

SAVI RAKENNUSMATERIAALINA

Tutkimusaihe



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestarikoulutus

2017, 2020

Nelli Haalahti

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestarikoulutus
Visamäki

Tekijä	Nelli Haalahti	Vuosi 2020
Työn nimi	Savi rakennusmateriaalina	
Työn ohjaaja	Hannu Elväs	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda käsikirjatyypinen dokumentti, jonka perusteella lukija saa yleiskäsityksen saven käytöstä talojen rakentamisessa. Työtä varten selvitettiin saven ominaisuuksia, vanhojen savirakennusten esiintymistä Suomessa ja ulkomailla, erilaisia savirakentamisen tekniikoita, märkätilojen toteuttamista savirakennuksessa sekä savirakentamisen tilannetta nykypäivänä.

Aihe valittiin tutkittavaksi, koska nykypäivänä rakenteiden terveellisyys ja tuotteiden lähihankinta ovat kuluttajan arvostamia asioita. Pohjatietojen perusteella savella pystyttäisiin toteuttamaan molempia. Lisäksi haluttiin selvittää, kuinka savirakenteet pärjäävät lämpötekniisesti pohjoisessa ilmastossa.

Työ on toteutettu aineistopohjaisena tutkimustyönä. Aineistoa opinnäytetyöhön on hankittu kirjoista, yritysten julkaisuista ja -internetsivuilta sekä yrityshaastattelulla. Haasteita tiedonhankintaan toi savirakentamisen vähäinen tunnettavuus Suomessa. Lisäksi osa löydetyistä aineistosta on verrattain vanhaa tai noudattaa eri maiden rakennusmääräyksiä.

Opinnäytetyö on läpileikkaus savirakentamiseen ja sen eri mahdollisuuksiin osana erityisesti Suomalaista rakentamista.

Avainsanat Kevytsavi, massiivisavi, olki, rakentaminen, rappaus, savi

Sivut 46 sivua

Degree Programme in Construction Management
Hämeenlinna University Centre

Author	Nelli Haalahti	Year 2020
Subject	Clay as a construction material	
Supervisor	Hannu Elväs	

ABSTRACT

The goal of this Bachelor's thesis was to produce a handbook-type document, from which the reader will get an overall view of clay as a construction material. For the thesis the properties of clay, old clay buildings in Finland and around the world, different construction methods, execution of sanitary cabins and the current situation of clay construction today were examined.

The topic was chosen because present-day clients are very aware of local sourcing and interested in healthy building techniques and materials. Part of the interest of this topic was to research the thermal performance of clay structures in the northern climate.

This thesis was carried out as a literature-based research. Books, company publications, websites and one interview were used to gather information. There were some challenges with gathering the information. These were in part due to unfamiliarity of clay construction in Finland. Also, some of the literature is obsolete or follows different kinds of building regulations.

The thesis is a cross section of clay construction and its possibilities as a part of Finnish construction industry.

Keywords Clay, plaster, straw, rammed earth, cob

Pages 46 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SAVI.....	2
2.1	Savilaadut	4
2.2	Saven hyödyt ja haitat rakentamisessa.....	5
2.2.1	Paloneristävyys.....	7
2.2.2	Ääneneristävyys.....	8
2.2.3	Vesihöyryn läpäisevyys.....	8
3	SAVIRAKENTAMISEN HISTORIA	9
3.1	Savirakentaminen ulkomailla	9
3.2	Savirakentaminen Suomessa	12
4	STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET	17
5	SAVI RUNKOMATERIAALINA.....	17
5.1	Massiivisavi.....	18
5.2	Kevytsavi.....	19
5.3	Kuivatekniikka	21
5.3.1	Savitiilet, -harkot ja -levyt.....	22
5.3.2	Savilaasti	26
5.3.3	Sullottu rakenne	26
5.3.4	Puu-savirunko.....	30
5.3.5	Pölkky savimuuraus	31
5.3.6	Paalirakentaminen.....	34
5.3.7	Olkielementtirakenne.....	37
6	SAVI RAKENNEOSANA	38
6.1	Savirappaus	38
6.2	Savilaatat ja levyt	40
6.3	Savilattia.....	40
6.4	Savimaalit	41
6.5	Märkätilat.....	42
7	SAVIRAKENTEEN IKÄÄNTYMINEN.....	43
8	YHTEENVETO JA TULEVAISUUDEN MAHDOLLISUUDET	45
	LÄHTEET.....	47

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on nykyään Suomessa vähemmän käytetty savi. Puhuttaessa savirakentamisesta, monille suomalaisille tulee ensimmäisenä mieleen afrikkalainen savimaja. Todellisuudessa arviolta puolet maailman väestöstä asuu savesta, tai muusta maa-aineksesta valmistetuissa rakennuksissa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on esitellä savirakentamisen eri vaihtoehtoja Suomalaisessa rakentamisessa. Esitellyissä rakennemalleissa on käytetty polttamattomia savirakenteita. Lisäksi opinnäytetyössä on mainintana muutama tällä hetkellä rakentamisessa paljon käytetty, savesta lämpökäsittelmällä valmistettu tuote.

Ensimmäisenä käsitellään saven fysikaalisia ominaisuuksia, saatavuutta, savilaatuja ja saven höytyjä, sekä haittoja rakentamisen näkökulmasta. Lisäksi kappaleessa käsitellään saven ääni-, kosteus- ja paloteknistä toimintaa.

Toisessa luvussa käsitellään savirakentamisen historiaa sekä Suomessa, että ulkomailla. Ulkomaisissa esimerkeissä on pyritty löytämään savirakentamisen esimerkkejä mahdollisimman useasta maanosasta.

Kolmas kappale käsittelee saven käyttöä runkomateriaaliina. Savirakentamisen tekniikat on jaettu kuiva- ja märkätekniikoilla toteutettaviin. Lisäksi kappaleessa käsitellään massiivi- ja kevytsaven erot.

Neljännessä kappaleessa käsitellään savirakentamiseen liittyviä ohjeita ja standardeja. Edellä mainitut on esitelty maittain nimellä. Ohjeistuksia ei ole tässä opinnäytetyössä avattu, jottei työstä tulisi kohtuuttoman pitkä.

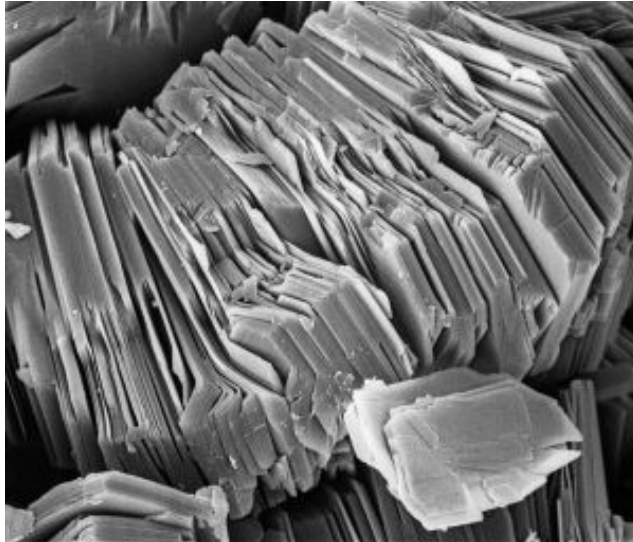
Viidennessä kappaleessa käsitellään saven käyttöä osana rakennetta. Rakennneosana savea voidaan käyttää esimerkiksi erilaisina rappauksina, laattoina ja muina pintarakenteina. Tässä osiossa käsitellyt tekniikat ovat helpoimmin siirrettävissä nykypäivän uudis- ja korjausrakentamiseen.

Kuudennessa kappaleessa käsitellään lyhyesti savirakenteiden ikäänymistä ja rakenteiden korjausmahdollisuuksia. Kappaleessa on käsitelty myös saven edullisia ominaisuuksia rakennusjätteen uusiokäytön näkökulmasta.

Seitsemäs, ja viimeinen kappale käsittelee savirakentamisen tilannetta nykypäivän suomessa, sekä tulevaisuuden mahdollisuuksia. Kappaleessa on lyhyesti huomioitu myös savirakentamisen koulutuksen saamisen mahdollisuuksia. Tähän osioon kuuluu myös tämän opinnäytetyön yhteenveto.

2 SAVI

Savi on kivennäismaalaji, jossa saveksen osuus on yli 30 painoprosenttia. Savi syntyy eri kivilajeista kemiallisesti ja fysikaalisesti rapautumalla. Saven pääainesta kutsutaan savekseksi. Saves luokitellaan partikkelikoon mukaan. Sen partikkelikoko on alle 0.002 mm, eli alle 2 μm . Savespartikkeli on muodoltaan pitkä ja ohut hiutale. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 26) Alla kuva saven hiutalerakenteesta kuvattuna elektronimikroskoopilla.



Kuva 1. Savihiutaleita, kaoliitti (gites-gmbh.de n.d.)

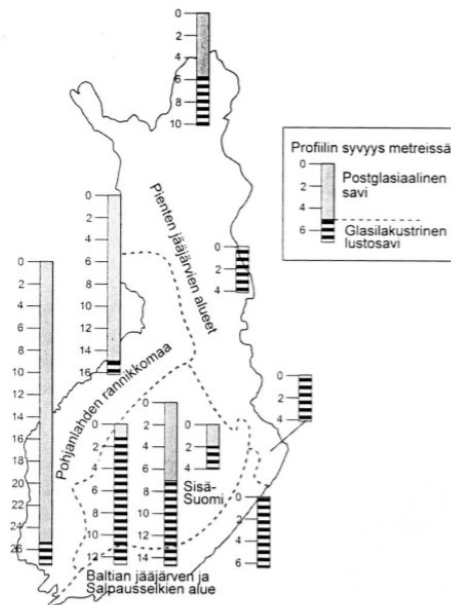
Saveksen lisäksi savet koostuvat yleensä karkeasta hiesusta, hiedasta ja siltestä. Näiden lisäksi savet voivat sisältää rapautumisjäänteinä kvartsista ja muista kivilajeista. Savimineraalien kolme yleisintä päätyyppiä ovat kaoliini, smektiitti ja illiitti. Savi voi olla joko yhtä näistä, tai yhdistelmä useammasta. Useimmissa Suomen savissa on alumiini- tai rautamineraaleja. Tiiliteollisuudessa jaotellaan savia sekä lihavuuden, että rautayhdisteiden hapettumistason mukaan. Hapettuneina savina pidetään harmaa- ja kuiva-kuorisavea, jotka ovat kertyneet pohjaveden yläpuolelle. Hapettumaton savi taas on yleensä sinisavea- tai tinasavea. (Volhard & Westermarck, 1994 s. 27, 29-30)

Taulukko 1. Suomalaisen saven keskimääräinen kemiallinen koostumus (Volhard & Westermarck, 1994, s. 27)

SiO ₂	58,67
Al ₂ O ₃	16,60
Fe ₂ O ₃	5,42
FeO	2,95
MnO	0,11
MgO	2,81
CaO	2,17
Na ₂ O	2,65
K ₂ O	3,27
H ₂ O	3,31
TiO ₂	0,69
P ₂ O ₅	0,36
Cl	0,01
SO ₃	0,19
S	0,14
Orgaaninen aines	0,87

Suomen savet ovat verrattain nuoria. Ne ovat syntyneet jääkausien välillä. Rannikkoalueiden ja Etelä-Suomen savet ovat muodostuneet kahden viimeisen jääkauden jälkeen. Saviesiintymät ovat muodostuneet jäälauttojen sulamisvesien kuljettaessa kiviainesta. Eri kokoiset mineraalipartikkelit ovat kulkeneet veden mukana eri matkan. Saviesiintymät ovat kertyneet esimerkiksi järvien tai merien rannikoille. Löydetyt esiintymät voivat olla useitakin metrejä paksuja. Uudemmissa savissa on enemmän orgaanista ainesta ja muita hienoaineita. (Volhard, Westermarck, 1994, s. 26, 29)

Savea voidaan löytää peruskalliosta, jossa se on muodostunut paineen alaisena rapautumalla. Lisäksi uutta savea muodostuu edelleen jokien ja vesistöjen yhtymäkotiin. Savea on saatavilla lähes koko maasta, vaikkakin savilaadut ja esiintymien suuruus vaihtelevat. Suomen savivarat riittäisivät pelkästään tiiliteollisuuden käyttöön 500 000 vuodeksi. (Wienerberg, n.d.). Kuvassa 2 on esitetty suomen savivarainnot jaoteltuna glasiaalisiin lustosaviin (jääkauden aikana syntyneet) ja postglasiaalisiin (jääkauden jälkeen syntyneet). Kuvasta voidaan huomata, että Suomen länsiosassa savea esiintyy runsaasti. Itä-Suomessa saven esiintyminen taas on vähäisempää. Kainuun ja Pohjois-Karjalan alueella saven esiintyminen on huomattavan vähäistä.



Kuva 2. Suomen savien tyyppialueet (Ranki, 2007, s. 7/Kirja-Aurora, Turku 2002)

Plastisuus ja vedenpidätyskyky ovat savelle tyypillisiä ominaisuuksia. Molemmilla on merkitystä saven käytön kannalta. Lähes kaikkia savirakenteita toteutettaessa saven tulisi olla plastisuusalueella. Plastisuusalueella tarkoitetaan aluetta, jolla savi on muovailtavissa. Plastisuusalue määritetään Atterbergin rajojen mukaan. Plastinen alue osuu plastisuusrajan ja juoksurajan väliin. Plastisuusraja saavutetaan, kun saveen lisättäessä vettä se muuttuu muovailtavaksi. Veden lisäyksen vuoksi savihiutaleet pystyvät liukumaan erilleen. Plastisuusalueen toinen raja-arvo saavutetaan jatkamalla veden lisäämistä savimassaan. Juoksuraja on saavutettu saven muuttuessa juoksevaksi. Jokaisen saven plastisuusalue on yksilöllinen. Se riippuu muun muassa saveksen määrästä kyseisessä savessa. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 26; Maïni, 2010 s. 40)

Plastisuus vaikuttaa saven työstämiseen rakennusaikana. Jotta savirakenteista saataisiin toimivia, tulee ottaa huomioon myös saven käyttäytyminen sen kuivussa. Veden haihtuessa saveshiutaleet kiinnittyvät takaisin toisiinsa hiutaleiden poolisuuden ansiosta. Hiutaleet kiinnittyvät litteät puolet vastakkain ja lomittain. Yllä mainittujen seikkojen ansiosta savi on työn aikana helposti muovailtavaa ja kuivuttuaan kovettuu ja omaa hyvän puristuslujuuden. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 26)

2.1 Savilaadut

Saven rakentamiseen vaikuttavia ominaisuuksia ovat muun muassa saven humuspitoisuus, saveksen määrä, raekokojakauma ja kosteuspitoisuus. Orgaaninen, savirakentamisessa haitallinen aines on jo kompostoitunutta orgaanista ainesta. Sen sijaan esimerkiksi maatumattomat juuret ja lehdet

massan seassa eivät ole rakentamisen kannalta haitallisia. (Maïni, 2010 s. 20)

Saven soveltumista rakennusmateriaaliksi selvitetään tällä hetkellä kaupallisella tasolla esimerkiksi röntgensäteillä. Kustannustehokkaampi vaihtoehto on käyttää vanhojen tiilentekijöiden oppeja saven ominaisuuksien testaamiseen. Tällaisia ovat muun muassa pallokoe, pudotuspallokoe ja saostuskoe. Mainittujen kokeiden perusteella voidaan helposti arvioida saven laatua ja sen sisältämän saveksen määrää. Eli onko savi laihaa, vai lihavaa savea. Monikäyttöisin rakennussavi on keskilihava savi, jossa on tasaisesti edustetut raekoot. Lähes kaikkia savilaatuja voidaan kuitenkin käyttää rakentamiseen. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 28, 30)

2.1.1 Lihava savi

Lihavaksi savi luokitellaan, jos sen savespitoisuus on yli 50 %. Lihavalle savelle ominaista on tiivis rakenne ja huono vedenläpäisy. Tällaisen saven yleinen käyttötarkoitus on ollut vesieriste. Sillä on pyritty eristämään muun muassa kaivoja ja rakennusten vierustoja. (Ranki, 2007, s. 7; Volhard & Westermarck, 1994, s. 27)

Savespitoisuuden ollessa korkea on savi paremmin muovailtavissa ja se omaa suuremman puristuslujuuden kuivana. Huonona puolena liHAVAN saven käytössä on kuitenkin sen kuivumiskutistuma ja siitä johtuva halkeilu. Usein liHAVAN saven sekaan on esimerkiksi seinärakenteita tehdessä sekoitettava hiekkaa. (Ranki, 2007, s. 7; Little & Morton, 2001, s.12)

2.1.2 Laiha savi

Laihassa savessa savespitoisuus on 30 – 50 %. Lihavaan saveen verrattuna on laiHAN saven kutistuma pienempi. Yleensä tiiliteollisuudessa hyödynnettävä savi on laihaa savea. LaiHAN saven omatessa hyvän koostumuksen, voidaan siitä usein tehdä esimerkiksi massiiviseinärakenteita sellaisenaan ja näin vähentää työmäärää. LaihASTA saveSTA tehty rakenne kestää sään vaihteluita lihavampaa savea huonommin. (Ranki, 2007, s 7; Volhard, Westermarck, 1994, s. 27)

Jossain määrin saven kaltaisesti käyttäytyy myös niin kutsuttu laiHASTA saveSTA seuraava, eli savinen siltti, jossa saveksen osuus on alle 10 – 30 %. Savista silttiäkin voi käyttää savirakentamiseen, jos savea ei ole saatavilla. (Volhard, Westermarck, 1994, s. 27)

2.2 Saven hyödyt ja haitat rakentamisessa

Saven ollessa hienoja kivennäishiukkasia, monet sen hyödylliset ja haitalliset ominaisuudet muistuttavat muiden kiviainesten ominaisuuksia. Tässä

kappaleessa keskitytään saven yleisiin hyödyllisiin ja haitallisiin ominaisuuksiin, ei niinkään saven laadusta riippuviin, yleensä pieniin ominaisuusvaihteluihin. (Ranki, 2007, s. 5-6; Volhard & Westermarck, 1994, s. 25).

HYÖDYT

- Hyvin saatavilla
- Alhainen tasapainokosteus, hyvä kosteusvaihteluiden tasaamiseen
- Hyvät diffuusio-ominaisuudet
- Toimii orgaanisten aineiden kanssa (suojaaja esimerkiksi lahoamiselta rakenteen kuivuttua)
- Paloturvallinen, hieno kivennäismaalaji on itsessään palamaton
- Alentaa muiden savimassaan sekoitettujen aineiden paloherkkyyttä
- Massiivirakenne eristää ääntä, sekä tasaa ja varastoi lämpöenergiaa
- Parantaa huoneakustiikka
- Hajuton ja myrkytön
- Hyvä puristuslujuus
- Kokematon rakentaja voi hyödyntää ohjauksella
- Ylijäämämaterialiaali ei ole jäte vaan luonnontuote
- Voidaan käyttää kantavana runkona, tai täydentävänä rakenneosana
- Materiaaliominaisuuksien muokkaus helppoa
- Materiaalikustannukset yleensä alhaiset
- ”Lisäaineet” yleensä myrkyttömiä, kuten olki, hiekka, hake, puu...

HAITAT

- Huono sietämään vettä ja suuria kosteusrasituksia. Huomioitava suunnittelussa muun muassa korkeilla sokkeleilla ja pidemmillä räystäillä
- Huono vetolujuus
- Huono lämmöneristävyys
- Savirakenteet painuvat kuivuessaan (erityisesti lihava savi)
- Rakenteiden pitkä kuivumisaika (erityisesti massiivirakenteet)
- Töiden riippuvuus vuodenajasta; ulkoilman suhteellisen kosteuden pitää olla riittävän matala, jotta massiivirakenne voi kuivua
- Vähäinen tieto ja tunnettavuus materiaalin käytöstä ja tekniikoista
- Työvaltaisuus
- Rakentamisen valmisteluun kuluva aika
- Valmiiden savirakentamistuotteiden puute

Puhuttaessa savirakentamisen haitoista tulee ottaa huomioon, että suureen osaan negatiivisista ominaisuuksista voidaan rakennusvaiheessa vaikuttaa. Vetolujuuteen ja lämmöneristävyyteen voidaan vaikuttaa lisäämällä massaan esimerkiksi kanervia, olkea, kuusenoksia tai lautoja. (Ranki, 2007, s. 9)

Rakenteiden painumiseen ja halkeiluun vaikuttaa saveksen määrä massassa. Ominaisuuksia voidaan muokata lisäämällä massaan esimerkiksi hiekkaa. Rakenteiden kuivumisaikaa voi halutessaan lyhentää esimerkiksi työmaan lämmittämisellä. Joissakin vanhemmissa kohteissa rakennuksen

kuivumista on nopeutettu polttamalla pieniä nuotioita rakennusten seinustoilla. Näistä syistä voidaankin joskus nähdä saviseinissä punertuneita kohtia. Savirakentamisen työvaltaisuuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi koneistamalla tiettyjä työvaiheita. Valmistuotteita myydään Suomessa pienessä mittakaavassa, lisäksi tuotteita on helppo tilata esimerkiksi muista Euroopan maista. (Ranki, 2007, s. 6-7, 10)

2.2.1 Paloneristävyys

Suomen omissa koodistoissa tai standardeissa ei ole määritelty paloturvallisuuteen liittyviä laskentamalleja. Saksassa, jo käytössä poistuneissa DIN-standardeissa on käsitelty enemmän saven käyttöä rakennusten palosuojauksessa. DIN – standardien hyödyntämisen kohdalla tulee huomioida, että kaikki lähtöarvot tai nollapistet eivät ole testeissä samoja, kuin Suomessa. Standardeja voidaan käyttää esimerkinomaisesti, tai lähtöreferensseinä tuleviin tutkimuksiin. Tällä hetkellä Suomessa savirakentamisen palotekniset ominaisuudet täytyy arvioida pääasiassa polttokokein.

Vuonna 2017 museoviraston avustuksella on toteutettu polttokokeita hirsirakenteiseen rakennukseen koskien savirappauksen palonkestoa lisäävää vaikutusta. Lausunnosta tehdyn yhteenvedon mukaan molemmiin puolin vähintään 30 mm rapatulla hirsiseinällä voidaan saavuttaa REI30. Samalla testattiin savirappauksen suojavaikutuksia välipohjarakenteeseen. Välipohjan kantavana osana testattavassa rakenteessa on puupalkisto. Rakenteen arvioitiin täyttävän paloturvallisuusvaatimukset jo sellaisenaan. Rakennesosassa saven katsotaan kuitenkin parantavan palonkestoa. Kokeiden aikana todettiin myös, ettei savirappauksen tyyppillä ole suurta vaikutusta palonsuojauksivaikutukseen. Rappauksen halkeilu sen sijaan vaikuttaa vähentävästi palonkestoon. (Museovirasto, n.d.)

Savi-olkipaalirakenteiden paloturvallisuudesta on paljon hyviä kokemuksia Pohjois-Amerikasta. Tutkimuksia on tehnyt muun muassa Canada Mortgage and Housing Corporation. Yhtiön kokemuksen mukaan tiukka pakatus oljessa on riittävästi ilmaa eristämään lämpöä, mutta liian vähän palamaan hyvin. Yleensä olkipaalin pinta hiihtyy ja hidastaa lämmön johtumista syvemmälle rakenteeseen. Yhdysvaltain Uudessa Meksikossa toteutettu testi osoittaa, että kantava käsittelemätön olkipaaliseen kestää paloa 35 minuuttia. Rapattuna saman rakenteen poltonkesto nousi yli kahteen tuntiin. Testin yhteydessä on myös mainittu, ettei olkipaalin palonlevittämisoiminisuuksilla ole palotilanteessa niin suurta roolia, kuin rakenteen pintamateriaalin palonsuojaominaisuuksilla. Olkipaalirakentamisessa tulee kuitenkin huomioida, että rakennusaikana syntyy paljon herkästi palavaa irto-olkea. (Westermarck & Riuttamäki & Pelto-Uotila & Weck, 2002, s. 17)

Eräs esimerkki olkipaalirakenteisen rakennuksen palotilanteesta löytyi Saksasta. Rakennus paloi talvella 1999. Rakennuksesta paloivat kokonaan puiset rakenneosat, kuten vesikattorakenteet. Suurin osa olkipaaliseinistä

oli kuitenkin jäänyt ehjiksi. (Westermarck & Riuttamäki & Pelto-Uotila & Weck, 2002, s. 16 - 17)

Itävallassa on testattu vehnänolkipaalin palo-ominaisuuksia. Kokeessa todettiin, että käsittelemätönkin olkipaali (tiheyksillä 90 ja 150 kg/m³) täyttää itävaltalaisen paloluokan B 2 vaatimukset. (Westermarck & Riuttamäki & Pelto-Uotila & Weck, 2002, s. 16)

2.2.2 Ääneneristävyys

Yksikerroksisten seinärakenteiden ääneneristävyttä voidaan parantaa tiheämmällä rakennustuotteella, tai kasvattamalla rakennepaksuutta. Mitä ohuempia seinärakenteita halutaan, sitä tiheämpiä niiden yleensä tulee olla. Jotta pystyttäisiin välttämään äänen siirtyminen rakenteen huokoskäytäviä pitkin, olisi suositeltavaa rapata rakenne molemmin puolin. Puurunkoisissa rakennuksissa ääneneristävyys voi olla haasteellista. Seinärakenteiden ääneneristävyttä voidaan parantaa rungon väleihin asennettavalla kevytsavella. Lattiarakenteiden kohdalla ääneneristävyteen vaikuttavat muun muassa lattiarakenteen kiinnittäminen kantavaan palkistoon. Kevytsavi alkaa parantaa rakenteen askelääneneristävyttä vasta 160 mm paksummissa rakenteissa. (Volhard & Westermarck, 1994, s.145)

Suomeen sovellettavia saven ääneneristykseen liittyviä kokeita ja testejä ei löydy useita. Alla käsitellään museoviraston avustuksella tehty hirsiselle seinärakenteelle ja puuranka välipohjalle suoritettut kokeet. Äänieristyskokeet on tehty Turun AMK:n äänilaboratoriossa. The Natural Building Companyn hirsirakenteisen koeseinän eristysarvoja mitattiin aluksi ilman rappauksia, sen jälkeen usealla eri tavalla pinnoitettuna. Lähimmäs nykyvaatimuksia päästiin rakenteella, jossa hirsiseinän molemmille puolille kiinnitetään 25 mm:n huokoinen puukuitulevy ja sen pintaan savirappaus 20 mm. Tällä rakenteella päästiin noin 50 dB:n Rw-ilmaääneneristävyys. Tulos ei täyty nykypäivän vaatimuksia. (Museovirasto, n.d.)

Yllä mainituissa kokeissa käytetty välipohjarakenne on puurunkoinen. Kokeissa havaittiin vanhan välipohjarakenteen ääneneristävyden lisäämisen vaikeus. Savirappauksella ei mainittavasti saatu parannettua olemassa olevan välipohjarakenteen ääneneristävyttä. (Museovirasto, n.d.)

2.2.3 Vesihöyryn läpäisevyys

Useista lähteistä saadun tiedon mukaan savirakenteet tasaavat hyvin kosteutta rakennuksissa. Savirakenne ottaa vastaan ja luovuttaa kosteutta ulko- ja sisäilmasta, siihen liittyvistä rakennneosista, sekä saveen sekoitetuista aineista. Käyttäjäkokemusten mukaan savirakennus on sisäpuolisen kosteusilmaston kannalta tarkasteltuna miellyttävä.

Kanadassa on tutkittu olkipaalirakenteen pinnoitusvaihtoehtojen vaikutusta rakenteen vedenläpäisevyyteen. Tutkimuksen mukaan vesihöyryn läpäisevyyttä huonontavat sementtihakka-rappaus ja öljymaali. Kalkkihiekka-rappauksen vesihöyrynläpäisevyys taas on korkea. Pellavaöljymaalilla ei tutkimuksen mukaan ole suurta vaikutusta vesihöyryn läpäisevyyteen. Tutkimuksen mukaan savirapatut olkipaalirakenteet toimivat yleisesti hyvin Suomen oloja vastaavissa oloissa. Lisäksi tutkimuksessa todetaan, että olkipaalirakenteen homehtumisriskiä pohjoisseinustalla erittäin sateisilla alueilla tulee tutkia lisää. Tällaisissa oloissa ei savirakennuksen seinärakenteita suositella päällystettäväksi pelkästään savirappauksella. (Westermarck & Riuttamäki & Pelto-Uotila & Weck, 2002, s. 20) Seinärakenteita voidaan lisäsuojata sääoloja vastaan esimerkiksi asentamalla savirappauksen päälle laudoitus.

3 SAVIRAKENTAMISEN HISTORIA

Savi on yksi vanhimpia ihmisen käyttämiä rakennusmateriaaleja. Sen käyttö on aloitettu ennen ajanlaskun alkua. Nykypäivään säilyneitä savirakennuksia on toteutettu eri rakennetekniikoilla. Betonin käytön yleistyessä maailmalla on saven käyttö ja erityisesti käytön kehittäminen jäänyt takalalle. Nykypäivänä savirakentamisen osaaminen on monessa maassa unohtunut lähes kokonaan. Alan osaaminen ja tietämys on yleensä kulkenut tekijältä tekijälle. Savirakentajien ikääntyessä ja tekniikoiden käytön puutteessa on suuri osa savirakentamiseen liittyvästä käytännön osaamisesta unohtunut.

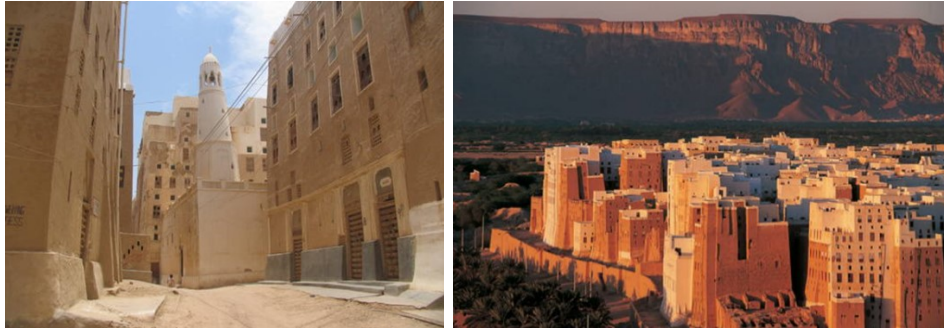
Tällä hetkellä savirakentamisen osaamista hyödynnetään taas useassa maassa. Osaaja- ja käyttäjäkunta on kohtalaisen pieni sektori. Savirakentamisen parissa toimivat osaajat ovat kuitenkin usein tekemisissä muiden alan osaajien kanssa maiden rajojen yli. Osana savirakentamisen lisääntymistä tehdään yrityksissä tuotekehitystä, jotta saataisiin valmiita rakennustuotteita nykypäivän markkinoille.

3.1 Savirakentaminen ulkomailla

Savirakentamista esiintyy lähes maapallon jokaisessa kolkassa. Alle on kerätty esimerkkejä eri savirakentamisen tekniikoita edustavia rakennuksia maapallon eri osista. Savirakentamisen työtavat ja tekniikat ovat pysyneet lähes saman kaltaisina useita vuosisatoja.

Shibam niminen kaupunki Jemenissä on Unescon maailmanperintökohde. Koko kaupunki on rakennettu kuivatetuista savitiilistä ja rapattu savella. Kaupungissa sijaitsevien rakennusten rakennusajan arvellaan jatkuneen

800-luvulta aina 1500-luvulle. Kuvissa näkyvissä kaupunkia ympäröivä suo-
jammuuri, sekä kaupungin rakennusten moninaisuus. Osa kaupungin raken-
nuksista on jopa kymmenkerroksisia.



Kuva 3. Shibam, kaupunki Jemenissä (Unesco; Aneta Ribarska, Jean-
Jacques Gelbart. n.d.)

Uudessa Seelannissa, Pohjois-Amerikassa, Englannissa, Saksassa ja muual-
lakin Euroopassa yleisin savirakentamisen muoto on ollut savi-puu ristik-
korakenne. Rakennemallissa kantava rakenne muodostuu puisesta ristik-
korakenteesta, jonka välit on täytetty yleensä kevytsavella. Savimassa toi-
mii rakenteessa sekä täyttöaineena, että eristeenä. Alla näkyvässä kuvassa
Saksassa sijaitseva keskiajalla rakennettujen rakennusten reunustama tori.



Kuva 4. König-Adolf-Aukio, Idstein, Saksa. (Stars and Stripes, 2014)

Savesta on rakennettu myös nykypäivänä tutumman oloisia kerrostaloja.
Alla olevassa kuvassa Saksassa sijaitseva massiivisavitekniikalla toteutettu
asuinkerrostalo. Rakennuksen kantava runko on savea ja se on valmistunut
vuonna 1836.



Kuva 5. Massiivisavikerrostalo Saksassa, (Lärka, 2012, s. 12)

Pohjois-Amerikassa savella rapatun olkipaalirakenteen käyttö on alkanut 1800 – luvun lopulla. Rakennetyypissä olkipaalit rapataan molemmin puolin savella. Englannissa ensimmäinen rakennuslupa olkipaalirakennukselle on myönnetty vuonna 1996. (ECCE, s. 7, n.d.) Alapuolella vuonna 1928 Nebraskaan rakennettu kirkkorakennus.



Kuva 6. Pilgrim Holiness kirkko Arthur, Nebraska. (Library of Congress n.d.)

Afrikassa savirakentaminen on tavallinen rakentamisen muoto. Rakennuksia on tehty muun muassa massiivisavitekniikalla, kuivatetuilla tiilillä ja

täyttämällä ohutta puuristikkoa tai vastaavaa rakennetta savella. Afrikkalaisen savirakentamisen erikoisuutena on vuosittain ”uusittava” julkisivu. Tämä pitää sisällään saviseinien uudelleen käsittelyn savella. Alla havainnollistava kuva afrikkalaisesta vaatimattomasta saviasumuksesta.



Kuva 7. Araromi Obu, Nigeria, punasavi-rakennus (jujufilms.tv, n.d.)

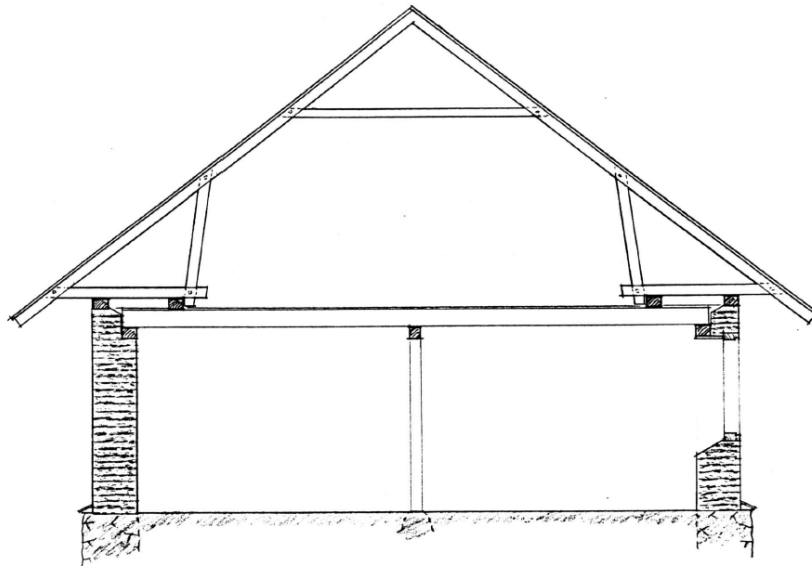
3.2 Savirakentaminen Suomessa

Suomen savirakentamiseen on merkittävästi vaikuttanut puurakentamisen suosio. Puun hyvän saatavuuden takia ei savirakentaminen ole Suomessa koskaan noussut suurempaan tietoisuuteen. Rakennusmateriaalina sitä on käytetty lähinnä pula-aikaan. 1700 - luvulta eteenpäin metsän säästämisen toivossa tehtiin useita savirakentamiseen liittyviä ohjeita ja lehtiartikkeleita. 1950-luvulle asti on noussut erilaisia savirakennuksia eri puolille maata. (Ranki, 2007, s. 3)

Savirakentamisoppia Suomeen on tullut sekä idästä, että lännestä. Meidänkin rakennuskulttuurissamme on aikanaan ollut vakiintuneet tekniikat ja tavat savirakentamiseen. Alueellisesti saatettiin tehdä yleisistä tavoista poikkeavia, paikallisia innovaatioita. Joiksikin vuosikymmeniksi saven käyttäminen rakentamisessa loppui lähes kokonaan. Lähivuosikymmeninä on savirakennuksia alettu taas rakentaa, joskin pienessä mittakaavassa. (Ranki, 2007, s. 8)

Suomessa ensimmäisiä savirakentamisessa käytettyjä tekniikoita on ollut oksapunosten varaan asennettu savimassa. Massa on usein sisältänyt saven lisäksi esimerkiksi seuraavia; kasvikuivia oksia, hevosen-, tai lehmänlantaa ja hiekkää. Samaa massaa on voitu käyttää myös lattiarakenteisiin ja hirsiseinien tiivistämiseen. (Ranki, 2007, s.7)

Savirakentamisessa käytetyt rakenneratkaisut ovat yleensä olleet yksinkertaisia, mutta perusteltuja. Alla oleva kuva edustaa massiivisavirakentamista. Rakenneleikkauksessa näkyy hyvin saviseinien paksuus ja seiniin yhdistetyt puurakenteet. Poikkileikkaus on yli 200-vuotiaasta rakennuksesta. Rakennuksessa kantavien seinien paksuus on 600 – 700 mm. (Ranki, 2007, s. 34)



Kuva 8. yli 200-vuotiaan rakennuksen leikkauspiirustus (Ranki, 2007, s. 11)

Esimerkkirakennuksessa kantavien massiivisaviseinien päälle on asennettu kaksi seinän suuntaista hirttä. Näihin hirsiiin on kiinnitetty ja tuettu sekä välipohja, että kattotuolit. Rakennuksen leveyden vuoksi on välipohjaa tässä tapauksessa lisätuettu palkki-pilarijärjestelmällä. Kyseinen rakenneratkaisu mahdollistaa kattokuormien osittaisen siirtymisen välipohjalle, pelkkien ulkoseinien sijaan. Välipohjan kiinnityspalkki toimii samalla ikkuna- ja oviaukkojen yläpuolisena tuentana. Osittain seinäkuormia kantavat myös ikkunoiden ja ovien karmit. (Ranki, 2007, s. 11)

Suomessa yleisin savirakennustapa on ollut massiivirakenne. Useimmat vanhimmista savirakennuksista edustavat edellä mainittua rakennustapaa. Lisäksi meiltä löytyy esimerkkejä pölkky- ja olkipaalirakenteista sekä erilaisista kevytsaviratkaisuista. Savea on käytetty viimeistään 1800-luvulta alkaen hirsirakennusten tiivistämiseen. Myöhemmissä vaiheissa on saatettu koko hirsipinta rapata savella. Koko seinärakennetta rapattaessa ei hirsiseinässä sellaisenaan ole tarpeeksi tartuntapintaa. Seinäpintoihin on tullut kiinnittää esimerkiksi kaislaverkko, tai kuten alla olevassa kuvassa näkyy, puutapitus koko seinä alueelle. (Ympäristö nyt, 2016).



Kuva 9. Savirappaus ja puutapitus hirsiseinällä (Ympäristö nyt, 2016)

Hirsirakennuksessa savirappauksen tartunta on voitu toteuttaa myös hie-
man vaatimattomammin. Tällöin on hirren pinta yleensä lastuttu kirveellä.
Verrattuna edelliseen tämän tekniikan etuna on se, ettei rakenteeseen tar-
vitse lisätä materiaalia. Rappauksissa käytettiin yleensä erilaisia kuituai-
neita, kuten sammal, sahanpuru tai pellavan olkisirppu (Ranki, 2007, s. 13).
Alla kuvassa on vielä hieman aiempaa savirappausta jäljellä.



Kuva 10. Savirappauksen jäänteitä lastutussa hirsipinnassa (Ranki, 2007,
s. 13)

Alle on kerätty muutamia esimerkkejä Suomessa säilyneistä savirakennuk-
sista. Savirakennuksia sijaitsee useassa maakunnassamme. Tyypillisiä paik-

koja suuremmille savirakennuksille ovat olleet ruukkien yhteyteen toteutetut majoitusrakennukset, tai muut talousrakennukset. Eläinsuojana savirakennus oli suosittu, koska se pystyi tasaamaan eläimistä muodostuvaa kosteutta (Ranki, 2007, s. 8).

Krouvinmäen majatalo on rakennettu vuonna 1784 Ruotsinpyhtäälle, Strömforsin ruukkialueelle. Rakennus on toiminut muun muassa työväen asuntolana. Vuonna 1991 se kunnostettiin majoitustilaksi. (Strömforsin ruukki, n.d.) Rakennus edustaa massiivisavitekniikkaa.



Kuva 11. Krouvinmäen majatalo (Luomura ry, n.d.)

Myös massiivisavitekniikkaa edustava tallirakennus on rakennettu Merimaskuun vuonna 1908. Seinien savimassassa on käytetty sekä lihavaa, että laihaa savea. Tässä rakennuksessa voidaan hyvin huomata, että jopa suojaamaton savirakenne voi kestää useita vuosikymmeniä toimintakuntoisena. Alla kuvat rakennuksesta ja lähikuva seinärakenteen vuosisadan aikana tapahtuneesta kulumisesta. (Ranki, 2007, s. 8)



Kuva 12. Vasemmalla tallirakennus ja oikealla suojaamattoman saviseinän kulumaa (Luomura ry, massiivisavirakentaminen. n.d.)

Leo Järvenpään kotitalo Janakkalassa on jo ainakin muutaman vuosikymmenen vanha, tarkkaa rakennusvuotta ei lähteistä löytynyt. Rakennus

edustaa kevytsavi- ja puu-saviristikko rakentamista. Rakennuksen kantava osa on puurunko, jonka täytteenä, sekä eristeenä on käytetty kevytsavea. Usein tällainen rakennetyyppi rapataan molemmilta puolilta. Tässä janakkalaisessa rakennuksessa on savirappausta suojaamaan asennettu myös lautavuoraus.



Kuva 13. Omakotitalo, Janakkala (Luomura ry, talotarinoita, n.d.)

Vuosina 2000-2002 on Humppilaan rakennettu suuri saunarakennus pölkkysavitekniikalla. Tekniikassa muurataan puupalkeilla ja laastina käytetään savilaastia. Laastiin on voitu sekoittaa esimerkiksi hiekkaa, sahanpurua ja paperisilppua. Alla näkyvää rakennusta kutsutaan viikinkisaunaksi ja se edustaa maamme uudempaa savirakennuskantaa.



Kuva 14. Viikinkisauna, Humppila (Mikko Tuononen, Luomura ry, n.d.)

Suomesta löytyy joitakin polttamattomista savitiilistä valmistettuja rakennuksia. Osassa on käytetty lujitteena turvetta, joka on samalla parantanut tiilen lämpöeristävyyttä. Tyypillisesti tiilirakenteet on muurattu savi-, tai kalkkilaastilla. (Ranki, 2007, s. 13)

Yllä esiteltyjen lisäksi Suomesta löytyy monia muitakin savirakennuksia. Lisäksi täytyy mainita, että savesta polttamalla valmistetut tiilet ovat olleet ja ovat edelleen merkittävä osa suomalaista rakentamista.

4 STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET

Savirakentamista koskevia standardeja ja ohjeistuksia löytyy useista maista. Ongelmana erityisesti standardien kohdalla on, että suuri osa näistä on vanhoja tai eri normistoihin tehtyjä. Aikaisimmat savirakentamiseen liittyvät ohjeistukset ajoittuvat 1700 – luvulle. Suuri osa Euroopasta löytyvästä ohjeistuksesta on tehty 1950 – luvun tienoilla. Uudempaan ohjeistusta löytyy esimerkiksi Britanniaasta. Suurinta osaa dokumenteista ei ole hyväksytty Suomessa, näin ollen niitä voidaan pitää lähinnä ohjeellisenä tietona.

Alle on listattu maita, joissa on tuotettu savirakentamiseen liittyviä standardeja, määräyksiä tai ohjeita. Savirakentamiseen liittyvää ohjeistusta löytyy ainakin seuraavista maista; Australia, Belgia, Intia, Ranska, Saksa, Suomi, Uusi-Seelanti, Sveitsi, Yhdysvallat, Yhdistyneet kuningaskunnat ja Viro. (Little & Morton, 2001, s. 56 – 58)

Brittistandardien mukaan ei ole tarpeellista testata paalirakentamisessa käytettyjä paaleja. Ainakin yksi yritys on kuitenkin luonut oman koodiston, jota suositellaan myös rakennusvalvonnalle annettavaksi ja täytettäväksi. Mielenkiintoisena faktana, savirakentamisessa ajoittain käytetty autonrengasperustus on nykyään Britanniassa hyväksytty perustustekniikka. (Straw works, Barbara Jones, n.d.)

Saksan DIN-standardeihin verrattaessa tulee ottaa huomioon, että ainakin osassa mittauksia nollapiste on asetettu eri tavoin Suomessa ja Saksassa. Näin on ainakin ääneneristävyyttä määrittelevien standardien ja ohjeiden kohdalla. (Volhard & Westermarck, 1994, s.145)

5 SAVI RUNKOMATERIAALINA

Kantavana rakenteena savi toimii massiivisavirakenteissa tai tiili/harkko-muurauksessa. Käytettäessä kevytsavea, paalirakennetta, pölkkyravirakennetta tai puuristikko-rakennetta rakennuksen kuormia käsittelee yleensä saven sijaan puurunko. Pieniä paali- ja savipölkkyrakennuksia voidaan toteuttaa myös ilman erillistä kantavaa runkoa. Suomessa kuitenkin suositellaan erillisen kantavan rungon käyttämistä lumikuormien takia (Westermarck & Riuttamäki & Pelto-Uotila & Weck, 2002, s. 6-7). Kantavan

runгон välit täytetään joko rapattavilla paaleilla, tai esimerkiksi kevytsavimassalla. Lähes poikkeuksetta kaikki savirakennetekniikat voidaan toteuttaa massiivi- tai kevytsavella. Toisissa kohteissa ei kuitenkaan ole viisasta käyttää esimerkiksi massiivisavea rakenteen painon tai lämmöneristävyysominaisuuksien vuoksi. Massiivisaven lämmöneristävyys on samaa luokkaa, kuin poltetun täystiilen (Volhard & Westermarck, 1994, s. 22).

Kaikkien savirakenteiden käytössä tulee huomioida, ettei rakenteeseen saa päästää ylimääräistä kosteutta. Veden pääsyä savirakenteisiin hallitaan yleensä korkeilla perustuksilla, perustusten ja ulkoseinien välisellä kapillaarikatkolla sekä tavallista pidemmillä räystäillä.

5.1 Massiivisavi

Yksinkertaisuudessaan massiivisavirakenne tarkoittaa tiheää rakennetta, joka koostuu pääasiassa savesta ja mahdollisesti lisättävästä hiekasta. Rakennusmateriaali voidaan luokitella massiivisaveksi, kun sen tiheys on 1700 – 1200 kg/m³. Massiivisavella voidaan toteuttaa sekä ulko-, että sisäseinä. Tärkeimpinä massiivisavitekniikoina pidetään savimuurausta ja valurakentamista. Suomenkielisessä kirjallisuudessa on massiivisavitekniikan tilalla käytetty useita eri termejä, kuten sulloitetut saviseinät, savihakoseinät ja iskos-seinät. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 11, 22; Ranki, 2007, s. 9).

Massiivirakenteita voidaan toteuttaa sekä kuiva- että märkätekniikalla. Massisaviseinät ovat yleensä verrattain paksuja, koska seinille siirtyvät kaikki rakennukselle tulevat kuormat. Rakennuksen kuormien siirtyessä suoraan saviseinille ei erillinen runkorakenne ole tarpeen. Tyypillinen massiivisaviseinän paksuus on välillä 500-700 mm. Korkeammissa seinissä saatetaan seinän alaosan paksuutta lisätä, jotta saadaan parhaiten hyödynnettyä saveen puristuslujuutta. (Ranki, 2007, s. 9)

Taulukko 2. Massiivisaviseinän paksuus suhteessa seinän pituuteen ja korkeuteen (Ranki, 2007, s. 10)

Seinän pituus metreissä	Seinän korkeus metreissä					
	2,50	2,83	3,14	3,45	3,77	4,03
Tarvittava seinäpaksuus senttimetreissä						
7,53	47	50	52	55	58	60
8,16	52	55	58	60	63	65
8,79	58	60	63	65	68	71
9,42	63	65	68	71	73	76
10,01	68	71	73	76	79	81

Massiivisavirakenteiden toteuttamiseen voidaan käyttää sekä lihavaa, että laihaa savea. Lihavaan saveen kannattaa kuitenkin yleensä lisätä hiekkaa,

jotta voidaan hillitä rakenteen painumista ja halkeilua sen kuivuessa. Savimassan tulee lisäksi olla riittävästi sekoitettua, jotta saadaan muodostettua tarpeeksi tasainen massa (Ranki, 2007, s. 19).

5.2 Kevytsavi

”Tässä materiaalissa yhdistyvät saven hyvät ominaisuudet lämpöeristävyyteen ja helppoon työstettävyyteen.” (Talo savesta, s.2). Massiivisaveen nähden kevytsavi on verrattain kevyttä. Niin sanottu kevyempi, eli huokoisempi kevytsavi on painoluokitukseltaan 300 – 800 kg/m³. Huokoisen kevytsaven ominaisuudet palvelevat parhaiten rakenteita, kuten; ulkoseinät, yläpohjat, lisälämmöneristäminen ja sisäseinät. Tiheäksi kevytsavea kutsutaan, kun se osuu painoluokkaan 800 – 1200 kg/m³. Tiheää kevytsavimassaa kannattaa käyttää esimerkiksi sisäseiniin ja välipohjiin. (Volhard & Westermarck, 1994, s.25, 49)

Kevytsavessa massan pääaines ei ole savi, vaan siihen lisättävät keveämmät ainekset, kuten esimerkiksi olki, sahanpuru tai puulastut. Savi toimii rakenteessa liima-aineksena. Sitä käytetään vain noin puolet siitä määrästä, kuin vastaavaan massiivirakenteeseen käytettäisiin. Massan valmistuksessa savi liuotetaan, jotta kaikki käytettävät ainekset saadaan helpommin muodostamaan tasalaatuinen massa. Nyrkkisääntönä voidaan pitää seuraavaa; mitä kevyempi massa, sitä lämmöneristävämpi. Samalla täytyy kuitenkin huomioida, että mitä enemmän savea käytetään, sitä enemmän rakenne varaa lämpöä, vaimentaa ääntä ja kestää palotilanteessa. Kevytsavimassasta voidaan valmistaa esimerkiksi erilaisia valmisharkkotuotteita, tai käyttää valurakenteissa. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 22-23, 48) Alla valutekniikalla toteutettu seinärakenne.



Kuva 15. Valumuotilla toteutettu kevytsaviseinä (Putkilahden kylälehti, 2011)

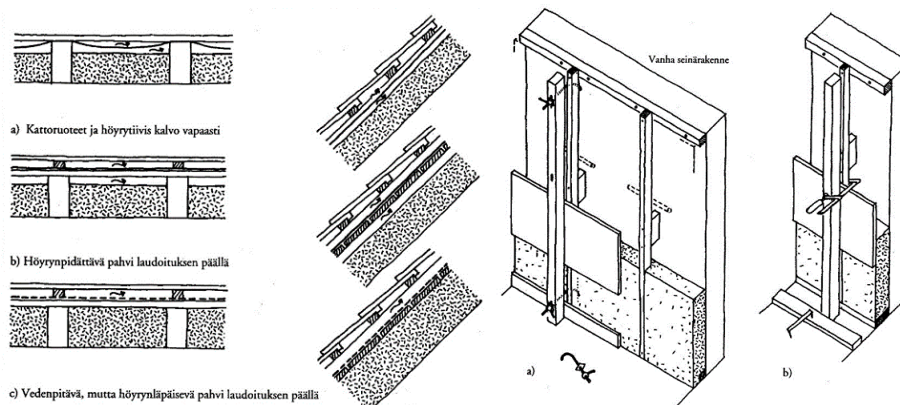
Ulkoseinien riittävän lämmöneristävyyden takia seinäpaksuuden tulisi olla vähintään 250 mm. Jos ulkoseinärakenteesta halutaan yli 300 mm paksu, ei sitä kannata tehdä märkätekniikalla rakenteen pitkän kuivumisajan

vuoksi. Sisäseinissä riittävät lämmönsitovuusominaisuudet ja ääneneristävyyys voidaan saavuttaa yli 100 mm rakenteella. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 54)

Kevytsavirakentamisella voidaan saavuttaa hyvä lämmöneristävyyys. Kevytsaven käyttö on siis Suomessa energiatehokkaampaa. Esimerkkinä; 450 kg/m³ painoisella kevytsavella voidaan saavuttaa K-arvo, 0,28 W/m²K. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 22; Talon savesta, s. 2)

Kevytsaven kaltaisina voidaan pitää erilaisia olki- hake ja purusavia, jotka saavat nimensä saven seassa käytetyn pääaineksen mukaan. Edellä mainitut eroavat kevytsavesta valmistustavaltaan. Näiden valmistamisessa savimassa on elastista, mutta ei juoksevaa, toisin kuin kevytsavea tehtäessä. Valmiiden rakenteiden ominaisuudet voivat vaihdella jonkin verran riippuen pääaineksen ominaisuuksista. Esimerkiksi puuhakkeella on mahdollista saada rakenteesta tiiviimpi. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 23)

Yläpohjassa kevytsavea kannattaa käyttää, koska se tasaa sisätilojen lämpöolosuhteita. Rakenne on kuitenkin tavallisimpia yläpohjarakenteita painavampi ja se tulee huomioida suunnittelussa. Käytettäessä 300 – 600 kg/m³ ominaispainoista massaa on Suomessa vaadittava kevytsavikerros ollut vuonna 1994 300 – 500 mm. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 77) Alla esimerkkikuva tiilikatteesta, jonka alainen yläpohjarakenne on toteutettu kevytsavella. Lisäksi kuvassa esitetty lisäeristäminen kevytsavi- valutekniikalla toteutettuna.



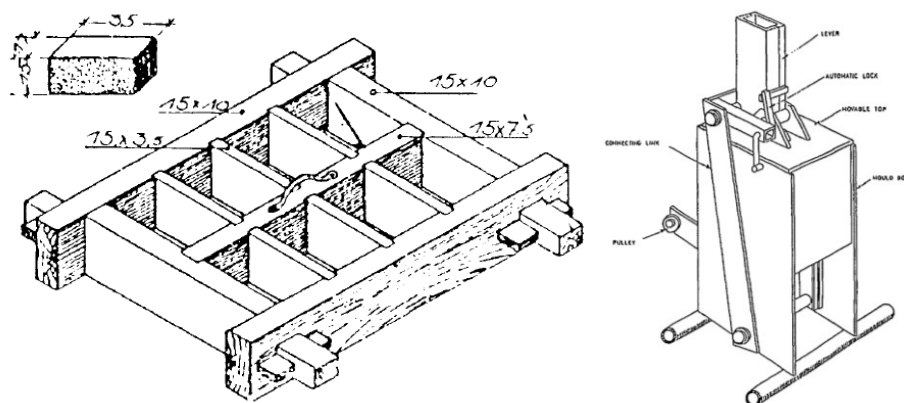
Kuva 16. Oikealla yläpohjan eristäminen kevytsavella, tiilikatto; vasemmalla seinän lisäeristäminen kevytsavella (Volhard & Westermarck, 1994, s. 76, 82)

Vesijohto-, sähkö- ja muita asennuksia voidaan toteuttaa kevytsaviseen rakenteeseen. Rakenteiden sisään asennettavat vesiputket on syytä asentaa lämmöneristävään suojaputkeen kondenssivaurioiden ja vuotojen varalta. Järkevintä olisi kuljettaa vesiputket sisäseinissä tai asennuskoteloissa. Savirakennuksissa kannattaa myös harkita putkien pinta-asennusta mahdollisten vuotojen paikantamisen helpottamiseksi. Tarvittavat roilotukset rakenteisiin voidaan tehdä puuntyöstöön tarkoitetuilla työkaluilla. Roiloja

kevytsaveen saadaan esimerkiksi sahaamalla tai talttaamalla. Upotettavien sähkörasioiden aukot kannattaa tehdä esimerkiksi puukkosahalla. Jos saven tiiviys ylittää 900 kg/m^3 voidaan siihen asentaa nauvoja ja vaarvoja. Raskaammat kalusteet kannattaa kiinnittää esimerkiksi kantavaan puurunkoon, tai suosia vapaana seisovia kalusteita. (Volhard & Westermarck, 1994, s. 111)

5.3 Kuivatekniikka

Kuivatekniikka savirakentamisessa tarkoittaa rakennetapoja, joissa sovelletaan jo valmistettuja ja kuivattuja savituotteita, kuten savitiilet, -harkot ja levyt. Eri savimassoista voidaan valmistaa monen muotoisia ja kokoisia kappaleita. Savituotteita voidaan valmistaa käsin muottiin lyömällä, mekaanisilla puristimilla tai hydraulisilla puristimilla. Tuotaessa suurempia määriä on hydraulisen puristimen käyttö todennäköisesti kannattavin vaihtoehto (Little & Morton, 2001, s. 16-17). Alla esimerkkikuvat eri savituotteiden valmistamisen muotista ja puristimista.



Kuva 17. Vasemmalla perinteinen tiilimuotti (Sepp, 1935, s. 11) ja oikealla mekaaninen prässi (Kathe Poveda, n.d.)



Kuva 18. Hydraulinen tiilipuristin (Vermeer Corporation, 2012)

Kuivatekniikoissa pystytään hyödyntämään kevyt- ja massiivisavea. Kuivatekniikalla savirakenteita voidaan toteuttaa joustavammin vuoden kierron aikana. Jo kuivatettu savituote sallii työn aikana korkeamman ympäröivän ilmakehän kosteuden. Valmistuote on lisäksi jo saavuttanut riittävän lujuuden. Kuivatekniikkana voidaan pitää myös myöhemmin käsiteltävän paalirakentamisen variaatiota, jossa paalit päällystetään savella ja kuivataan ennen rakentamista. Tällaista rakennustapaa käytettäessä savesta kovan kuoren saaneet olkipaalit toimivat suurina muurauskappaleina.

5.3.1 Savitiilet, -harkot ja -levyt

Kuivattujen savituotteiden valmistuksessa noudatetaan pitkälti samoja toimintatapoja, kuin poltettujen savitiilien valmistuksessa. Erona nykyisin käytössä olevaan savitiileen ei alla käsitellyillä tavoilla valmistettuja savituotteita polteta, vaan ne kuivataan.

Erilaisilla muoteilla ja savimassoilla, voidaan saada aikaan esimerkiksi savilaattoja, -tiiliä, -harkkoja tai -levyjä. Muottien ja massan ominaisuuksien lisäksi valmiin tuotteen ominaisuuksiin ja käyttömahdollisuuksiin vaikuttaa jo aiemmin mainittu valmistustekniikka. Mitä enemmän massaa puristetaan ennen kuivumista, sitä kutistumattomampi ja lujempi valmistuote saadaan. Käsillä lyötävän massan koostumus on sopiva, kun se muistuttaa mutaa (Little & Morton, 2001, S. 16) Alla kuvattuna esimerkit sekä mallistetusta ja stabiloidusta savitiilestä, että vapaamman muotoisesta käsillä lyödyistä tiilestä.



Kuva 19. Vasemmalla puristettu savitiili ja oikealla käsillä lyöty tiili (Dwell Earth, n.d.; Earth Architecture, n.d.)

Useissa maissa myydään jo valmiita savituotteita. Suomestakin on mahdollista tilata valmiita, kuivattuja savituotteita. Monissa maissa on mahdollista tuottaa itse tarvitsemansa tiilet puristinten tai prässien avulla, esimerkiksi vuokraamalla puristin. Alla on käsitelty erilaisten savitiilien valmistusta ja niiden käyttöön liittyviä seikkoja, koska niistä löytyy hyvin ohjeistusta. Samoja tapoja voidaan hyödyntää muidenkin savituotteiden valmistamiseen.

Savitiilien muuraamiseen pätevät samat lainalaisuudet, kuin mihin tahansa muuraustyöhön. Kuivattuja savituotteita voidaan kuivalatoa, tai muurata erilaisilla laasteilla, kuten savi- tai kalkkilaasti. Muuratessa tulee perustusten ja tiiliseinän väliin asentaa kapillaarikosteuden nousua estävä kerros. Perustusten päältä lähtevän ensimmäisen tiilikerroksen voi asentaa halutessaan savilaastin sijaan myös sementtilaastilla lähtötason suoruuden varmistamiseksi. Rakennuksella tulisi olla minimissään 250 mm perustus. Suomen rakennusmääräyskokoelman mukaan arvo täyttyy aina, koska sokkelin korkeus tulee olla vähintään 300 mm. Seinälinjan ylittävää räystästä tulisi olla vähintään 500 mm, jotta voidaan varmistua riittävästä suojauksesta. (Maini, 2010, s. 27, 67; Dwell Earth, n.d.)

Savitiilimassaan valitaan tarkoitukseen kuhunkin tarkoitukseen sopiva koostumus. Massiivitiilien tapauksessa ominaisuuksia säädetään lähinnä lisäämällä hiekkaa ja tarvittaessa vettä. Kevytsavituotteissa eri ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa lisäämällä samoja kuituaineksia, kuin kevytsavessa yleisesti käytetään. Joissakin kohteissa on tiilimassaan lisätty turvetta parantamaan tiilien lämmöneristävyttä. Tiheämmät muurauskappaleet (massiivisavea, tai vähän kuituainesta sisältävät tuotteet) voidaan hyödyntää kuormia kantavina ja lämpöä varaavina rakenteina. Tiheämpi tiili kutistuu ja painuu asennuksen jälkeen huomattavasti vähemmän, kuin vastaava märkätekniikalla toteutettu rakenne. Massiivisavirakentamisessa valmistiilien ja harkkojen käyttö on kutistuman hallinnan näkökulmasta järkevää. Kevytsavitiilissä lämmöneristävyys on parempi ja ne asennetaan usein puurungon väleihin. (Little & Morton, 2001, s. 16; Ranki, 2007, s. 13).

Käsin lyömällä haluttu massa lyödään muottiin ja tasataan joko käsin, muurarin kauhalla, tai esimerkiksi suoralla laudan sivulla. Tämän jälkeen voidaan tiili siirtää kuivumaan. Tämä on käytetyistä tiilien valmistustekniikoista kaikkein hitain ja vanhin.

Mekaanisella puristimella metodiikka on lähes sama. Puristimen muottiin asennetaan savimassa. Massaa ei kuitenkaan lyödä muottiin, vaan ”lyönti” hoidetaan mekaanisesti puristamalla. Suurin osa mekaanisista puristimista puristaa tiilimassaa kahdelta sivulta. Tällä työtavalla voidaan saavuttaa parempi työteho, kuin käsin lyömällä. Päivässä tuotettujen tiilien määrä ei kuitenkaan ole erityisen suuri. Yksi ihminen saa tuotettua noin 150 – 200 kappaletta päivässä. Kuivumisajoissa voidaan kuitenkin voittaa aikaa, koska käytettävän massan ei tarvitse olla yhtä kosteaa kuin käsin lyötävissä tiilissä. (Little & Morton, 2001, s.17)

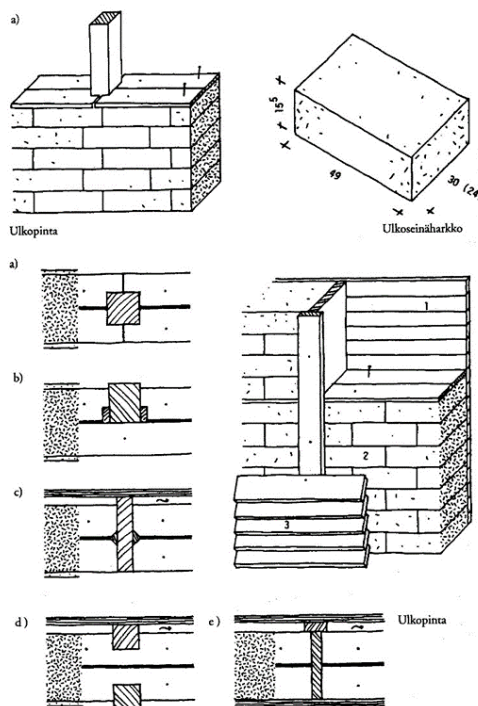
Nopeimmin toteutettu ja tihein lopputulos saadaan käyttämällä hydraulista puristinta. Käytettävän savimassan ei tarvitse olla erityisen kosteaa ja koneeseen voidaan kaataa kerralla suurempi määrä tiilimassaa, josta kone annostelee oikean määrän jokaista tiiltä kohti. Tätä tiiltenvalmistustapaa käyttämällä saadaan aikaan tiiliä, joilla on yllä esiteltyistä vaihtoehdoista pienin kuivumiskutistuma. Ulkomailla huomattava osa tällä työtavalla tehtävistä tiilistä on stabiloituja tiiliä.

Stabiloitaessa tiilimassaan lisätään tavalliseen savitiileen käytettävän materiaalin lisäksi stabilointiainetta. Sementti ja kalkki ovat käytetyimmät stabilointiaineet savitiilten valmistuksessa. Stabilointiaineilla tavoitellaan parempaa säänkestoa ja puristuslujuutta (Mäini, 2010, s. 25).

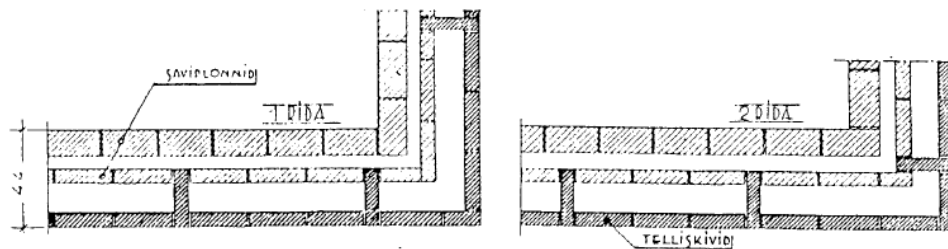
Sementtiä käytettäessä riittävä stabilointiaineen määrä on 3 – 10 %. Sementtiä voisi lisätä massaan enemmänkin, mutta yli kymmenen prosentin lisääminen alkaa vaikuttaa tiilten kustannuksiin. Tekeytymisen ajaksi tulee tiilet asetella tiiviisti pinoihin ja peittää esimerkiksi juuttikankaalla, jonka pitää olla koko ajan kostea. Sementin lujittuminen vaatii kosteutta. (Dwell Earth, n.d.; Mäini, s. 27, 58-59).

Kalkkia käytettäessä stabilointiaineen sopiva määrä on 2 – 10 %. Kalkilla stabiloitaessa tulee massan antaa tekeytyä sekoituksen jälkeen 15 – 60 minuuttia käytetystä savilaadusta riippuen. Tekeytymisen aikana kalkin ja saven välillä alkaa pozzolaani-reaktio. Kalkin lisääminen ei vaikuta merkittävästi valmiin tiilen puristuslujuuteen, koska kalkin massapaino on alhainen. Kalkilla voidaan kuitenkin lisätä tiilten säänkestoa. Puristetut tiilet kasaetaan tekeytymään tiiviisiin pinoihin. Tiilipinot peitetään muovilla ja teipataan mahdollisimman ilmatiiviiksi. Kalkilla stabiloitujen tiilien kuivuminen kestää noin 1 – 4 viikkoa. Tiili jatkaa kuitenkin kovettumista vielä useita kuukausia. (Mäini, 2010, s. 28-29, 58-59).

Savitiilillä ja harkoilla seinärakenteet voidaan toteuttaa yksi-, tai kaksirivisenä muurauksena, sekä kaksirivimuurauksena ilmaraolla. Alla esimerkkikuvat Saksalaisesta ja Virolaisesta savitiilisestä ulkoseinärakenteesta.



Kuva 20. Ulkoseinämuurauksen saksalaisia esimerkkejä (Volhard & Westermarch, 1994, s. 84)

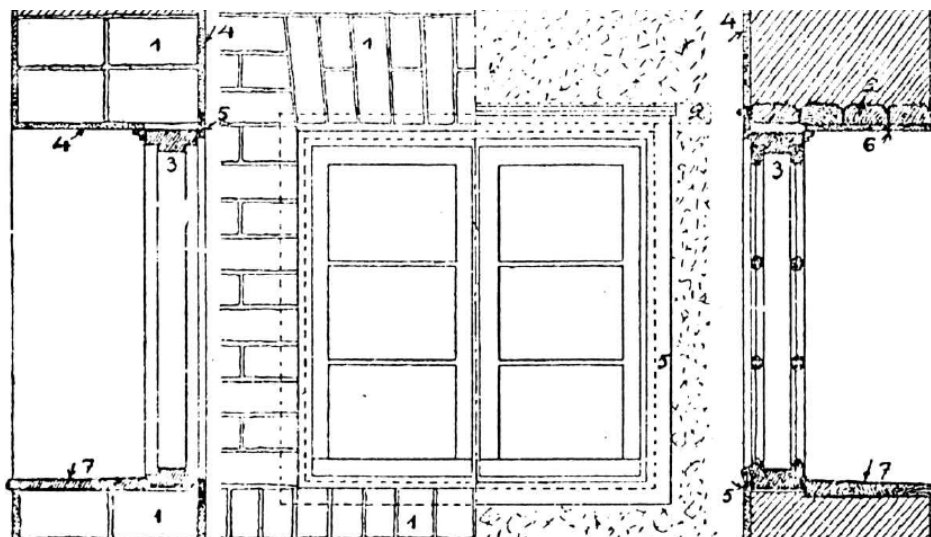


Joon. 6. Segaseina ladumine saviplonnidest ja telliskividest. Kaks väliskihti on serviti ja sisekiht lapiti kividest.

Kuva 21. Virolainen esimerkki tiiliulkoseinärakenteesta (Sepp, 1935, s. 11)

Asennettaessa putkituksia savitiilirakenteeseen, voidaan linjavedot kuljettaa esimerkiksi tiiliin roiloutuissa koloissa, jotka myöhemmin peitetään rappauksella. Putkitukset voidaan asentaa myös ennen muurausrakenteita tai asentaa linjavedot tuplarakenteiden tuuletus/eristystilaan. Valokatkaisijat ja pistokkeet on järkevää asentaa paikalleen ennen muurausta ja rakentaa tuleva rakenne näiden ympärille. (Midwest Earth Builders, n.d.)

Kuivatuista savitiilillä toteutetussa rakenteessa ikkuna-aukon yläpuolella käytetään muuraukseen kiilamallisia tiiliä pystysuuntaan asennettuna. Muut julkisivuaukot voidaan toteuttaa samalla tekniikalla. Toinen vaihtoehto on asentaa aukkojen kohdalle erilliset, esimerkiksi puiset ylityspalkit (Ranki, 2007, s. 39). Alla olevassa kuvassa oikealla esitetty ikkuna-aukon tekeminen tiilillä toteutettuun seinärakenteeseen. Vasemmalla puolella esitetty ikkuna-aukon toteuttaminen valurakenteeseen.



Kuva 22. Ikkuna-aukon ympärystä saviseinässä (Ranki, 2007, s. 10)

5.3.2 Savilaasti

Savilaastia käytetään kuivattujen savilaattojen, savitiilien/harkkojen, tai kivetettyjen olkipaalien muuraukseen. Laasti voidaan valmistaa esimerkiksi savesta ja hiekasta, tai savesta, hiekasta ja erilaisista kuiduista. Käytettyjä kuituja voivat olla esimerkiksi pellava, olki, paperisilppu ja sahanpuru. Savilaastilla, -tiilimassalla tai -rappauksella ei välttämättä ole reseptiikassa suurta eroa. Laastireseptiä tuntuu olevan lähes yhtä monta, kuin savilaastilla muuraaviakin.

Savilaastia on Suomessa käytetty seinärakenteiden muuraamisen lisäksi myös tulisija- ja hormimuurauksessa. Vesikaton yläpuolisiin rakenteisiin on järkevää lisätä laastiin jotakin säänkestoa parantamaan. Tähän voidaan käyttää samoja aineita, kuin tiilien stabilointiin, eli esimerkiksi kalkkia ja sementtiä.

Jos muurataan stabiloituja savitiiliä, tulee myös laastin sisältää samaa stabilointiainetta. Ainetta tulee lisätä laastiin 1,5-kertainen määrä tiilimassaan verrattuna. Laastisaumojen ei ole järkevää olla yli 10 mm korkuisia, koska myös savilaasti kutistuu hieman. Hiekan lisäämisellä voidaan hillitä kutistumista ja laastin mahdollista halkeilua. (Maini, 2010, s. 70)

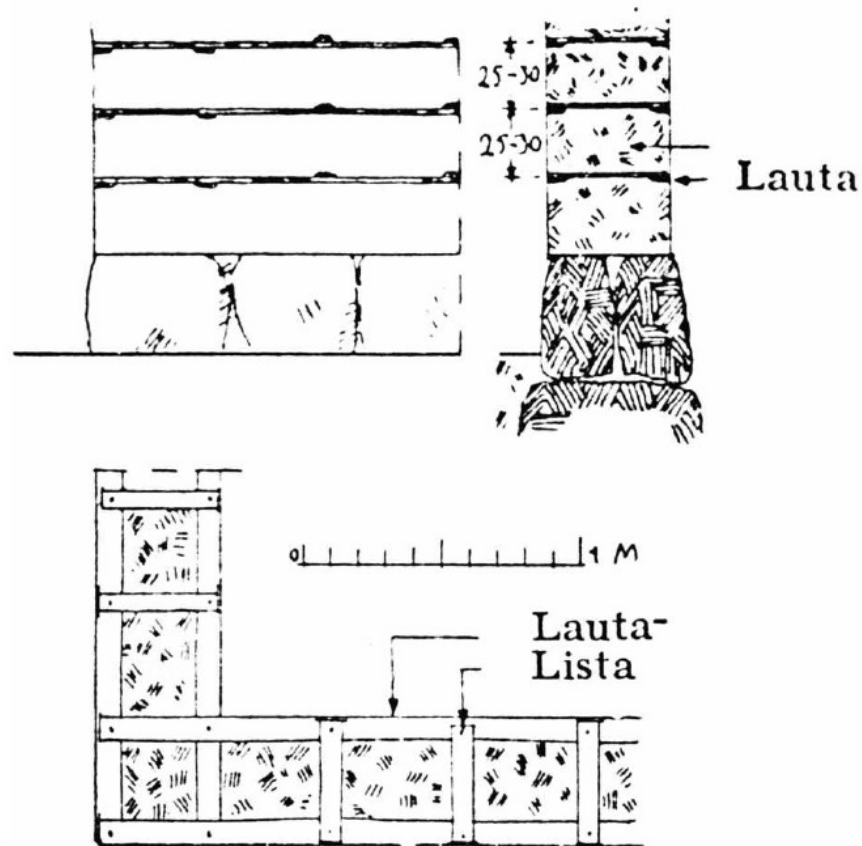
5.3.3 Sullottu rakenne

Sullottu savirakenne tarkoittaa savimassan asentamista paikalleen sellaiseen tai muottiin. Sullotun rakenteesta tekee esiasennuksen jälkeen suoritettava juntaaminen erillisellä juntaustyökalulla. Valumuottitekniikalla toteutettavassa seinärakenteessa muottia siirretään massan riittävän kuivumisen jälkeen. Näin etenemällä saadaan toteutettua rakennuksen seinärakenteet. Sullottu seinärakenne voidaan toteuttaa myös ilman muottia. Tällä tekniikalla seinä saadaan haluttuun muotoon tamppaamalla sitä eri puolilta. Tällä tavalla toteutettu seinä on usein pinnaltaan elävämpi, koska muotti ei pakota massaa tiettyyn suuntaan. Tällä tekniikalla on helppo toteuttaa esimerkiksi kaarevia rakenteita.

Molemmissa tekniikoissa kerralla lisättävien rakennekerrosten tulee olla matalia, jotta rakenne ehti kuivua ja kehittää lujuutta ennen painon lisäämistä. Saven puristuslujuus paranee sitä mukaa kun rakennekosteus laskee. Suositeltava kerralla toteutettava kerrospaksuus on noin 50 – 100 mm. Kevytsavirakenteissa voidaan kerrospaksuutta tapauskohtaisesti korottaa esimerkiksi niin, että kertatäytön korkeus on 250 mm. (Ranki, 2007, s. 9; Volhard & Westermarck, 1994, s. 58).

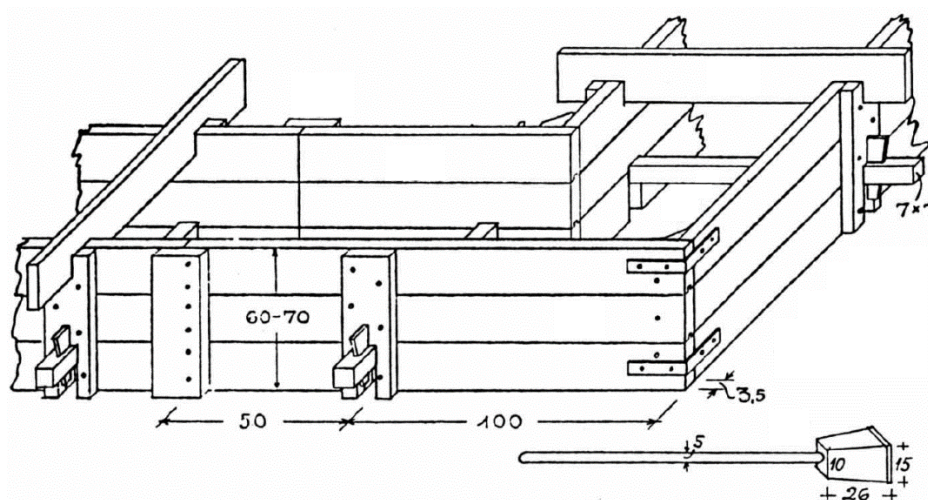
Sullottuja rakenteita voidaan toteuttaa sekä kevyt-, että massiivisavella. Savimassan lujitteena voidaan käyttää esimerkiksi kuusenoksia, lautoja, pitkiä olkia, rimoja tai ohuita vaakatasoon asennettavia lautakasetteja. Alla esimerkkikuva lautasadonnan käytöstä massiivirakenteessa. Sidontalautoja

voidaan asentaa rakenteeseen noin 300 mm välein. Ristikkäisellä laudoituksella voidaan saavuttaa vahvempi seinärakenne. (Ranki, 2007, s. 9)



Kuva 23. Lautasidotun massiivisaviseinän leikkauskuvia (Ranki, 2007, s. 9)

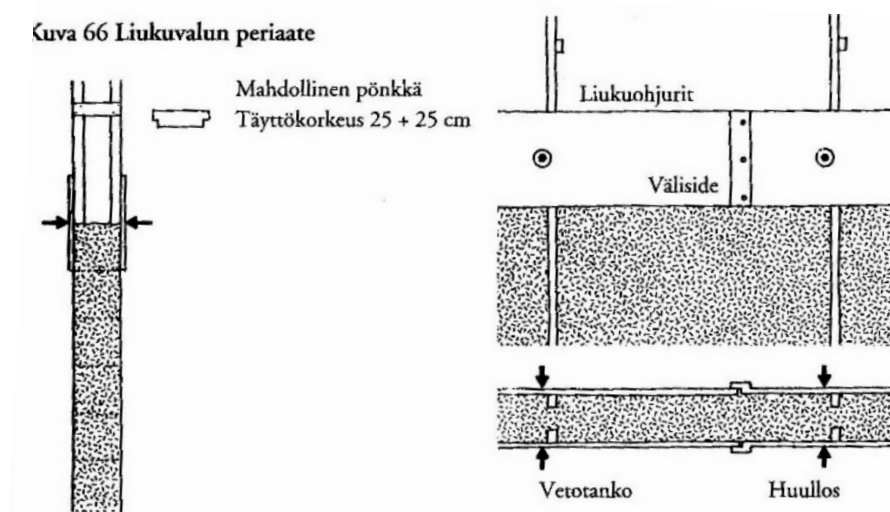
Liukuvalu/valutekniikka on toinen tyypillinen sullotun rakenteen toteutustekniikka. Toteutettaessa sullottua rakennetta muotilla, työvaihe alkaa muotin asentamisella kapillaarikatkolla varustetun perustuksen päälle. Perustukset voidaan toteuttaa esimerkiksi luonnonkivistä, tai harkoista. Muottiin siirretään halutun koostumuksen omaavaa savimassaa, joka tampataan erikseen työtä varten valmistetulla sullontatyökalulla. Jotta sullontaan voidaan käyttää tarvittava määrä voimaa, täytyy muottirakenne sitoa. Sidontana käytetään yleensä vetotankoja ja muotin yläpään kiinnitettäviä sidontalautoja. (Ranki, 2007, s. 9) Alla esimerkkikuva muottirakenteesta ja periaatekuva liukuvalusta.



Kuva 24. Saviseinämuotti ja sullontatyökalu (Ranki, 2007, s. 9)

Edellisen savikerroksen osittaisen kuivumisen ja lujuuden kehittymisen alettua voidaan muottia siirtää ylemmän ja asentaa uusi savikerros. Suurempaa rakennusten varten muotteja kannattaa varata useampi, kuin yksi. Pienemmässäkin hankkeessa muotteja voidaan käyttää useita, jos halutaan nopeuttaa työn etenemistä. Lisäksi työtä voidaan nopeuttaa esimerkiksi sähkösullojalla (Volhard & Westermarck, 1994, s. 23). Alla periaatekuva liukuvalusta.

Kuva 66 Liukuvalun periaate



Kuva 25. Liukuvalun periaatekuva (Volhard & Westermarck, 1994, s. 58)

Muottiteknikalla toteutettavassa rakenteessa massa voi Skotlantilaisen tutkimuksen mukaan olla kosteuspitoisuudeltaan (10 – 16 %). Käytettävän massan saveen osuus ei ole yhtä suuri, kuin käsin sullotussa rakenteessa. Rakenteen lujuus on yleensä merkittävästi käsin juntattua rakennetta parempi (800-2000 kN/m³). Kutistuman määrä puolittuu käsin sullottuun rakenteeseen verrattuna, se jää usein alle 3:een %. Tämä johtuu massan tiivistämisestä ennen rakenteen kuivumista. (Little & Morton, 2001, s. 53)

Työmäärän vähentämiseksi voidaan valutekniikalla toteutetun seinärakenteen pinta jättää esimerkiksi sisäpuolelta rappaamatta. Näkyviin jää usein mielenkiintoinen ja eläväinen pinta. Alla havainnollistavia kuvia luikuvatekniikalla toteutetusta seinärakenteesta. Halutut värisävyt saadaan yleensä aikaan pelkästään käyttämällä eri savilajikkeita.



Kuva 26. Valurakenteen eri kerroksia, (Clayworks Ltd., s. 31)

Toinen yleinen tapa toteuttaa sullottuja rakenteita on niin kutsuttu käsin, tai vapaasti sullottu rakenne. Tällä tekniikalla seinän rakentaminen alkaa edellisen tapaan sokkelin kapillaarikatkon päältä. Sullotussa rakenteessa savimassa asennetaan paikalleen käsin ja tiivistetään, sekä muotoillaan sullontatyökaluilla ja erilaisilla lastoilla ja muuraus/rappaustyökaluilla. Ilman muottia toteutettu sullottu rakenne toteutetaan usein kevytsavella. Alla havainnekuva vapaasti sullotun seinärakenteen eri vaiheista. Alempana seinäpinta on tasoitettu ja seinä yläosassa savimassaa ollaan vasta lisäämässä.



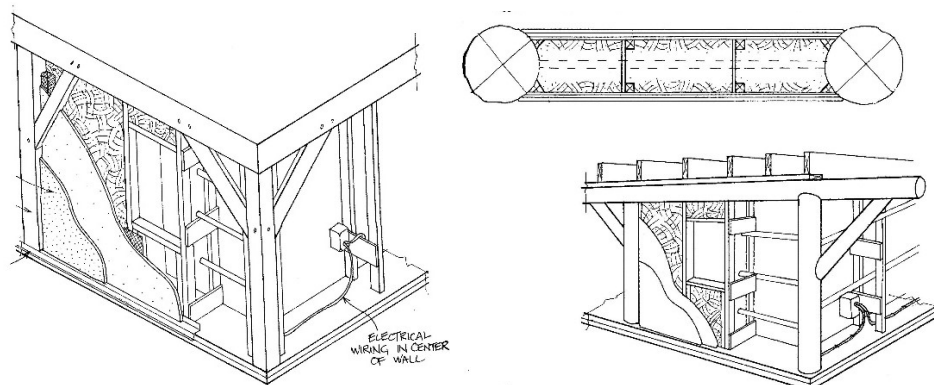
Kuva 27. Sullotun seinän rakentaminen (Pinterest n.d.)

Jo yllä mainitun Skotlantilaisen tutkimuksen mukaan käsin sullottavassa rakenteessa käytettävä massa voi olla ominaisuuksiltaan esimerkiksi seuraavan lainen; saven osuus on noin 10 - 25 % ja massan kosteus luokkaa 18 - 25 %. Näillä arvoilla massan lujuus asettunee välille 400-1000 kN/m³ ja tasokutistuma jää alle 6 prosenttiin. (Little & Morton, 2001, s. 53) Ilman muottia toteutettavan rakenteen massa sisältää siis enemmän savea ja on kostempaa, kuin muotilla toteutetussa rakenteessa.

Sullotuissa seinärakenteissa aukot muodostetaan rakennetta tehtäessä. Puuosat, ovet ja ikkunat asennetaan suoraan seinärakenteeseen. Asennuskosteaa massa pystyy kantamaan ikkunoiden, ynnä muiden asennusten painon. Tulee kuitenkin huomioida, että materiaalin kuivussa aukkojen ympäristöön muodostuu kutistumaa. Aukkojen yläpuolisen seinäosuuden tuentaa voidaan parantaa lisäämällä aukon päälle erillinen puupalkki. Esimerkki sullottuun seinärakenteeseen toteutetusta ikkuna-aukosta löytyy kuvasta numero 22, vasemmalta. (Little & Morton, 2001, s.15; Ranki, 2007, s. 39)

5.3.4 Puu-savirunko

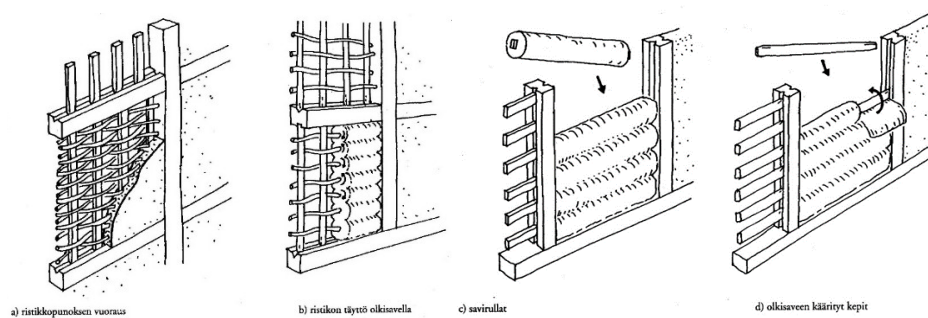
Tällä tekniikalla toteutettu seinärakenne koostuu kantavasta puurungosta, jonka välit täytetään savimassalla. Massa toimii rakenteessa tuulensuojalevynä, lämmön-, ja ääneneristeenä sekä rungon täyteaineena. Tekniikassa voidaan käyttää massiivisavea, tai kevytsavea. Alla esimerkkejä puuristikkorakenteesta. Vasemmalla ehkä enemmän käytetty neliskanttisesta puutarasta tehty ristikkorakenne ja oikealla pyöröhirsillä toteutettavissa oleva rakenne.



Kuva 28. Vasemmalla mallistetusta ja oikealla pyöreästä puusta toteutettu ristikkorakenne. (Doleman, 2017, s. 34, 43)

Savi-puurunkoa on kahta päätyyppiä, pystyrunkoa ja ristikkorunkorakennetta. Euroopassa ristikkorunko on tyypillisempi ja suomalaisessa rakentamisessa pystyrunkoinen rakenne käytetympi. Massan kiinnittäminen puurungon välisiin osiin voidaan tehdä usealla eri tavalla. Suorissa runkorakenteissa välit voidaan täyttää muotti- tai harkkotecniikalla. Molempiin runkomalleihin voidaan käyttää rakenteen sisäistä rimoitusta, kaislamattoa,

erilaisia puupunoksia tai laudoitusta. Edellä mainittuihin savimassa saadaan kiinnittymään hyvin. Rakenteen vuoraus voidaan toteuttaa myös savirullilla (Volhard & Westermarck, 1994, s. 13).

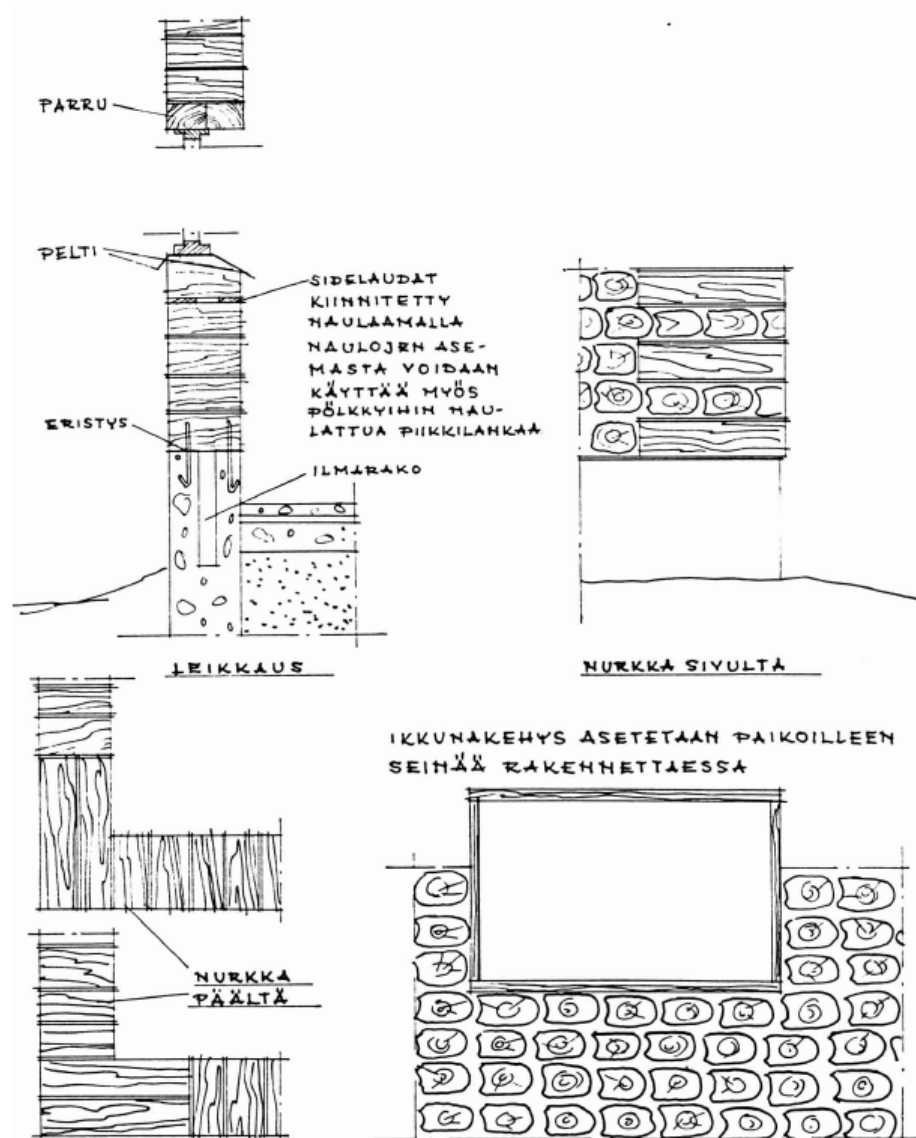


Kuva 29. Puurungon perinteisiä savivuorausvaihtoehtoja (Volhard & Westermarck, 1994, s. 13)

Tätä rakennetyyppiä käytettäessä ikkunoiden ja ovien karmit kiinnitetään yleensä suoraan puurunkoon. Aukkojen yläpuolelle on voitu lisätä palkkirakenne, jonka tarkoitus on ottaa yläpuolisen seinäosuuden kuormat vastaan (Ranki, 2007, s. 39). Rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta on viisaampaa asentaa ikkunat ja ovet lähemmäs seinien ulkopintaa.

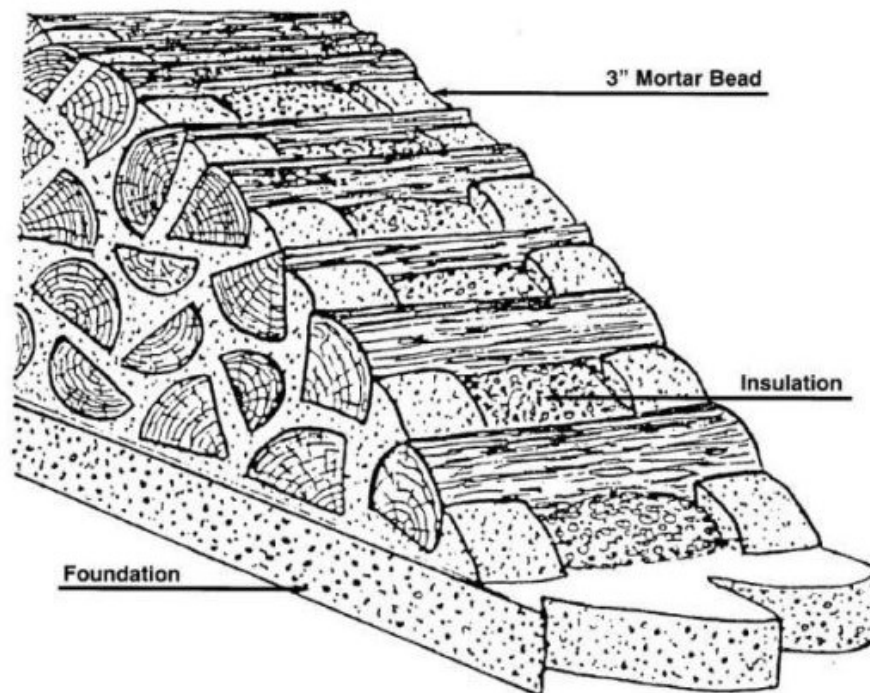
5.3.5 Pölkkysavimuuraus

Pölkkysavimuurauksesta käytetään useita eri termejä; savipölkkymuuraus, savihalkomuuraus, pölkkyvirakentaminen. Kaikki termit tarkoittavat kuitenkin samaa asiaa. Rakennetta, jossa muurauskappaleina käytetään puupölkkyjä ja muurauslaastina savilaastia. Rakenne voidaan toteuttaa itsenäisenä kantavana rakenteena, tai täyttää muurauksella puurungon välit. Alla esimerkkikuvia pölkkymuuratusta rakenteesta.



Kuva 30. Pölkkyvirakentaminen, leikkauskuvia (Ranki, 2007, s.12)

Rakenteen vahvistamiseksi voidaan muutaman muurauskerroksen välein asentaa muurauksen sekaan pitkittäissuuntaan asennettuja lautoja, tai esimerkiksi piikkilankaa. Nämä lujitteet tulee naulata kiinni muurauspölkkyihin. Nurkissa rakennetta vahvistetaan käyttämällä pidempiä puupölkkyjä, jotka asennetaan ristiin vuorokerroksin. Rakenteen keskiosissa voidaan käyttää esimerkiksi turvetta, tai sammalta, jolla voidaan rapantaa rakenteen lämmöneristävyttä. Lisätyllä materiaalilla voidaan myös osittain hillitä puun ja saven kutistumisesta aiheutuvien suorien ilmanvuotoreittien vaikutusta rakennuksen sisätiloissa. Ilman väliin asennettuja edellä mainitua "lisäeristystä" rakenteen lämmönläpäisykerroin vastanee hirsiseinää. (Savi ry, pölkkyravi, n.d.; Luomura, Cordwood, n.d.; Ranki, 2007, s. 12) Alla periaatekuva eristetystä pölkkyrakenteesta.



Kuva 31. Periaatekuva eristetystä pölkkyseinäkenteestä (Flatau, 2014/ Henstridge)

Mahdollisten kutistumien takia syntyvien ilmavuotoreittien minimoimiseksi kannattaa muurauksessa käyttää vanhaa ja kuivaa puumateriaalia. Tällöin voidaan varmistaa, ettei rakenteen puuosuus enää painu merkittävästi. Saviyhdistyksen internetsivuilta löytyvän ohjeen mukaan pölkkyseinäkenteessä käytettävä laasti on yleensä 1/3 osaa lihavaa savea ja 2/3 sahanpurua. (Savi Ry, pölkkyseini, n.d.)

Tekniikan vahvuutena voidaan pitää mahdollisuutta käyttää rakenteeseen eri paksuisia muurauskappaleita. Suomeen on noussut pula-aikana myös muutama rakennus, jotka on valmistettu sahausjätteestä tai pilkkeestä. Pölkkyseinäkentettä tehtäessä tyypillinen ulkoseinäpaksuus on 300-500 millimetriä. (Savi ry, pölkkyseini, n.d.; Luomura, Cordwood, n.d.)

Käytetyn puutavaran pituus määrittää omalta osaltaan seinäkenteen paksuutta. Pidemmän pölkkytavaran puutteessa voidaan seinä rakenne muodostaa kahdesta erillisestä puupölkystä, joiden väli täytetään savilaastilla, tai aiemmin mainituilla eristävämmillä materiaaleilla. Alla esimerkki eri kokoisella puutavaralla toteutetusta seinäkenteestä.



Kuva 32. Pölkkysavimuurattu seinä (Rob Roy, n.d., s. 5)

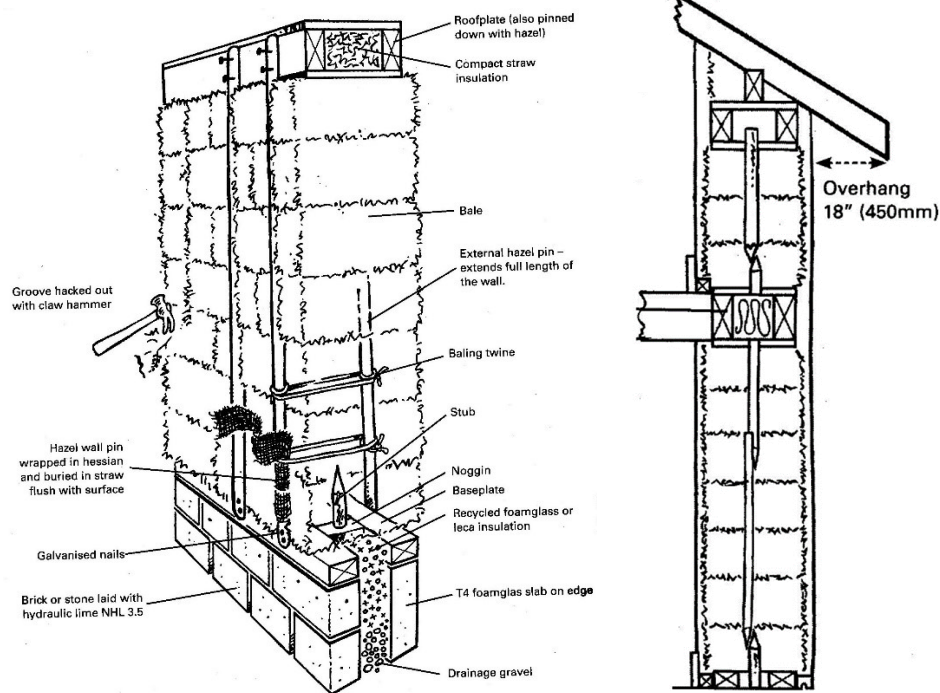
Suuri osa suomeen rakennetuista pölkkyseiniä on rappattu tai laudoitettu. Niitä ei ole helppo erottaa nykypäivän tavallisesta rappauksesta vain pintapuolisella tarkastelulla. Rappauksen käyttö tässä rakennetyypissä on säänkeston kannalta järkevää. Ilman rappausta julkisivuun jää näkyviin puun leikattu solukko, joka absorboi tehokkaasti kosteutta. Useat pölkkyseiniä toteutetut rakennukset on jätetty ilman erillistä uhkerrosta. Rakenne näyttää kestävästi hyvin sään armoilla myös ilman erillistä ulkopinnoitusta. (Savi ry, pölkkyseini, n.d.)

Ikkuna- ja oviaasennukset rakenteeseen kannattaa tehdä jo seinien rakennusvaiheessa. Aukkojen yläpuolelle on hyvä asentaa puinen ylityspalkki. Putkitusten kohdalla kannattaa suosia pinta-asennuksia, tai asentaa suoja-putkitetut linjavedot sisäpuolen rappauksen sekaan. Valokatkaisijoiden upotukset voidaan roilottaa puuhun tai esiasentaa rasiat ja rakentaa seinärakenne niiden ympärille.

5.3.6 Paalirakentaminen

Paalirakentaminen on savirakentamisen näkökulmasta melko uusi tekniikka. Paalintekniikan kehityksen myötä aloitettiin Yhdysvalloissa 1800-luvulla olkipaalien käyttäminen rakennusten eristeenä. Arvioiden mukaan olkipaalirakennuksessa voidaan säästää jopa 75 % käyttökustannuksista. Paalirakenteita on helppo toteuttaa myös niin kutsuttuina hybridirakenteina. Esimerkiksi paalirakennuksen sisäseinät voidaan verhoja valmiilla savitiilillä. (Midwest Earth Builders, n.d.; ECCE, Straw Bale Building, n.d., s. 8).

Kuten muissakin savirakentamisen tekniikoissa, tulee paalirakentamisessa huomioida sokkelin riittävä korkeus ja räystään riittävä pituus, sekä perustusten ja seinärakenteen väliin asennettava kapillaarikatko. Yksinkertaisimmillaan olkipaalirakennuksessa on puinen kantava runko, jonka välit täytetään paaleilla ja pinnat rapataan savella. Paalit voidaan sijoittaa kantavan rungon sisäpuolelle, tai runkorakenne voidaan jättää paalien keskelle. Rakenne voidaan pienemmissä kohteissa toteuttaa myös mallilla, jossa puristetut paalit ovat ainoa kantava rakenne. Lumikuormien takia Suomessa kuitenkin varmempaa ja suositeltua käyttää kantavaa puurunkorakennetta. (Savi ry, olkipaalirakentaminen, n.d.; ECCE, Straw Bale Building, n.d., s. 10, 15) Alla kuvia olkipaaliseinän toteuttamisesta ja kiinnitysesimerkeistä.



Kuva 33. Olkipaalirakenteen leikkauskuva ja kiinnike-esimerkkejä (Jones, 2009, s. 27, 30)

Paaleina voidaan käyttää esimerkiksi olki-, tai pellavapaaleja. Heinäpaalit eivät sovellu paalirakentamiseen. Seinärakenteen vakauttamiseksi paalit tulee sovittaa puurungon väleihin tiiviisti. Lisäksi paalit vaarnataan toisiinsa kiinni. Vaarnan tulisi läpäistä noin 2-3 päällekkäistä paalia. Materiaaliltaan vaarnat voivat olla esimerkiksi puuta. Paalien asennuksen jälkeen rakenne rapataan molemmin puolen savella, tai toteutetaan hybridirakenteena. (Savi ry, olkipaalirakentaminen, n.d.)

Rakentamisessa käytettävien paalien tulee olla kuivia ja niiden kosteuden tulee olla alle 20 %. Lisäksi paalien tulee olla tiiviitä ja säännöllisen muotoisia. Paalaimen pitää olla säädetty maksimipaineelle, jotta saadaan mahdollisimman tiivis paali. Ihanteellinen tiheys paalille on 100 – 155 kg / m³. Paalit tulee tiivistää etukäteen, jotta voidaan välttyä rakenteen suuremmalta painumiselta. Parhaassa tapauksessa yksittäinen paali painuu noin 10 mm. Vähemmän tiivistetyn paalin painuma saattaa olla esimerkiksi 25 mm. Lisäksi paalien sidontanarujen tulee olla niin tiiviit, ettei niiden ja paalin väliin saa hyvin sormia. Käytettävällä olkityypillä ei ole rakenteessa väliä. Käytettäviä olkia voivat olla esimerkiksi vehnän-, kauran-, riisin-, tai ruikiinolki. Rakenteen seinäpaksuus riippuu saatavilla olevien paalien koosta. (ECCE, Straw Bale Building, n.d., s. 11-12; Straw Works, Bale Standards, n.d.)

Rakenne on mahdollista toteuttaa ilman savirappausta, mutta paloturvallisuuden näykykulmasta rakenne on järkevää rapata savella molemmin puolin. Rappaus voidaan asentaa oljen pintaan sellaisenaan. Paalien pintaan

voidaan myös kiinnittää esimerkiksi juuttikangas, jonka päälle rappaus toteutetaan. Rappaukseen voidaan käyttää esimerkiksi savi- ja kalkkilaasteja. Rappauksen lisäksi on ulkoseinien ulkopinnoissa saatettu käyttää erilaisia laudoituksia ja levytyksiä suojaamaan rappautsa sään vaikutuksilta.

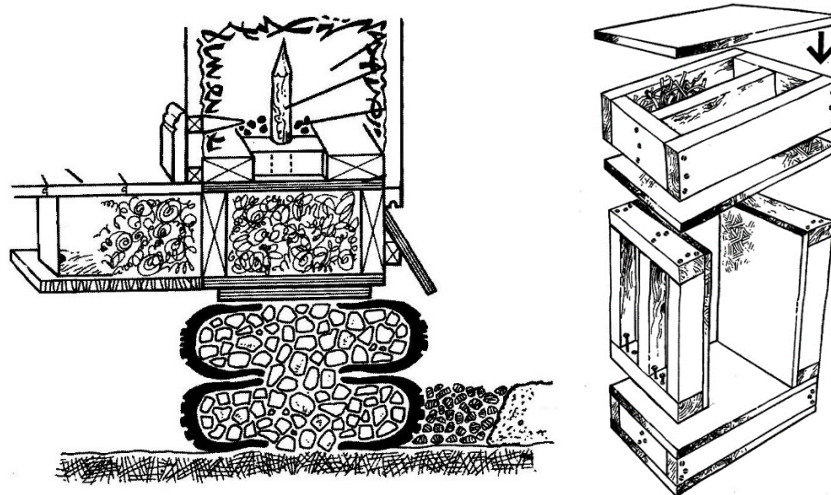
Paalirakentamisen yksi variaatio on paalimuuraus. Tekniikkaa käytettäessä paalit päällystetään savella jo ennen niiden asentamista paikalleen. Paalit kieritellään savimassassa ja kuivatetaan ennen asennusta. Kuivuessaan savi muodostaa paaleihin kovan kuoren. Kuivat saviolkipaalit ovat käytännössä suuria muurauskappaleita. Tällöin paalit voidaankin asentaa paikalleen muuraamalla. Alla havainnollistava kuva paalista ennen savikuorta ja kuoren kuivuttua.



Kuva 34. Oikealla paali ennen saveamista ja vasemmalla savettuna ja kuivattuna (Jafferji & Raczka & Wang, 2011, s. 37)

Paalirakennuksessa kattorakenne kannattaa yleensä toteuttaa puisilla kattotuoleilla. Rakenteen eristeenä voidaan käyttää olkipaaleja. Paloturvallisuuden takia tulee yläpohjaan asennettavat paalit rapata toiselta puolelta, ja toiselta rapata, tai levyttää, esimerkiksi kipsilevyllä. Sateen vaikutusten vähentämiseksi rakenteessa, tulisi räystään seinälinjojen ylityksen olla vähintään 450mm. (ECCE, Straw Bale Building, n.d., s. 22-23)

Tässäkin rakenneratkaisussa tulee huomioida rakennukseen sateen ja sen roiskeiden takia aiheutuvat kosteuslisät. Olkipaalirakennuksen sokkelin olisi hyvä olla vähintään 300 mm, mielellään 450 mm korkuinen. Paalirakennuksen perustukset voidaan toteuttaa usealla eri rakenneratkaisulla. Epätavanomaisin näistä lienee autonrengasperustus. Tässä perustustavassa käytetyt autonrenkaat täytetään maa-aineksella, havainnekuva alla. Viereinen kuva aukkolaatikosta, yhdestä mahdollisuudesta luoda paalirakenteeseen ikkuna- ja oviaukkoja. (ECCE, Straw Bale Building, n.d., s. 16)



Kuva 35. Vasemmalla esimerkkikuva autonrengasperustuksesta ja oikealla aukkolaatikko ikkunoille ja oville (Jones, 2009, s. 62, 89)

Paalirakennuksessa ikkunat ja ovet voidaan kiinnittää suoraan puurunkoon. Toinen, työläämpi mahdollisuus on rakentaa yläpuolella näkyvässä kuvassa oleva aukkolaatikko. Laatikko rakennetaan tulevan ikkunan tai oven mittojen mukaan, niin, että ikkuna/ovi mahtuu laatikon vapaaseen aukkoon. Laatikko voidaan kiinnittää olemassa olevaan puurunkoon, tai asentaa olkipaalien varaan.

Raskaampia kalusteasennuksia varten kannattaa rakenteen puurunkoon kiinnittää esimerkiksi laudat, joihin voidaan myöhemmin kiinnittää muun muassa keittiön yläkaapit ja lavuaarit. Kaapeli-asennuksia voi kuljettaa rakenteisiin tehdyissä roiloissa, jotka voidaan peittää rappaamalla. Kaikkien uppoasennettavien tekniikkaosien lovet tulee rapata ennen laiteasennuksia paloturvallisuussyistä. Vesijohtojen kuljettaminen olkirakenteissa ei ole ihanteellista. Jos sitä ei kuitenkaan voi välttää, tulee putket asentaa eristettyyn suojaputkeen, eikä seinien sisäisille osuuksille saa asentaa jatkoksia. (ECCE, Straw Bale Building, n.d., s. 35).

5.3.7 Olkielementtirakenne

Tässä käsiteltävää viime vuosina Suomenkin markkinoille tullutta olkipaalielementtiä voidaan pitää paalirakentamien nykyaikaisena versiona. Paalirakentamisen ja elementtirakentamisen peruseriaatteet ovat samat. Molemmissa kantavana rakenteena toimii puurunko ja rakenteen eristämiseen käytetään puristettua olkea.

Valmistaja tarjoaa elementille seuraavanlaisia ominaisuuksia

- Lämmöneristävyys $U = 0,111 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Palo-osastoiva rakenne 120 min (tulenkestävyys)
- Pakatun oljen paino 110 kg/m^3
- Standardielementti (400 x 800 x 2800 mm) painaa noin 160kg
- Ilmaänen eristävyys

(Ecocon, elementti, n.d.) Alla periaatekuva olkielementistä.



Kuva 36. Olkielementti, periaatekuva (Ecocon, n.d.)

Paalirakentamiseen verrattuna olkielementissä on monia nykypäivän rakentamisessa hyödyllisiä ominaisuuksia. Elementit valmistetaan tehtaalla kuivissa ja hallituissa oloissa. Tarvittaessa elementtirakennus voidaan esiasentaa jo tehtaalla. Asennus työmaalla on nopeaa. Valmistajan mukaan neljän miehen työryhmällä on mahdollista rakentaa 100 m² rakennus yhden työpäivän aikana. Elementin pinnan ollessa suora on seinien pintakäsittely huomattavasti nopeampaa ja vähemmän materiaalia kuluttavaa paalirakentamiseen verrattuna. Rakenne voidaan suoraan rapata tai levyttää. (The Natural Building Company, EcoCocon, n.d.).

6 SAVI RAKENNEOSANA

Nykyään saven käyttö osana rakennetta on yleistymässä. Savirappaus on maailmalla tällä hetkellä yksi suosituimmista savituotteista. Suomesta on jossain määrin saatavissa myös erilaisia savilaattoja. Savimaali on todennäköisesti yksittäisen kuluttajan näkökulmasta helpoimmin käytönotettavia tuotteita.

Lisäksi on mainittava savesta lämpökäsittelemällä valmistetun kevytsoran käytön yleisyys suomalaisessa rakennusteollisuudessa. Kevytsoraa käytetään sekä infra- että talonrakentamisessa esimerkiksi täyttö- ja eristysmateriaalina.

6.1 Savirappaus

Savirappaus koostuu yleensä savesta ja hiekasta. Rappauskerroksesta ja rappauksen halutuista ominaisuuksista riippuen voidaan massaan lisätä erilaisia kuituja tai kalkkia. Käytetystä rappaustavasta riippuu, millaisia

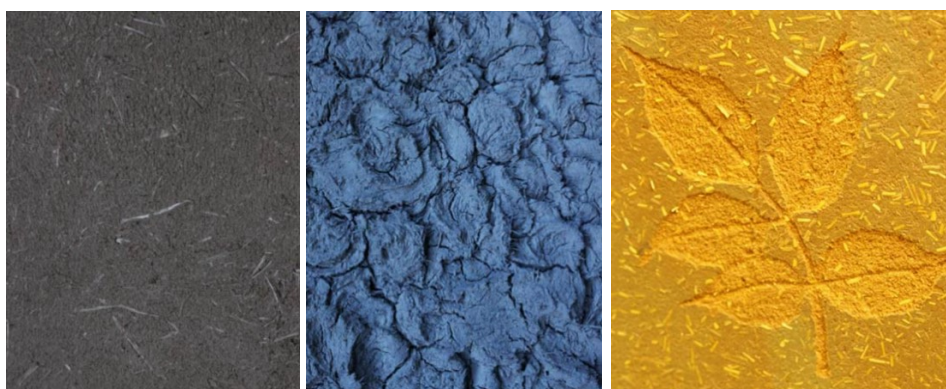
massoja ja kerroksia rappauksessa käytetään. Käytetyimmät rappaustekniikat ovat kaksi- ja kolmikerrosrappaus.

Tyypillisiä savirappauksessa käytettäviä kuituja ovat pellava, olkisirppu ja selluloosakuidut (esimerkiksi liotettu sanomalehti). Kuituna voidaan käyttää tietyissä tapauksissa myös tikkumaista sahausjätettä. Liian suuri kuitumäärä ulkorappauksessa voi huonontaa seinän säänkestävyyttä. Kalkkia rappauksiin on lisätty säänkeston ja lujuuden parantamiseksi. Sitä löytyykin yleensä eniten ulkoseinän uloimmista rappauksista. (Ranki, 2007, s. 27) Myös lisätyn hiekan reakoolla on vaikutusta rappauksen ominaisuuksiin. Yleensä karkeinta hiekkaa (esimerkiksi 0-4) käytetään pohjarappauksessa. Pintarappaukseen käytetään hienompaa hiekka-ainesta, yleensä 0-2). Hienorappauksessa voidaan käyttää hiekkakokoa 0-1. Savirappauksessa voidaan käyttää samoja työtapoja, kuin muussakin rappaamisessa. Savirappauksessakin on syytä käyttää rappausverkkoa. (Natural Building Company, rakennekortti HS 1.1., n.d.)

Ennen valurakenteisten saviseinien rappaamista on viisasta antaa rakenteen kuivua niin pitkälle syksyyn, kuin mahdollista. Savitiilirakentamisessa rappaamisen ajankohta ei ole yhtä kriittinen. Paalirakentamisen kohdalla arka, huokoinen pinta tulee suojata rappaamalla niin pian, kuin mahdollista.

Paul Lynchin haastattelussa tuli ilmi, että savirappaus voidaan toteuttaa mihin tahansa pintaan. Yrityksellä on kokemusta puukuitulevylle, hirrelle, paaleille, metallille, tiiliseiniin ja kuitukipsilevylle rappaamisesta. Natural Building Company toteuttaa savirappaukset kolmikerrosrappauksena, rappausverkolla tai ruokomatolla. Tyypilliset kerrospaksuudet rappauksessa ovat pohjarappaus 10 mm, savirappaus 8 mm ja pintarappaus 2-3 mm.

Savirappauksen väriin voidaan vaikuttaa käyttämällä eri laatuista savia tai luonnonpigmenttejä. Alla esimerkkikuvia erilaisista rappauksista.



Kuva 37. Savirappaus voi olla sileää, karheaa tai värikästä (E. Heikkilä ja Erika Sillander, savi ry. n.d.)

Nykyään savirappaustuotteita saa jo erikoisrautakaupoista. Kaikkiin suurrempiin rautakauppaketjuihin eivät ole niin sanotut puhtaasti savilaastit

vielä päätyneet. Savirappaus on yksi helpoimmin nykypäivän rakentamiseen siirrettävistä savirakennustekniikoista. Rapparit, jotka ovat työskennelleet tällä hetkellä rakennusteollisuudessa käytettävien rakennustuotteiden kanssa osaavat käyttää myös savirappaustuotteita alkuohjeistuksen jälkeen. Savirappauksen toteutusta voi halutessaan nopeuttaa ainakin pohjarappauksen kohdalla ruiskupumppauksella (Volhad & Westermarck, 1994, s. 47).

6.2 Savilaatat ja levyt

Savilaatat ja savilevyt ovat ennen rakentamista valmiiksi kuivatettuja tuotteita. Monet savesta valmistettavat rakennustuotteet ovat edelleen tilaustavaraa. Suurinta osaa erilaisista savilaatoista, -levyistä ja -harkoista saa kuitenkin tilattua ja teetettyä myös Suomessa.

Polttamaton savilaattaa on lattia- ja seinäpinnoitteena käytetty kaakelimainen tuote. Alla olevan esimerkkikuvan savilaatat on hankittu Riittiön tilalta. Kuvan laatat ovat olleet paikallaan jo ainakin 20 vuotta. Rakennus sijaistaa Janakkalassa.



Kuva 38. Polttamaton savilaatta lattiassa (Luomura Oy, Leon savimökki. n.d.)

6.3 Savilattia

Savi soveltuu sellaisenaan lattiapinnoitteeksi (Little & Morton, 2001, s.16). Savesta jää kuitenkin jossain määrin huokoinen pinta, joka voi olla altis värjäytymille. Erinomaisen hyvin savi sopii palamattomien ominaisuuksiensa vuoksi pellityksen tilalle lattiamateriaaliksi tulisijojen ympäristöön. Alla esimerkkikuva Mangårdissa sijaitsevasta omakotitalosta.



Kuva 39. Savilattia tulisijan ympärillä suojapellityksen tilalla. (Natural Building Company, hirsitalo Mangårdissa, n.d.)

6.4 Savimaalit

Viime vuosina on markkinoilla ilmestynyt savimaaleja useammilta eri valmistajilta. Savimaalia mainostetaan hengittäväksi, antimikrobiseksi, pyyhintää kestäväksi, myrkyttömiksi ja hajuttomiksi. Lisäksi ainakin Saviukumaja ilmoittaa maaliensa olevan täysin diffuusioavoimia ja biohajoavia.

Savimaaleilla voi valmistajasta riippuen maalata ainakin seuraaville;

- Hirsi ja muut puutuotteet (kuten kuitulevyt)
- Rappaus- ja tiilipinnat
- Tapetti
- Betoni
- KAHI-tuotteet
- Kipsi- ja muut levytuotteet
- Tasoitepinnat

Maalia on saatavilla perinteisen maalin tapaan, nestemäisenä purkkitavarana. Lisäksi ainakin yhden yrityksen savimaali myydään kuivana pussitavarana ja käyttäjä itse lisää maaliin veden. Savimaalin tyypillisiä ainesosia ovat savi ja liitu. Savimaalia voidaan käyttää esimerkiksi sisäseiniin ja -kattoihin.

Tavalliseen maaliin verrattuna savimaalilla saa käsiteltyä lähes saman määrän neliöitä, kuin rautakaupan maaleilla karkealle pinnalle maalattaessa. Domus Natura - savimaalin riittoisuudeksi valmistaja tarjoaa noin 5-6 m²/litra. Vertailuarvona käytettiin Tikkurilan Jokerin riittoisuutta, joka on kar-

kealle pinnalle 7 m²/litra. Huukoisille pinnoille maalattaessa voi olla kannattavaa käyttää esikäsitteilyä. Eri valmistajilla on tarjolla muun muassa selluloosapohjaisia esikäsitteilytuotteita.

Työtavat eivät savimaalin ja tavallisen rautakaupan maalin kohdalla ole erilaiset. Samat esivalmistustoimet ja työvälineet toimivat. Savimaali kuivuu veden haihtuessa. Veden haihduttua pinnoite on valmis. Savimaalilla maalattu pinta kuivuu täyshimmeäksi. Savimaalin kohdalla tulee huomioida, että huokoisuutensa vuoksi savimaali ei ole suljettu pinta vaan imee itseensä esimerkiksi siihen roiskahtaneen nesteen tai öljyn.

Savimaalien sävyt saadaan joko eri savilaatuja hyödyntämällä, tai sekoittamalla vaaleaan (yleensä titaanioksidi) maalipohjaan haluttu sävy. Kokeileva rakentaja voi myös ostaa eri väripigmenttejä ja sekoittaa sävyn itse.

6.5 Märkätilat

Suuri osa savirakentamisohjeista on tehty aikana, jolloin märkätilat ovat sijainneet ulkorakennuksessa, tai pesuhuoneissa on ollut kylpyammeet. Näin ollen monikaan ohje ei sellaisenaan täytä nykypäivän rakennusmääräyksiä.

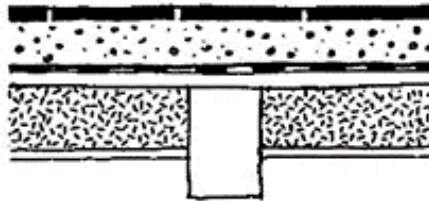
Paul Lynchiä haastatellessa selvisi, että heidän yrityksessään märkätiloja toteutetaan Tadelakt-tekniikalla. Tekniikassa kalkkilaasti kiilloitetaan sen kuivuessa kovaksi. Tällöin rakenne muodostaa kiviävän ja vesitiiviin pinnan. Samaa tekniikkaa voidaan hyödyntää märkätilojen lisäksi myös tiskialtaiden takana ja sisäpuolisilla ikkunapenkeillä. Alla esimerkkikuva Helsinkiin toteutetusta kylpyhuonesaneerauksesta, jossa on käytetty Virolaista Gekolakt-kalkkilaastia.



Kuva 40. Kylpyhuoneremontin alkutilanne ja lopputilanne, Helsinki (Natural Building Company, n.d.)

Paalirakennusten märkätiloihin ja keittiöihin savilaasti on erinomainen materiaali sen kosteudentasaamiskyvyn vuoksi. Saven sitoessa kosteutta ja luovuttaessa sen myöhemmin takaisin huonetilaan pysyy eristävä paalirakenne kuivana. (ECCE, Straw Bale Building, n.d., s. 41)

Kevytsavella täytetty märkätilan lattiarakenne tulee eristää kosteudelta seinille nostettavalla kosteussululla. Sulun päälle voidaan valaa sementtikerros, jonka päälle laatoitus kiinnitetään. Alla leikkauskuva kevytsavirakenteesta kosteassa tilassa. (Volhad & Westermarck, 1994, s. 110)



Kuva 41. Kevytsavitäyttö märkätilassa (Volhard & Westermarck, 1994, s. 109)

Kylpyhuoneiden laatoitusta varten suositellaan erityisesti ulkoseinien kohdalle rakennettavaksi erillinen tiilikuori. Kuoren ja saviseinän välissä voidaan kuljettaa talotekniikka-asennuksia. Muilla seinustoilla voidaan laatoitus kiinnittää kalkki-, tai sementtillaastilla pohjarapattuun kevytsavipintaan. (Volhad & Westermarck, 1994, s. 110)

7 SAVIRAKENTEEN IKÄÄNTYMINEN

Kuten kaikki rakenteet, myös savirakenteet ikääntyvät ilmaston vaikutuksien takia. Tähän kappaleeseen on kerätty savirakenteiden tyyppisimpiä vaurioita ja niiden mahdollisia syitä. Lisäksi käsitellään savirakenteiden korjaamisen erityispiirteitä. Maininnanomaisesti käsitellään myös rakennusjätteeksi luokiteltavan saven käsittely.

Suurin osa savirakennusten vaurioita liittyy kosteuteen ja muihin säärisuksiin. Yleisesti savirakenteet pystyvät kohtalaisen hyvin hallitsemaan kosteutta. Ongelmia alkaa muodostua silloin, kun kosteuden määrä on hetkellisesti todella suuri, tai kosteutta pääsee rakenteeseen jatkuvasti.

Savirakenne on tavallisen rakennuksen tapaan tarkka rakennusalustaan. Rakennuspaikan tulisi olla kuiva ja tukevapohjainen. Erityisesti massiivirakenteet vaativat hyvät perustamisolosuhteet pelkästään suuren ominaispainonsa vuoksi. Maaperän routiminen tai epätasa-aineisen perustaan painuminen voivat vaurioittaa savirakennuksia ja aiheuttaa esimerkiksi halkeilua. (Ranki, 2007, s. 15)

Savirakennuksessa vesikatteen tulisi olla kunnossa. Jos kate vuotaa, pääsee kosteutta savirakenteisiin. Vuotavan veden määrästä riippuen rakenteet joko rapautuvat hitaasti ajan saatossa, tai veden määrän ollessa suuri savirakenteet pehmenevät ja menettävät lujuutensa. Erityisen ongelmallinen tämä vauriomekanismi on massiivisavirakenteissa. Puurunkoisissakin ratkaisuisa vesi muodostuu ongelmaksi, kun puiset rakennusosat alkavat jatkuvassa kosteudessa vaurioitua. Kattovesien ohjauksen puutteellisuus saattaa aiheuttaa perustuksiin vaurioita, erityisesti jos maanpinnan muotoilu rakennuksen ympärillä on puutteellinen.

(Ranki, 2007, s. 16)

Savirakennuksen perustukset eivät saa olla matalat, muuten roiskevesi pääsee kastelemaan seinien alaosat ja aiheuttamaan vaurioita, muun muassa rappauksen irtoilua. Perustus ei saa myöskään olla ulkoneva seinärakenteeseen nähden. Mahdollinen veden kertyminen perusmuurin ulkoneuman päälle aiheuttaa vaurioita seinärakenteissa. (Ranki, 2007, s. 15-16)

Savirakennukselle ongelmallisia vuotokohtia ovat voivat olla myös ikkuna- ja oviaukot, sekä erilaisten rakenneosien liitokset. Näissäkin kohdissa ongelmia muodostaa sisälle pyrkivä vesi tai jatkuva kosteus. Ongelmallisimmaksi kohdaksi osoittautuvat usein ikkunoiden alapuoliset seinäosat. Aukkojen yläpuolelle vaurioita voi syntyä, jos ikkuna- ja oviaukkojen karmit tai ylitysplakit ovat pehmenneet tai vaurioituneet vuosien saatossa. Yleensä tämä aiheuttaa vaurioita aukon yläpuolisiin rakenteisiin. (Ranki, 2007, s. 17-18)

Sisäpuolella suurin kosteusrasitus aiheutuu yleensä yläpohjan liittymäkohtiin. Vaurioita sisäilmakosteudesta savirakenteisiin aiheutuu yleensä lähinnä eläinsuojissa. Ongelmia voi muodostua myös, jos ilma kykenee virtaamaan yläpohjarakenteen lävitse, tai rakenne eristää lämpöä heikosti. Rakenteiden sisään asennettavat vesiputket on kosteusvaurioiden välttämiseksi aina syytä asentaa suojaputkiin nyky määräysten mukaan. (Ranki, 2007, s. 17)

Savella rapatut rakenteet saattavat tiivistyä ajan ja sään kuluttamina. Veden irrottaessa pinnan hienommat partikkelit, pääsevät ne valumaan pois, tai hakeutumaan rakenteen pienempiin koloihin. Samasta syystä seinämassan kuidut näkyvät selvemmin rakenteen ikäännyttyä joitakin vuosia. Seinien kulumista voidaan hillitä esimerkiksi kalkkipesulla. Kalkkipesulla saadaan täytettyä rakenteeseen muodostuneet pienet halkeamat ja parannettua rakenteen vedeneristävyttä. Kalkkipesu saadaan laimentamalla kalkkitahnaa vedellä. Eteläseinustalle kalkkipesu olisi hyvä toteuttaa 2 -3 vuoden välein ja pohjoisseinustalle 5 vuoden välein. Joissakin kohdissa kalkkilaasti on kuitenkin aiheuttanut ongelmia. Jokaisen rakennuksen korjaaminen onkin syytä tarkastaa tapauskohtaisesti. (Little, Morton, 2001, s. 54; ECCE, Straw Bale Building, n.d., s. 40; Ranki, 2007, s. 10)

Savirakenteen korjaaminen on verrattain helppoa. Esimerkiksi seinästä irronneet palaset voidaan yleensä hajottaa ja sekoittaa veden kanssa uudeksi seinämassaksi. Näin saada uudelleen käyttökelpoinen savimassa, joka voidaan palauttaa paikalleen.

Savirakentamisesta jäävä rakennusjäte on yleensä savea, olkea, puuta tai muuta orgaanista ainesta. Kaikki rakentamisen jättemateriaalit voidaan hyödyntää jollain tavalla, tai jättää sellaisenaan luontoon. Ylimääräinen savi voidaan sijoittaa ympäröivään luontoon joko sellaisenaan, tai siihen mahdollisesti lisätyt ainekset, kuten olki ja muu orgaaninen voidaan poistaa liuottamalla savi ja erottelemalla esimerkiksi siivilällä. Tekniikka on tosin työläs ja yleensä tarpeeton. Suuremmat kappaleet, kuten oksat ja puutavara voidaan hyödyntää lämmityksessä.

8 YHTEENVETO JA TULEVAISUUDEN MAHDOLLISUUDET

Uusia rakennuksia tarvitaan koko ajan ja on järkevää etsiä uusia, tai tässä tapauksessa vanhoja rakennusmateriaaleja kasvavaan tarpeeseen. Maailmalla saven käyttö sisäpintojen rakenteissa on tällä hetkellä nouseva trendi. Useissa tavarataloissa, hotelleissa ja muissakin julkisissa rakennuksissa on sisäpinnoissa käytetty savirappausta. Saven hyötyjä tulevaisuuden rakentamisessa ovat ehdottomasti myrkyttömyys, ekologisuus ja rakennusjätteiden vähäinen määrä, sekä jätteen uudelleenkäyttömahdollisuudet. Savirakentamisessa voidaan hyödyntää esimerkiksi infrarakentamisen sivutuotteena syntyvää ylijäämäsavea.

Käyttöä tulevaisuudessa tulevat varmasti lisäämään tuotteistamisen eteneminen ja valmiiden savirakennustuotteiden saaminen tavallisista rautakaupoista. Natural Building Companyn Paul Lynchin haastattelussa selvisi, että savirappausta ollaan tarjoamassa ainakin yhdelle suurelle suomalaiselle rakennusalan yritykselle sisäpinnoitteeksi.

Jotta savirakentaminen nousisi Suomessa laajemmin käytettyihin materiaaleihin, tulisi tuotteista ja työtekniikoista tiedottaa huomattavasti nykyistä enemmän. Osana tätä tietoisuuden lisäämistä on ehdottomasti savitekniikoiden kouluttamisen lisääminen. Aiemmin suorittamaani rakennusrestauroinnin tutkintoon kuuluu pienenä osana savirakentaminen. Viimevuosina on Mynämäelle perustettu koulutus, jossa keskitytään vain savirakentamiseen. Jo aiemmin mainitun haastattelun mukaan käyvät Natural Building Companyn työntekijät antamassa luentoja suuremmissa korkeakouluissa, kuten Aalto-yliopistossa ja Oulun ammattikorkeakoulussa.

Oman näkemykseni mukaan saven käyttö runkorakenteissa tulee todennäköisesti jäämään pääasiassa pientalopuolen tiettyjen piirien tekniikaksi. Sen sijaan pintamateriaalina savella on mielestäni erinomaiset mahdolli-

suudet myös Suomessa. Uskonkin esimerkiksi savirappauksen ja polttamattomien savilaattojen käytön suomalaisessa rakentamisessa yleistyvän. On tärkeää huomata, etteivät savirakentamisen tekniikat ole monimutkaisia. Esimerkiksi savirappaus ei suuresti eroa tavallisen rappauksen tekemisestä ja näin ollen rakennusalalla onkin jo useita ammattilaisia, jotka osaavat lähes suoraan käyttää savea rakentamisessa.

LÄHTEET

Clay-Works. (n.d.) Valurakenteen eri kerroksia. Haettu 17.12.2019 osoitteesta <https://clay-works.com/wp-content/uploads/2019/12/clayworks-brochure.pdf>

Doleman, L. (2017). Light straw clay construction. Gabriola Island: New society publishers. Vasemmalla mallistetusta ja oikealla pyöreästä puusta toteutettu ristikkorakenne. Sivut 34 ja 43.

Dwell Earth. (n.d.). Vasemmalla puristettu savitiili ja oikealla käsin lyöty tiili. Haettu 29.2.2020 osoitteesta <https://dwellearth.com/earth-blox-bp714/>

Earth Architecture. (n.d.). Vasemmalla puristettu savitiili ja oikealla käsin lyöty tiili. Haettu 29.2.2020 osoitteesta <https://eartharchitecture.org/?p=704>

Eesti põllumeeste keskeltsi väljaanne; Sepp, A. (1935). kuva 17 Vasemmalla perinteinen tiilimuotti... Haettu 17.12.2019 osoitteesta <http://www.saviry.fi/artikkelit/savihooned10001.PDF>

Eesti põllumeeste keskeltsi väljaanne; Sepp, A. (1935). Virolainen esimerkki tiiliulkoseinärakenteesta. Haettu 17.12.2019 osoitteesta <http://www.saviry.fi/artikkelit/savihooned10001.PDF>

Ecococon (n.d.) Luonnon innoittama elementtijärjestelmä. Haettu 12.2.2020 osoitteesta <https://ecococon.eu/fi/elementti>

Ecococon (n.d.) Olkielementti, periaatekuva. Haettu 12.2.2020 osoitteesta <https://ecococon.eu/fi/elementti>

Flatau, R. (2014). Periaatekuva eristetystä pölkkyvirakenteesta. Haettu 29.2.2020 osoitteesta <https://www.motherearthnews.com/green-homes/cordwood-construction-basics-zbcz1402>

For Construction Pros. (2012). Hydraulinen tiilipuristin. Haettu 1.3.2020 osoitteesta <https://www.forconstructionpros.com/rental/press-release/10743608/vermeer-compressed-earth-blocks-help-build-communities-in-thirdworld-countries>

Gites GmbH (n.d.). Savihiutaleita, kaoliitti. Haettu 22.12.2019 osoitteesta <https://www.gites-gmbh.de/en/this-article-is-part-of-the-series-we-bring-light-in-the-dark-of-black-powders-3-5/>

Jafferji, H. & Raczka, K. & Wang Y. Oikealla paali ennen saveamista ja vasemmalla savettuna ja kuivattuna. Haettu 20.12.2019 osoitteesta https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-011411-160348/unrestricted/MQP_B10_Jafferji_Raczka_Wang.pdf

Jones, B. (2009). Olkipaalirakenteen leikkauskuva ja kiinnike-esimerkkejä. Haettu teoksesta *Building with Straw Bales: A Practical Guide for the UK and Ireland*. Sivu 27. Totnes, Devon: Green Books.

Jones, B. (2009). Olkipaalirakenteen leikkauskuva ja kiinnike-esimerkkejä. Haettu teoksesta *Building with Straw Bales: A Practical Guide for the UK and Ireland*. Sivu 30. Totnes, Devon: Green Books.

Jones, B. (2009). Vasemmalla esimerkkikuva autonrengasperustuksesta ja oikealla aukkolaatikko ikkunoille ja oville. Haettu teoksesta *Building with Straw Bales: A Practical Guide for the UK and Ireland*. Sivu 89. Totnes, Devon: Green Books.

Jones, B. (2009). Vasemmalla esimerkkikuva autonrengasperustuksesta ja oikealla aukkolaatikko ikkunoille ja oville. Haettu teoksesta *Building with Straw Bales: A Practical Guide for the UK and Ireland*. Sivu 62. Totnes, Devon: Green Books.

Jujufilms (20.8.2014). Nigeriassa, Araromi Obussa sijaitseva punasavi-rakennus. Haettu 12.2.2020 osoitteesta <https://jujufilms.tv/tag/red-clay-hut/>

Kathe Poveda. (n.d.). Vasemmalla perinteinen tiilimuotti ja oikealla mekaaninen prässi. Haettu 26.2.2020 osoitteesta <https://kathepoveda.wordpress.com/conferencias-iii-2/>

Le flocon (n.d.). ECCE building certificate in sustainable construction - course information, Straw bale building. Haettu 26.2.2020 osoitteesta <http://leflocon.eu/>

Library of congress (n.d.). Olkipaalikirkko Nebraskassa. Haettu 12.2.2020 osoitteesta <https://www.loc.gov/everyday-mysteries/item/can-you-really-build-a-house-with-straw/>

Little, B. & Morton, T. (2001). Building with earth in Scotland: innovative design and sustainability. Scottish Executive Central Research Unit.

Luomura ry (n.d.). Krouvinmäen majatalo. Haettu 4.1.2020 osoitteesta <https://www.luomura.com/teemasivuja/massiivisavirakentaminen/>

Luomura ry (n.d.). Omakotitalo, Janakkala. Haettu 4.1.2020 osoitteesta <https://www.luomura.com/teemasivuja/massiivisavirakentaminen/>

Luomura ry (n.d.). Pölkkyvirakentaminen – Cordwood. Haettu 10.10.2019 osoitteesta <https://www.luomura.com/teemasivuja/polkkysavirakentaminen-cordwood/>

Luomura ry, Leon savimökki (n.d.). Polttamaton savilaatta lattiassa. Haettu 13.2.2020 osoitteesta <https://www.luomura.com/talotarinoita/leon-suomalainen-savimokki/>

Luomura ry, Tuononen, M. (n.d.). Viikinkisauna, Humpvila. Haettu 11.12.2019 osoitteesta <https://www.luomura.com/talotarinoita/viikinkien-polkkysavisavusauna-h/>

Luomura ry (n.d.). Vasemmalla tallirakennus ja oikealla saviseinän kulu-
maa. Haettu 4.1.2020 osoitteesta <https://www.luomura.com/teemasivuja/massiivisavirakentaminen/>

Lärka, J. (2012). Massiivisavikerrostalo Saksassa. Haettu 17.12.2019 osoitteesta <http://www.saviry.fi/artikkelit/KT45079N.pdf>

Mäni, S. (2010). Production and use of compressed stabilised earth blocks. code of practice. Auroraville earth institute.

Midwest Builders (n.d.) Building with Compressed Earth Blocks. Haettu 29.2020 osoitteesta <http://www.midwestearthbuilders.com/BuildingInfo.html>

Museovirasto. (n.d.). Savirappaus palo- ja äänieristeenä. Haettu 22.12.2019 osoitteesta <https://www.museovirasto.fi/fi/kulttuuriymparisto/rakennettu-kulttuuriymparisto/rakennetun-kulttuuriperinnon-restaurointi-ja-hoito/savirappaus-palo-ja-äänieristeenä>

Pinterest (n.d.) Cob-seinän valmistaminen. Haettu 1.3.2020 osoitteesta <https://fi.pinterest.com/pin/405183297701657958/>

Putkilahti kylälehti. (2001). Valumuotilla toteutettu kevytsaviseinä. Haettu 29.2.2020 osoitteesta <http://www.putkilahti.net/k011115b.htm>

Ranki, T. (2007). Ikkuna-aukon ympärysviviseinä. Haettu 17.12.2019 osoitteesta http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ ja_korjaaminen.pdf

Ranki, T. (2007). Lautasidotun massiivisaviseinän leikkauskuvia. Haettu 17.12.2019 osoitteesta http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ ja_korjaaminen.pdf

Ranki, T. (2007). Pölkkysavirakentaminen, leikkauskuvia. Haettu 17.12.2019 osoitteesta http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ ja_korjaaminen.pdf

Ranki, T. (2007). Savirappauksen jäänteitä lastutussa hirsipinnassa. Haettu 17.12.2019 osoitteesta http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ ja_korjaaminen.pdf

Ranki, T. (2007). *Savirakennukset ja niiden korjaaminen*. Haettu 17.12.2019 osoitteesta http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ ja_korjaaminen.pdf

Ranki, T. (2007). Saviseinämuotti ja sullontatyökalu. Haettu 17.12.2019 osoitteesta http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ ja_korjaaminen.pdf

Ranki, T. (2007). Suomen savien tyyppialueet. Haettu 17.12.2019 osoitteesta http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ ja_korjaaminen.pdf

Ranki, T. (2007). Taulukko 2, Massiivisaviseinän paksuus suhteessa seinän pituuteen ja korkeuteen. Haettu 17.12.2019 osoitteesta http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ ja_korjaaminen.pdf

Ranki, T. (2007). Yli 200-vuotiaan rakennuksen leikkauspiirustus. Haettu 17.12.2019 osoitteesta http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ ja_korjaaminen.pdf

Roy, R. (2016). Pölkkysavimuurattu seinä. Haettu teoksesta Cordwood Building. Sivu 5. Gabriola Island: New Society Publishers.

Saviyhdistys. (n.d.) Olkipaalirakentaminen. Haettu 10.10.2019 osoitteesta <http://www.saviry.fi/rakentaminen/olkipaali.html>

Saviyhdistys. (n.d.) Pölkkyravi. Haettu 10.10.2019 osoitteesta <http://www.saviry.fi/rakentaminen/polkkysavi.html>

Saviyhdistys; Heikkilä, E. & Sillander, E. R (n.d.). Savirappaus voi olla sileää, karheaa tai värikästä. Haettu 11.12.2019 osoitteesta <http://www.saviry.fi/rakentaminen/savilaasti.html>

Stars and stripes, Abrams, M. (2017). König-Adolf-Aukio, Saksa. Haettu 12.2.2020 osoitteesta <https://www.stripes.com/idstein-town-boasts-traditional-german-architectural-style-1.286087>

Straw Works; Jones, B. (n.d.). Bale standards. Haettu 12.2.2020 osoitteesta <https://strawworks.co.uk/bale-standard/>

Straw Works; Jones, B. (n.d.). Technical Details. Haettu 12.2.2020 osoitteesta <https://strawworks.co.uk/technical/>

Strömforsin ruukki (n.d.). Majatalo Krouvinmäki. Haettu 12.2.2020 osoitteesta <https://stromforsinruukki.com/majoitu/krouvinmaki/>

T:mi Puu & Savi (n.d.). Luonnonmukaisuutta parhaimmillaan – talo savesta! Esite. Haettu 17.12.2020 osoitteesta <http://www.saviry.fi/artikkelit/RaisioEsite01.PDF>

The Natural Building Company. (n.d.). EcoCocon olkielementti – Luonnonmukainen massiivirakenne. Haettu 12.2.2020 osoitteesta <http://naturalbuilding.fi/ecococon/>

The Natural building company (n.d.). Kylpyhuoneremontin alkutilanne ja lopputilanne, Helsinki. Haettu 13.2.2020 osoitteesta <http://naturalbuilding.fi/project/kylpyhuoneen-remontti-helsingissa/>

The Natural building company (n.d.). Savilattia tulisijan ympärillä suojaelityksen tilalla. Haettu 13.2.2020 osoitteesta <http://naturalbuilding.fi/project/mangard/>

The Natural Building Company. (n.d.) Rakennekortti HS 1.1. Haettu 20.10.2019 osoitteesta <http://naturalbuilding.fi/wordpress2018/wp-content/uploads/2018/08/NBC-rakennekortti-HS1-1-HIRSISEINÄ-Savirappaus-puukuitulevylle.pdf>

UNESCO; Ribarska A, Gelbart J-J. (n.d.) Shibam, kaupunki Jemenissä. Haettu 20.12.2019 osoitteesta <https://whc.unesco.org/en/list/192/>

Volhard, F. & Westermarck, M. (1994). Liukuvalun periaatekuva. Sivu 58. Haettu teoksesta *Savirakentaminen – kevytsavirakentaminen*. Helsinki: Rakennusalan kustantajat.

Volhard, F. & Westermarck, M. (1994). Kevytsavitäyttö märkätilassa. Haettu teoksesta *Savirakentaminen – kevytsavirakentaminen*. Sivu 13. Helsinki: Rakennusalan kustantajat.

Volhard, F. & Westermarck, M. (1994). Oikealla yläpohjan eristäminen kevytsavella, tiilikatto... Sivu 76. teoksesta *Savirakentaminen – kevytsavirakentaminen*. Helsinki: Rakennusalan kustantajat.

Volhard, F. & Westermarck, M. (1994). Vasemmalla seinän lisäeristäminen kevytsavella. Sivu 82. teoksesta *Savirakentaminen – kevytsavirakentaminen*. Helsinki: Rakennusalan kustantajat.

Volhard, F. & Westermarck, M. (1994). Puurungon perinteisiä savivuorausvaihtoehtoja. Haettu teoksesta *Savirakentaminen – kevytsavirakentaminen*. Sivu 13. Helsinki: Rakennusalan kustantajat.

Volhard, F. & Westermarck, M. (1994). Taulukko 1, Suomalaisen saven keskimääräinen kemiallinen koostumus. teoksesta *Savirakentaminen – kevytsavirakentaminen*. Helsinki: Rakennusalan kustantajat.

Volhard, F. & Westermarck, M. (1994). *Savirakentaminen – kevytsavirakentaminen*. Helsinki: Rakennusalan kustantajat.

Volhard, F. & Westermarck, M. (1994). Ulkoseinämuurauksen saksalaisia esimerkkejä. Sivu 84. Haettu teoksesta *Savirakentaminen – kevytsavirakentaminen*. Helsinki: Rakennusalan kustantajat.

Wienerberg. (n.d.). Tiilen pääraaka-aine on savi. Kotimainen savi palaa punaiseksi. Haettu 9.2.2020 osoitteesta <https://www.wienerberger.fi/inspiroidu-tiilesta/tiilen-valmistus/savi-raaka-aineena.html>

Westermarck, M. & Riuttamäki, J-P & Pelto-Uotila, T. & Weck, T-U. (2002) *Olkipaalit rakennusaineena maatilojen puurakennuksissa*. Selvitys. Teknillinen korkeakoulu, luonnonmukaisen rakentamisen tutkimusyksikkö LRT. Haettu 17.12.2020 osoitteesta <http://www.saviry.fi/LRT/esitykset/Olkipaalirakenteet.pdf>

Ympäristö nyt. (2016). Savesta ja savella - näyttely rakennuskulttuurikeskus Toivossa. Haettu 20.12.2019 osoitteesta <https://ymparistonyt.fi/savesta-ja-savella-nayttely-rakennuskulttuuritalo-toivossa/>

Ympäristö nyt. (2016). Savirappaus ja puutapitus hirsiseinällä. Haettu 20.12.2019 osoitteesta <https://ymparistonyt.fi/savesta-ja-savella-nayttely-rakennuskulttuuritalo-toivossa/>

Haastattelut

Lynch, P. Toimitusjohtaja, The Natural Building Company Oy. Haastattelu 30.1.2020