Gabriola Island: New Society Publishers.

Ikonen, Iiro – Hagelberg, Eija 2008. Etelä-Suomen ruovikkostrategia – Esimerkkeinä Halikonlahti ja Turun kaupungin rannikkoalueet. Turku: Lounais-Suomen ympäristökeskus.

Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa. Ilmatieteenlaitos. Saatavissa:  
<http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/74b167fc-384b-44ae-84aa-c585ec218b41/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa.html>. Hakupäivä 15.1.2014.

Johnston, David – Gibson, Scott 2008. Green from the Ground Up – A Builder's Guide – Sustainable, Healthy, and Energy-efficient Home Construction. Newtown: Taunton Press.

Järnefelt, Kaser 2010. Kantavan olkipaalirakenteen pioneerityötä Suomessa. RY Rakennettu ympäristö 4/2010. S. 29. Saatavissa:  
<http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/5wvdVAMVQ.html>. Hakupäivä 10.11.2014.

Karja, Kristo – Miljan, Jaan – Miljan, Martti–Jaan – Akermann, Kristina 2010. Raportti: Experimental study– Thermal conductivity of timber framed walls insulated with reed. Estonian University of Life Sciences, Department of Rural Building Kreutzwaldi 5, Tartu . Saatavissa: <http://www.cofreen.eu/images/stories/publications/testhousebrochure.pdf>. Hakupäivä 29.10.2014.

L 17.6.2014/465. Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista.

Lautkankare, Rauli – Alijoki, Tuomas 2013. Ruoko rakennusmateriaalina– Cofreen hanke ruo'on hyötykäytön edistäjänä. Tampere: Suomen ympäristöpaino. Saatavissa: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163752.pdf>. Hakupäivä 29.10.2014.

Lentotuhka. Rudus. Saatavissa: <http://www.rudus.fi/tuotteet/kierratys/lentotuhka>. Hakupäivä 19.11.2014.

Magwood, Chris 2014. Making Better Buildings – A Comparative Guide to Sustainable Construction for Homeowners and Contractors. Gabriola Island: New Society Publishers.

Magwood, Chris – Mack, Peter – Therrien, Tina 2005. More Straw Bale Building – A Complete Guide to Designing and Building with Straw. Gabriola Island: New Society Publishers.

Meidän mökki 2013. Viherkatto:Vaihda vihreäksi. Saatavissa: <http://www.meidanmokki.fi/mokkipiha/viherkatto-vaihda-vihreaksi>. Hakupäivä: 14.1.2014.

Minke, Gernot 2012. Building with Earth – Design and Technology of a Sustainable Architecture. 2. Basel: Birkhaeuser.

Pölkkysavirakentaminen – Cordwood. Luomura ry. Saatavissa:  
<http://www.luomura.com/teemasivuja/polkkysavirakentaminen-cordwood/>.  
Hakupäivä 29.10.2014.

Racusin, Jacob Deva – McArleton, Ace 2012. The Natural Building Companion:  
A Comprehensive Guide to Integrative Design and construction. White River  
Junction: Chelsea Green Publishing.

Rael, Ronald 2010. Earth Architecture. New York: Princeton Architectural  
Press.

Omakotirakentaja. 2013 13/14 SV–Eristeet. Rakennustutkimus RTS Oy.  
.Saatavissa:[http://www.ekovilla.com/fileadmin/user\\_upload/dokumentit/OMAKO  
TIRAKENTAJA\\_2013\\_SV\\_eristeet.pdf](http://www.ekovilla.com/fileadmin/user_upload/dokumentit/OMAKO_TIRAKENTAJA_2013_SV_eristeet.pdf) . Hakupäivä 29.10.2014.

C4. (2003). 2002. Lämmöneristys – ohjeet 2003. Saatavissa:  
<http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/c4.pdf>. Hakupäivä 10.11.2014.

Rammed earth – ancient, yet modern. Earthworks 10–11/2011. S. 27.  
Saatavissa: [http://earthworksmagazine.co.za/features/rammed-earth-ancient-  
yet-modern/](http://earthworksmagazine.co.za/features/rammed-earth-ancient-yet-modern/). Hakupäivä 10.11.2014.

Rinne, Harju 2009. Perustukset. Saatavissa:  
<http://www.perinnemestari.fi/index.php?id=65&id2=74>. Hakupäivä 19.1.2015.

Roy, Rob 2003. Cordwood Building – The State of the Art. Gabriola Island: New  
Society Publishers.

RT 36–10689. 1991. Mineraalivillaeristeet. Lämmöneristystarvikkeet.  
Rakennustieto Oy. Saatavissa:

<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10689> (Vaatii käyttäjälisenssin).  
Hakupäivä 29.10.2014.

RT 36–11090. 2012. Puukuitueristeet. Lämmöneristystarvikkeet. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11090> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 29.10.2014.

RT 38504. 2014. Ekovilla–lämmöneristeet – Ekovilla Oy. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/38504> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 29.10.2014.

RT 81–10590. 1995. Routasuojusrakenteet. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10590> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 29.10.2014.

RT 83–11010. 2010. Yläpohjarakenteita. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11010> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 29.10.2014.

RT 85–11148. 2014. Ruokokatot. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11148> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 29.10.2014.

RT 852.3. 1966. Kate, turve–. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/852.3> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 29.10.2014.

Ruokolevyjen asennus. Roomaja oy. Saatavissa: <http://roomaja.ee/tieta/ruokolevy-asennus>. Hakupäivä 10.11.2014.

Selluvilla. Päivitetty 2011. Terveyslaitos. Saatavissa:

[http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset\\_aineet/eristeaineet/selluvilla/Sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/eristeaineet/selluvilla/Sivut/default.aspx). Hakupäivä 10.11.2014.

Spiegel, Ross – Madows, Dru 2012. Green Building Materials – A Guide to Product Selection and Specification. 3. Hoboken: John Wiley & Sons.

Stenman, Helga 2007. Rannasta rakennukseen – Ruokorakentamista Itämeren alueella. Turku: Turun amaattikorkeakoulu.

Swanson George. Magnesium Oxide, Magnesium Chloride, and Phosphate-based Cements. Saatavissa: <http://www.greenhomebuilding.com/pdf/MgO-GENERAL.pdf>. Hakupäivä 19.11.2014.

Talotarinoita. Luomura Ry. Saatavissa: <http://www.luomura.com/talotarinoita/>. Hakupäivä 15.1.2014.

Vilkman, Heidi. Cobdreams(MutaUnelmia). Saatavissa: <http://cobdreams.blogspot.fi/>. Hakupäivä 15.1.2015.

Visiona vähähiilinen Suomi. 2014. Teknologian tutkimuskeskus VTT. Saatavissa: [http://www.vtt.fi/references/low\\_carbon\\_visions\\_for\\_finland.jsp?lang=fi](http://www.vtt.fi/references/low_carbon_visions_for_finland.jsp?lang=fi). Hakupäivä 31.10.2014.