



SAVONIA

VALITSE KOHDE.

VALITSE KOHDE.

SAVOLAISEN EKO-PIENTALON TUTKIMUS- JA KEHITYSPROSESSI

TEKIJÄ: Janne Hämäläinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Puutekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Janne Hämäläinen			
Työn nimi Savolaisen EKO-pientalon tutkimus- ja kehitysprosessi			
Päiväys	18.3.2015	Sivumäärä/Liitteet	39/Cd-levy
Ohjaaja(t) Viljo Kuusela lehtori, Mauno Multamäki projekti-insinööri			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu/ RIP- hanke			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä selvitettiin kansainvälisiä ympäristöluokittelijoita ja heidän käyttämiään ympäristötyökaluja, eli elinkaarimittareita. Lisäksi selvitettiin savolaiselle EKO-pientalolle ominaisia piirteitä kuten esimerkiksi ekologisia materiaaleja, sekä tutkittiin eri seinävaihtoehtojen ekologisuutta CO₂-päästöjen osalta 200 vuoden tarkastelujaksolla. Vuoden 2013 alussa alkoi Savonia-ammattikorkeakoululla EU-rahoitteinen RIP-hanke eli Rakentamisen innovatiiviset puutuotteet -hanke. Tämä opinnäytetyö oli osa RIP-hankkeen savolainen EKO-pientaloprojektia.</p> <p>Opinnäytetyön pohjaksi annettiin edellisten opinnäytetöiden tuloksia sekä kolme erilaista seinävaihtoehtoa ja niiden detaljipiirustukset. Tutkinnassa mukana olleet seinät olivat: CLT-seinä lautaverhouksella, rankarunkoinen seinä tiiliverhouksella ja lämpöharkkoseinä. Ensimmäisessä opinnäytetyössä ympäristötekniikan opiskelija oli tutkinut materiaalien ekologisuutta laatimalla eri materiaaleille elinkaarianalyysin. Toisessa opinnäytetyössä rakennustekniikan opiskelija oli tutkinut rakennusosien ekologisuutta laskemalla yksittäisten rakennusosien päästöt yhteen ja lisännyt tähän kuljetuksesta aiheutuvat päästöt. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin edellä mainittujen rakenteiden ekologisuutta CO₂-päästöjen osalta, kun arvioidut korjausrakentamisesta aiheutuvat päästöt lisätään 200 vuoden ajalta.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tuloksena saatiin tietoa, joka osoittaa seinäratkaisujen ekologisuuden 200 vuoden tarkastelujaksolla. Tutkimuksen tarkoituksena on myös osoittaa, että paljon CO₂-päästöjä aiheuttava rakennusosa on ekologinen koko elinkaarta arvioitaessa.</p>			
Avainsanat ekologisuus, elinkaarimittari, savolainen, pientalo			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Wood Technology			
Author(s) Janne Hämäläinen			
Title of Thesis Research and Development of Savo Eco Detached House			
Date	March 18, 2015	Pages/Appendices	39/CD
Supervisor(s) Mr. Ville Kuusela, Lecturer, Mr. Mauno Multamäki, Project Engineer			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences /RIP Project			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to survey international Green Building Councils who are changing the way we design, build, maintain and operate our buildings, homes and communities. In addition, the features of a Savo eco detached house were researched and also the ecology of different wall solutions concerning CO2 emissions in a 200-year-period were studied.</p> <p>An EU funded project "Innovative wood products in construction" (Also known as (FIN) RIP – Rakentamisen Innovatiiviset Puutuotteet) started in the beginning of 2013. This thesis was part of the RIP's Savo eco detached house project. There was one environmental engineering student in the project whose thesis was about Life Cycle Assessment (LCA) and one construction engineering student who studied the ecology of building blocks by calculating CO2 equivalent of the materials and transport.</p> <p>The aim of the study was to find out the ecology of three different types of walls considering their CO2 equivalent in a 200-year-period. The type of walls were a CLT frame wall with board cladding, a wooden framed wall with brick cladding and a concrete wall. The project started by analysing the structure plans of examined wall types. After that the construction-related emissions and work-related emissions of the wall types were compared.</p> <p>As a result of this thesis information about the ecology of different materials used in wall structures during its 200 years` life cycle was gained.</p>			
Keywords Ecological, life cycle, LCA, green building, Savonian, Detached House			

ESIPUHE

Haluan kiittää Savonia-ammattikorkeakoulun opettajia ja etenkin opinnäytetyössäni ohjaajana toiminnutta Ville Kuusela ja neuvonantajana toiminutta projekti-insinööriä Mauno Multamäkeä.

Suuret kiitokset kuuluvat myös opettajalleni Risto Pitkäselle, jonka opetus ja neuvot ovat olleet korvaamattomia opintojeni aikana.

Haluan kiittää vaimoani ja lapsiani kannustuksesta kaikesta tuesta insinööriopintojeni aikana.

Lopuksi haluan kiittää vuosikurssiani EPA9ST:tä hienoista opiskeluvuosista.

Kuopiossa 18.3.2015

Janne Hämäläinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	TAUSTA JA TAVOITTEET	6
1.2	Savolainen EKO-pientalo ja RIP-hanke.....	7
1.2.1	RIP-hanke	7
1.2.2	Savolainen EKO-pientalo.....	7
2	ELINKAARIMITTARIT JA YMPÄRISTÖTYÖKALUT	9
2.1	Ympäristöluokittelijat.....	10
2.2	Ympäristönluokitustyökalut	11
2.3	Green Building Council Finland.....	11
2.4	BRE, Building Research Establishment (UK)	13
2.5	LEED ja Green Building Council United States	14
2.6	DGNB-Deutsche gesellschaft fur nachhaltiges bauen	15
2.7	Elinkaarimittareiden vertailua.....	17
3	SAVOLAISEN EKO-PIENTALON PERIAATE	18
3.1	Savolaisen EKO-pientalon ominaisuudet	18
3.2	Savolaisen EKO-pientalon materiaalivaatimukset	19
3.3	Savolaisen EKO-pientalon rakentamisen suunnittelu	20
3.4	Savolaisen EKO-pientalon ekologisuus ja ekonomisuus	21
4	EKO-PIENTALON ULKOSEINÄRAKENTEEN EKOLOGISUUSTUTKIMUS	24
4.1	Lämpöharkkoseinä	25
4.2	Puurankarunkoinen tiiliverhoituseinä	26
4.3	CLT-seinä	27
4.4	Puu hiilivarastona.....	29
5	SEINÄRAKENTEIDEN KUSTANNUKSET.....	31
6	PÄÄSTÖKAUPAN OSUUS SEINÄRAKENTEEN HINNASTA.....	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
	LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

1.1 TAUSTA JA TAVOITTEET

Euroopan Unionin pitkän tähtäimen tavoitteena on vähähiiliseen Eurooppaan pääseminen. Tähän tavoitteeseen pääsemiseksi CO₂-päästöjä tulisi vähentää 80–95 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Euroopan komissio on julkaissut vähähiilistä taloutta koskevan suunnitelman, jonka mukaan rakennetun ympäristön päästöjä tulee vähentää 90 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. (Figbc.fi.) EU:ssa tavoitteena on saavuttaa ohjelman 20–20–20 mukaiset päästötavoitteet vuoteen 2020 mennessä.

Suomen ympäristöministeriö ja sen yhteistyökumppanit ovat perustaneet ERA17, energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017 toimintaohjelman. Sen tavoitteena on, että Suomesta kasvaa energiaviisaan rakennetun ympäristön johtavaesimerkki. ERA17 tavoitteena on, että rakennettu ympäristö Suomessa toimisi ekologisesti ja, että Suomi pääsisi EU:n antamiin päästötavoitteisiin jo vuoteen 2017 mennessä. ERA17-ohjelmassa etsitään keinoja ekologiseen rakentamiseen maankäyttöä, energiantuotantoa, rakentamisen johtamista, kiinteistöjen käyttöä sekä ammattitaitoa parantamalla. (www.ym.fi.)

Savonia ammattikorkeakoulun projektissa oli tavoitteena luoda savolainen EKO-pientalokonsepti edellä mainittuja säädöksiä noudattaen. Nykyaikainen Savolainen EKO-pientaloprosessia toteuttivat Savonia Ammattikorkeakoulun liiketalouden ja rakennustekniikan koulutusohjelmat yhdessä. Tavoitteena oli luoda näkemys savolaisen heimon arvoista ja asenteista sekä pyrkiä ymmärtämään savolaiselle rakennustavalle tyypillisiä piirteitä. Savolaista EKO-pientalokonseptia on käytännössä ryhtynyt toteuttamaan Rantasalmi Hirsitalot Etelä-Savossa.

Kokonaisuudessaan RIP-hankkeeseen kuuluva savolainen EKO-pientaloprojekti jakautuu neljään eri tutkittavaan alueeseen. Yhdessä opinnäytetyössä tutkitaan aluksi savolaisessa EKO-pientalossa käytettävien rakennusmateriaalien elinkaarta ekologisesta näkökulmasta raaka-aineiden hankinnasta tehtaan portille saakka. Toisessa opinnäytetyössä tutkittiin savolaisen EKO-pientalon rakennusosien ekologisuutta. Kolmannessa opinnäytetyössä tutkitaan koko talon energiatehokkuutta eli E-lukua.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää savolaisen EKO-pientalon tutkimus- ja kehitysprosessi. Opinnäytteessä tutkitaan kolmen eri seinärakenteen ekologisuutta ja ekonomisuutta 200 vuoden elinkaarta ajatellen. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin kolmen erilaisen seinärakenteen ekologisuutta arviomalla jo olemassa olevien päästötietojen kehittymistä elinkaaren aikana.

1.2 Savolainen EKO-pientalo ja RIP-hanke

1.2.1 RIP-hanke

RIP-hanke eli rakentamisen innovatiiviset puutuotteet-hanke on Euroopan sosiaalirahaston (ESR) rahoittama kaksivuotinen projekti (Eura2007.fi). Se on alkanut 2.1.2013 ja suunnitelman mukaan se päättyy 31.12.2014. Projektin toteuttaja on Savonia ammattikorkeakoulun kuntayhtymä. Hankkeen loppuseminaari pidettiin 18.2.2015. RIP-hankkeeseen liittyvässä savolainen EKO-pientaloprojektissa tutkittiin, mitkä rakennusmateriaalit, -tavat ja rakenteet ovat ekologisia ja ekonomisia pitkällä aikavälillä.

Kokonaisuudessaan RIP -hankkeeseen kuuluva savolainen EKO-pientaloprojekti jakautuu kolmeen eri tutkittavaan alueeseen. Ensimmäisessä tutkimuksessa tutkittiin savolaisessa EKO-pientalossa käytettävien rakennusmateriaalien elinkaarta ja niiden ekologisuutta tehtaan portille saakka käyttäen apuna valmiita rakennusmateriaalien ympäristöselosteita, sekä OpenLCA-ohjelman Ökobaudat-tietokantaa (Schroderus 2014). Toisessa opinnäytetyössä vertailtiin savolaisen EKO-pientalon rakennusosien CO₂-ekvivalenttia (Lohela 2014), lisäksi opinnäytetyössä laskettiin rakennusosien materiaalien hinnat ja niiden kuljetuskustannukset sekä kuljetuksen aiheuttamat päästöt ja rakennusosien työ- ja kustannukset. Kolmannessa opinnäytetyössä rakennustekniikan opiskelija tutkii koko EKO-pientalon E-lukua. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin eri seinäratkaisujen ekologisuutta ja korjauskustannuksia 200 vuoden elinkaaren ajalta.

1.2.2 Savolainen EKO-pientalo

Savolainen EKO-pientaloprojektissa suunniteltiin savolaisia piirteitä sisältävä, nykyaikainen, ekologisella ja kestäväällä tavalla toimiva ja rakennettu erillispientalo, joka soveltuu hyvin myös massatuotantoon. Materiaaleja valittaessa on tärkeää, että ne on mahdollista hankkia lähietäisyydeltä. Näin paljon päästöjä aiheuttava kuljetusmatka saadaan minimoitua ja lopputuloksena on ekologisempi rakennus. Valituilla materiaaleilla on oltava pitkä elinkaari ja materiaalin kunnossapidon, korjaamisen sekä kierrättämisen on oltava vaivatonta.

Ekorakentaminen tarkoittaa sellaista rakentamista, jossa ympäristöä kulutetaan ja rasitetaan mahdollisimman vähän. Rakennuksen ympäristöarvoita arvioitaessa täytyy huomioida koko rakennuksen elinkaari, tässä tapauksessa 200 vuotta. On otettava huomioon rakennusmateriaalien valmistuksesta, rakentamisesta, rakennuksen käytöstä ja käytönaikaisista toimista aiheutuvat hiilidioksidipäästöt. (Ekotaito.fi.)

Ekotalossa on normaaliin rakennukseen verrattuna parempi lämmöneristys, energiataloudelliset ja ekologiset lämmitysjärjestelmät ja matalampi sähkön- ja vedenkulutus. Rakennusmateriaalit ovat, jos mahdollista, tehty uusiutuvista tai kierrätetyistä luonnonmateriaaleista. Jos ei ole mahdollista käyttää kierrätettyjä tai uusiutuvia rakennusmateriaaleja, on mahdollista saada talosta ekologisempi

hankkimalla rakennustarvikkeet ja -materiaalit niin läheltä kuin mahdollista. Rakennusmateriaalien valmistuksesta aiheutuva ympäristörasite on EKO-pientalossa otettu huomioon.

EKO-pientalon jätteenkäsittelyn tulee olla tehokasta, ja asukkaan tulisi pyrkiä kulutustottumuksiinsa minimoimaan jätteen syntyminen. Rakennuksen sijainnilla ja suunnalla on myös vaikutus energiankulutukseen: rakennuspaikan on oltava tuulelta suojassa ja auringon lämmittävää säteilyä tulisi olla niin paljon kuin mahdollista. (Ekorakentaminen.)

EKO-pientalon suunnittelussa on ajatuksena ollut rakennusten hajasijoittaminen tontin sallimissa rajoissa. Savolaisen EKO-pientalon ominaisuuksiin kuuluu: talon läpikäveltävyys, uuninpankko ja sisäpuolinen harjakatto. Ekologisuuden tarkastelu-aika on 200 vuotta. Materiaaliksi sopivat puu, betoni tai kivi, kokonaisuudessa on sovellettava savolaisen EKO-pientalokonseptin periaatteita.

2 ELINKAARIMITTARIT JA YMPÄRISTÖTYÖKALUT

Elinkaarimittareiden avulla voidaan ohjata rakentamista ympäristön kannalta ekologisempaan suuntaan ja näin ollen saadaan rakennettua taloja, jotka ovat terveellisiä ja myöskin kannattavia sijoituskohteita. Mittareiden takana on eurooppalaisia standardeja, suunnittelun ja käytönohjauksen työkaluja. Rakennusten elinkaarimittarit soveltuvat kansainväliseen lainsäädäntöön ja ilmasto-olosuhteisiin ja niissä on yhtenäiset laskentaohjeet rakennusten elinkaaritehokkuuden mittaamiseksi sekä ympäristövaikutusten arvioimiseksi. (Figbc.fi). Kukin toimija voi hyödyntää vaihtoehtoja yksittäisiä tai useampia omaan toimintaan soveltuvia elinkaaritehokkuuden mittareita. Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely on tärkein osa-alue elinkaariarvioinnissa, sillä ne määrittelevät sen, kuinka tarkka ja laaja tutkimus on ja mitä aikaväliä siinä tarkastellaan. (Antikainen 2010.)

Elinkaarimittareiden perustana on eurooppalainen CEN/ TC 350-Sustainability of Construction Works-standardiperhe, joka julkaistiin vuoden 2011 lopulla. CEN/TC 350-standardien tavoitteena on edistää ekologista rakentamista Euroopassa ja mahdollistaa rakennustuotteiden ja rakennusten päästöjen mittaaminen yhteismitallisella menetelmällä kaikkialla maailmassa. (Figbc.fi.)

Elinkaarinarvioinnin laskentatapoja käsittelevän standardin EN 15978 (Taulukko 1) käyttö eurooppalaisessa kestävässä rakentamisessa alueella on kasvamassa, ja sitä hyödynnetäänkin rakennusten elinkaarinarvioinnin työkaluna mm. saksalaisessa DGNB:ssä ja ranskalaisessa HQE:ssä. Standardiperhe sisältää standardeja, joista hiilijalanjäljen laskennan kannalta merkittävimmät ovat:

EN 15643-2 Framework for Environmental Performance

EN 15978 Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method

EN 15804+A1 Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products. (Figbc.fi.)

Taulukko 1. Arvioidut elinkaaren vaiheet (EN 15978 Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method.)

Arvioidut elinkaaren vaiheet	valmistus			työmaa		käyttö							purku				+	
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4		D

CEN/TC 350-standardiperhe on suurelta osin yhtäläinen ISO:n elinkaarinarvioinnin standardien 14040 ja 14044 kanssa. EN 15978: n ohjeistetaan, että rakennusta tarkastellaan kokonaisuutena sen elinkaaren ajalta. Rakennustuotteiden päästölaskennan tietovaatimukset annetaan standardissa SFS-EN 15804 +A1. Aiemmin standardi oli SFS-EN 15804, mutta se on kumottu 27.1.2014. Rakennusten käytön ajan hiilijalanjälki puolestaan lasketaan Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting revised edition mukaisesti. (GBC- Finland). Kasvihuonekaasujen lämmittävä vaikutus lasketaan käytännön syistä yhdellä yksiköllä, hiilidioksidiekvivalenttina. Muuten jouduttaisiin mm. sopimaan päästövähennystavoitteet jokaiselle kaasulle erikseen. Kaasuja verrataan ns. Global Warming Potential (GWP)

-kertoimilla. IPCC eli Intergovernmental Panel on Climate Change:n arvio GWP-kertoimista on tarkentunut viime aikoina, ja GWP-kertoimille on esitetty muitakin vaihtoehtoja. Aiheeseen liittyvä keskustelu on kirjoitushetkellä vilkasta. (Lindroos, Ekholm ja Savolainen 2012, 14–16.)

GWP-kerroin kuvaa kaasun lämmitysvaikutuksen voimakkuutta suhteessa hiilidioksidin lämmitysvaikutukseen. Mitä suurempi kerroin on, sitä enemmän se lämmittää ilmakehää. Muiden kasvihuonekaasujen GWP-kertoimet ovat yleensä kymmeniä tai satoja kertoja hiilidioksidia suurempia, mutta ihmisen toiminnasta vapautuu muita kasvihuonekaasuja määrällisesti niin paljon vähemmän, että hiilidioksidin lämmitysvaikutus on suurempi kuin kaikkien muiden kaasujen yhteensä. (Lindroos, Ekholm ja Savolainen 2012, 14–16.)

Kiotoon sopimuksessa otettiin käyttöön IPCC:n vuonna 1995 julkaistut GWP100-kertoimet, jotka kuvaavat eri kaasujen maapallon lämmittävyysvaikutusta 100 vuoden aikana. Tällä hetkellä GWP100-kertoimia käytetään ilmastopimusraportoinnin lisäksi mm. EU-direktiiveissä. GWP eli Global Warming Potential on siis kerroin, joka kuvaa jonkin kaasun vaikutuksen ilmastomuutokseen. Muiden kaasujen kertoimia verrataan aina hiilidioksidiin, jonka GWP-kerroin on 1. (Lindroos, Ekholm ja Savolainen 2012, 14–16.)

Maapallon keskilämpötila kasvaa ja siitä aiheutuu ilmastomuutos. Hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja di-typiksi (N₂O) ovat merkittävimpiä ihmisen tuottamia kasvihuonekaasuja. Päästölähteistä suurin on fossiilisten polttoaineiden käyttö energiantuotannossa ja liikenteessä. (Ilmasto.org.) Savolaista EKO-pientaloa suunniteltaessa ja rakennettaessa nämä edellä mainitut seikat on otettu huomioon ja talot toteutetaan aina parhailla tiedossa olevilla ekologisilla materiaaleilla.

2.1 Ympäristöluokittelijat

Ympäristöluokitusten tarkoituksena on pienentää rakentamisen ja rakennuksen käytönaikaista ympäristövaikutusta. Rakennusten ympäristösertifiointijärjestelmiä on noin sata, joista puhtaasti kansainvälisiä järjestelmiä ovat vain Englannista lähtöisin oleva BREEAM ja USA:ssa kehitetty LEED. (Metla 2011). Muita kansainvälisesti tunnettuja luokittelijoita ovat: GBC-Canada, DGNB, ja GBC-Australia.

Luokituksen helpottamiseksi on laadittu materiaalitietokantoja, joissa on tiedot materiaalien ympäristövaikutuksista. Tähän mennessä suurin materiaalitietokanta on ollut Ökobau.dat, mutta METLA:n nykyinen luonnonvarakeskus, Luke on ollut kehittämässä uutta PEnA-tietokantaa (Platform for Environmental Assessment of Buildings) ja se onkin jo kokeilukäytössä. PEnA hyödyntää avoimia materiaalitietokantoja ja tuottaa vapaasti käytettäviä työkaluja standardien mukaisten laskelmien tekemiseen.

Green Building-neuvostoihin rakennuttaja voi lähettää tiedot suunnitteilla olevasta rakennuksesta ja korvausta vastaan nämä luokittelijat antavat rakennukselle sertifikaatin rakennuksen ominaisuuks-

sien mukaan. Luokitukset toimivat laatujärjestelmien tavoin ympäristötavoitteiden asettamisen, seurannan ja dokumentoinnin helpottamisessa. Ympäristöluokitukset ovat johtamisen väline ja markkinoitustyökalu. Ympäristöluokittelu palvelee erityisesti kansainvälisessä kiinteistöbisneksessä toimivia tahoja sekä ulkomaille rakentavia suomalaisyrityksiä. Kansainväliset luokitukset ovat arvostettuja tuotemerkkejä – julkisuuskuva. (GBC-Finland.)

2.2 Ympäristöluokitustyökalut

Hyvän ympäristöluokitustyökalun ominaisuuksiin kuuluu ohjata suunnittelua ja auttaa johtamisessa, se ei ole vain arviointityökalu. Hyvä ympäristötyökalu kattaa laajasti rakentamisen eri ympäristönäkökulmat ja on helppokäyttöinen sekä läpinäkyvä kaikille toimijoille. Hyvän luokitustyökalun tulee olla kansainvälinen, jotta maailmanlaajuiset toimijat voivat paremmin verrata rakennusprojektejaan. Sen pitää täyttää koko alan todelliset tarpeet: käyttäjät, urakoitsijat, kehittäjät, sijoittajat sekä sopia paikallisiin olosuhteisiin, säädöksiin, ilmastoon ja toimitusketjuihin. (Figbc.fi.)

Kansainväliset ympäristötyökalut sisältävät painotuksia, jotka eivät välttämättä paranna suomalaisen rakennetun ympäristön vihreyttä samassa suhteessa kuin jollakin toisella ilmastoalueella. Näitä painotuksia ovat mm. painovoimainen ilmanvaihto, valkeat tai värilliset katot ja sadeveden keräysaltaat. Kansainvälisten ympäristötyökalujen käyttö on hyödyllisiä vain silloin, kun liiketoiminnassa on yhteyksiä kansainvälisiin toimijoihin ja kansainväliset investoijat ovat mahdollisina sijoittajina/ostajina. Tai jos yritys toimii monessa eri maassa ja haluaa yhteisen työkalun ympäristöjohtamiseen. (GBC-Finland.)

Ympäristötyökaluja ja -luokittelijoita on siis useita, mutta tässä opinnäytetyössä käsitellään tarkemmin vain kolmea suurinta ja kotimaista ympäristötyökalua. Suurimpina työkaluina voidaan pitää pohjois-amerikkalaista LEED:iä, Iso-Britannian BREEAM:ia sekä saksalaista DGNB:n luokitusjärjestelmää. Suomalainen ympäristöluokitus on nimeltään PromisE.

2.3 Green Building Council Finland

Suomalaista kestävän kehityksen tietotaitoa ylläpitää sekä jäsenistöään Suomessa ja ulkomailla edustaa Green Building Council-Finland. GBC-Finlandin toimialaa on rakennettu ympäristö ja sen elinkaari. GBC-Finland:in keskeisempinä tavoitteina ovat rakennettuun ympäristöön liittyvien kestävän kehityksen käytäntöjen ja kiinteistöjen ympäristöluokitusten kehittäminen. Päämääränä on ottaa kestävän kehityksen näkökulma osaksi kiinteistö- ja rakennusalan toimenpiteitä. (GBC-Finland.) GBC-Finlandin elinkaarimittarit mahdollistavat kiinteistö- ja rakennusalan kestävän kehityksen mukaisen numeerisiin arvoihin perustuvan johtamisen. Kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti suunniteltu, toteutettu ja ylläpidetty kiinteistö luokitellaan mm. ympäristötehokkuuden ja käyttäytyvyisyyden mukaan. Hanke pisteytetään tiettyjen kriteereiden mukaisesti ja sille annetaan arvo-

sana, joka kuvaa sen ympäristöominaisuuksien laatua. Luokituksen tekee aina järjestelmän ylläpitäjän akreditoima ammattilainen, joka on koulutettu järjestelmän käyttöön. Luokitus perustuu uusien kohteiden osalta laskennallisiin tuloksiin ja jo olemassa olevien kohteiden kohdalla kohde todellisiin saatuihin tuloksiin. Sitä mitä mitataan, voidaan paremmin johtaa ja kehittää. (GBC-Finland.)

Elinkaarimittarit tarjoavat laajan kokonaisuuden, jonka avulla voidaan seurata sekä taloudellisia, käyttäjien viihtyvyyden että energia- ja hiilitehokkuuden tavoitteita kestävässä rakentamisessa. Osa mittareista soveltuu paremmin uusiin hankkeisiin ja osa käytönajan kulutuksen valvomiseen ja johtamiseen (Taulukko 2). Kestävän kehityksen ajattelu korostuu kiinteistö- ja rakennusalalla kokoajan enemmän. Alan toimijat ovat halunneet parantaa kommunikointia ja yhtenäistää toimintatapoja, minkä seurauksena Suomeen perustettiin Green Building Council Finland / GBC Finland 19.4.2010.

PromisE -ympäristöluokitus on suomalainen ympäristötyökalu ja se on tarkoitettu kiinteistöjen markkinointiin ja kehittämiseen. Sen tarkoituksena on arvioida rakennusten suurimpia ympäristövaikutuksia helppokäyttöisiä ja varmoja elinkaarimittareita käyttäen. Elinkaarimittausten tulokset pisteytetään ja kiinteistö saa luokituksen. Luokituksen seurauksena rakennuksen käyttäjän tai omistajan on helppompi ymmärtää esimerkiksi kiinteistön tuleva energian tarve. Rakennukset luokitellaan A, B, C, D tai E-luokkaan. Arvosteluasteikossa paras luokka on A ja heikoin E. Parhaan luokituksen saamiseen vaaditaan korkealuokkaista suunnittelua ja materiaaleja. A- luokituksen Suomessa saaneita rakennuksia on 1–2 prosenttia rakennuksista. E-luokkaan kuuluvat ovat niin sanottua normaalia perustaso, johon suuri osa rakennuksista sijoittuu. Jos kiinteistön elinkaarimittausten perusteella se ei yllä E-tasoon, se jää ilman luokitusta. PromisE:lla on luokiteltu viimeisen 10 vuoden aikana noin 1 500 suurta kiinteistöä, joita ovat mm. Kesko, Senaatti, SOK, Tapiola, VVO. (GBC-Finland.)

TAULUKKO 2: Rakennusten elinkaarimittarit – kahdeksan mittaria kestäväan kiinteistöjohtamiseen (GBC-Finland.)

VAIHE	MITTARI	MITTARIN TARVE JA TAVOITTEET	MITÄ JA MITEN MITATAAN	YKSIKKÖ
HANKE	E-LUKU	Laskennallinen energiamuotojen kertoimilla painotettu ostoenergian tarve	Rakmk D3 2012	-
	ELINKAAREN HIILIJALANJÄLKI	Mahdollistaa vähähiilisten ratkaisujen suunnittelun, arvioinnin ja vertailun, jotta elinkaaren hiilipäästöjä voidaan hallita.	Kasvihuonekaasupäästöjä. Elinkaari rakennustuotteista käytön kautta purkamiseen, EN 15978-standardi	kg CO2e
	ELINKAARIKUSTANNUS	Mahdollistaa elinkaarikustannusten optimoinnin suunnittelussa, jotta pääoma ja käyttökulut ovat tasapainossa	Rakentamis- ja käyttökustannuksia nettonykyarvona. Sisältää energian hinnan kehityksen. EN 15643-4-standardi	€
	SISÄILMALUOKKA	Asettaa tavoitteita ominaisuuksille, joilla varmistetaan käyttäjien hyvinvointi rakennuksessa.	Mm. lämpöolosuhteet, ilmanlaatu, lämpötila, valaistus. Sisäilmastoluokitus 2008 mukaisesti.	S1, S2, tai S3
KÄYTTÖ	ENERGIAN KULUTUS	Mittaa kiinteistön ja sen käytön todellista energiankulutusta, kaikki energiamuodot	Kiinteistössä käytettyä energiaa. Tulos voidaan sääkorjata. Rakmk D5 2012	kWh
	KÄYTÖN HIILIJALANJÄLKI	Mittaa kiinteistön tai salkun päästötasoa vuositasolla ja toimenpiteiden vaikutusta	Kiinteistöjen hiilipäästöjä. Tulos voidaan sääkorjata. GHG Protocolin mukainen	kg CO2e
	POHJATEHO	Auttaa tunnistamaan ja poistamaan tarpeetonta kulutusta kiinteistössä	Mittaa järjestelmien sähkön kulutusta alimman käytön tai tyhjäkäytön aikana	kW
	SISÄYMPÄRISTÖÖN TYYTYVÄISET	Auttaa tunnistamaan orastavia ongelmia käyttäjien tai rakennuksen terveydelle	Mittaa sisäympäristön eri osaluokkiin tyytyväisten käyttäjien osuutta	%

2.4 BRE, Building Research Establishment (UK)

BRE on riippumaton ja puolueeton tutkimukseen pohjautuva konsultti-, testaus- ja koulutusorganisaatio, joka tarjoaa asiantuntemusta jokaisella rakennetun ympäristön ja teollisuuden alalla. He auttavat asiakkaitaan luomaan laadukkaampia, turvallisempia ja kestävämpiä tuotteita sekä auttavat kehitystyössä. (BRE, UK.)

BRE on Isossa-Britanniassa toimiva järjestö, jonka asiantuntijat auttavat parempien pientalojen, yritysrakennusten ja ostoskeskusten rakentamisessa. Yritys tarjoaa asiantuntijoita, puolueetonta tutkimusta, tietotaitoa ja neuvoja ympäristöystävälliseen rakentamiseen. BRE auttaa mm. valtioita ja kuntia sekä teollisuutta voittamaan rakentamisen haasteet. Nykypäivän taistelu ilmastonmuutosta vastaan sekä merkittävät taloudelliset ja sosiaaliset haasteet ovat myös BRE:n asialistalla. (BRE, UK.)

BRE:n käyttämä ympäristön arviointimenetelmä on BREEAM: Building Research Establishment's Environmental Assessment Method. Se on yksi maailman johtavia rakennusten ympäristövaikutusten arvioijia ja luokittelijoita. Jo 425 000 kohdetta on saanut BREEAM-sertifikaatin ja se on tehnyt jo noin 2 miljoonaa rekisteröityä kiinteistöarviointia vuodesta 1990. BREEAM-sertifioituja kohteita on Suomessa 15, joita ovat muun muassa: KOy Vantaan Honkatalot, Spondan Unionin ja Fabianinkadun kiinteistön korjaus, Business Park Polaris, ja Lahden Duo 2. (BRE, UK.)

BREEAM asettaa laatuvaatimukset kestäväälle rakentamiselle ja suunnittelulle ja BREEAM:ista onkin tullut yksi kattavimmista ja tunnetuimmista ympäristötyökaluista. Se rohkaisee suunnittelijoita, rakentajia ja muita asiakkaitaan ajattelemaan energiantaloudellisesti ja päästöttömämmin. Hiilidioksidipäästöjen alentaminen on yksi BREEAM:in tavoitteista. BREEAM käyttää arvioinneissaan laajasti tunnettuja mittareita, jolle on annettu viitearvot; rakennusmääräykset, suunnittelu, rakentaminen ja käyttö. BREEAM:in käyttämät mittarit sisältävät laajan kattauksen luokkia ja kriteerejä energiasta ekologisuuteen. Ne sisältävät energiantuotantoon, vedenkulutukseen, terveyteen ja hyvinvointiin, saasteisiin, kuljetuksiin, materiaaleihin, jätteisiin, ekologiaan ja johtamisprosessiin liittyviä näkökulmia. (BRE, UK.)

BREEAM:in elinkaarimittarit (BRE, UK):

- energia; käytetty energia ja CO₂-päästöt
- johtaminen; johtamistavat, työnjohto, hankinnat
- terveys ja hyvinvointi; melu, valo, sisäilmanlaatu
- kuljetukset; työnaikaiset kuljetukset ja sijainti
- vesi; kulutus ja tehokkuus sisällä ja ulkona
- materiaalit; rakennusmateriaalien elinkaari ja päästöt
- jätteet; rakennuksen- ja käytönaikaisten jätteiden huolellinen kierrätys ja minimointi
- maankäyttö; tontin tyyppi, rakennuksen sijainti
- saasteet; ulkopuoliset ilman- ja vedensaasteet
- ekologia; ekologinen arvo, säilyttäminen.

2.5 LEED ja Green Building Council United States

”Laadukkaammat rakennukset ovat perintömme.” U.S. Green Building Council (USGBC) on pohjois-amerikkalainen vihreää rakentamista edistävä järjestö. Se ja sen yhteistyökumppanit muuttavat tapaa, jolla rakennuksia ja suurempia kokonaisuuksia suunnitellaan, rakennetaan ja käytetään. Laadukkaammalla rakentamisella saadaan ympäristö ja ihmiset voimaan paremmin. Ihmisille on suotava parempia, valoisampia, terveellisempiä tiloja asua, työskennellä ja leikkiä. Laadukas ekologinen rakentaminen antaa enemmän sekä ympäristölle ja taloudellisuudelle. (USGBC.)

Suurempi rakennustehokkuus voi kuluttaa jopa 85 prosenttia vähemmän energiaa ja vihreällä rakentamisella voidaan luoda uusia työpaikkoja. USGBC:hen kuuluu 193 000 LEED-ammattilaista, 12

800 jäsenorganisaatioita. Lisäksi henkilöitä, ryhmiä, rakennuttajia, ympäristöihmisiä, voittoa tavoittelemattomia yrityksiä, opettajia, opiskelijoita, lainsäätäjiä ja kansalaisia, joilla on samat tulevaisuuden näkymät kestävän rakentamisen ja ympäristön käytön suhteen. (USGBC.)

LEED eli Leadership in Energy and Environmental Design (USGBC, US) on Green Building Council United States:in käyttämä ympäristön arviointimenetelmä. LEED on laajimmin maailmalla tunnettu ja käytetty ekologiseen ja ekonomiseen rakentamiseen käytetty työkalu. LEED sertifioi 1.5 miljoonaa neliometriä rakennusalaan 135 maassa joka päivä. LEED on sertifikaatti rakennuksille, kodeille ja yhteisöille, joka ohjaa niiden suunnittelua, rakentamista, käyttöä ja ylläpitoa. Laatuluokkia rakennuksille LEED:illä on kolme, Silver, Gold ja Platinum. LEED-sertifioituja rakennuksia on Suomessa 40, Silver 13, Gold 23, Platinum 4. Muun muassa KOy Lintulahdenvuori (Platinum), Nordea, Kauppakeskukset Sello, Kaari, Trio ja Skanssi, sekä Moveres Business Garden. Tätä kirjoitettaessa LEED:iin osallistuu yli 54 000 projektia joihin kuuluu yhteensä 10,1 miljardia neliometriä pinta-alaa. (USGBC.)

Vihreän rakentamisen yhtenä osana LEED:issä on rakennuksen käyttöikä. Pienimmillään luokituksen saavan rakennuksen elinkaari voi olla 40 vuotta ja parhaimman luokituksen saaneen rakennuksen 60 vuotta tai enemmän. Rakennuksen eri osien eripituiset käyttöiät on huomioitu siten, että noin 20 vuoden kuluttua rakennuksen valmistumisesta osa järjestelmistä ajanmukaistetaan. (USGBC).

LEED: in elinkaarimittarit (USGBC):

- vastuullinen rakentaminen
- vedenkulutus
- energiatehokkuus
- materiaalivalinnat
- sisäympäristön laatu.

2.6 DGNB-Deutsche gesellschaft für nachhaltiges bauen

”Kestävän rakentamisen konsepti.” (Dgnb.de). Saksan kestävän rakentamisen neuvosto on nimeltään DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen). DGNB on järjestö, jonka sertifiointijärjestelmä arvioi rakennusten ja kaupunkilähiöiden sitoutumista kestävän rakentamisen tavoitteisiin. Neuvoston menetelmänä on laajapohjainen järjestelmä, joka laajuudessaan ylittää vanhemman hyvin tunnetun kolmen pilarin mallin tavoitteet, jossa tarkastelussa on ainoastaan sosiaaliset, ympäristölliset ja taloudelliset kestävän rakentamisen tavoitteet.

DGNB-Navigator on DGNB:n käyttämä ympäristötyökalu, joka on ensisijaisesti suunniteltu rakennuksia, materiaaleja ja käyttöikää silmällä pitäen. DGNB:n systeemi kattaa kaikki kestävän rakentamisen kannalta keskeiset näkökulmat, joita ovat ympäristö, taloudellisuus, sosiaalikuluttuuri ja käytännöllis-

syys sekä tekniikka, prosessit ja työmaa. Edellä mainituista ympäristö, taloudellisuus, sosiaalikkulttuurisuus ja käytännöllisyys painavat DGNB-Navigatorsissa saman verran (Taulukko 3). Tämä tarkoittaa sitä, että DGNB ottaa huomioon niin taloudellisen kuin ekologisenkin näkökulman yhtä suurella vakavuudella. Arvio perustuu aina rakentamisen koko prosessiin ja käyttäjämukavuuteen. (Dgnb.de.)

On ratkaisevaa, että DGNB ei arvioi yksittäisiä mittaustuloksia vaan yleistä rakennuksen tai lähiön tilaa. Laatuluokkia rakennuksille DGNB:llä on kolme: kulta, hopea ja pronssi. Kultaisen laatuserifiikaatin saamiseksi rakennuksen on täytettävä 80 prosenttia asetetuista vaatimuksista. Käytännössä sertifikaatin saamiseksi DGNB:lle lähetetään tiedot talosta, muusta kiinteistöstä tai lähiöstä ja DGNB:n asiantuntijatiimi tekee kohteesta laatuluokituksen. DGNB-sertifikaatin voi hakea jo olemassa olevalle tai uudelle talolle. Jos on rakennettu useampia, täysin samanlaisia taloja, voidaan tällöin antaa ns. sarjasertifikaatti. (Dgnb.de.)

DGNB-sertifiointijärjestelmä on yksilöllisesti joustava. Kestävälle rakentamiselle on olemassa monia laatujärjestelmiä. DBNG on sarjassaan ainutlaatuinen. Se tarjoaa puolueettoman kuvauksen ja arvioon rakennusten sekä lähiöiden kestävydestä. Laatu arvioidaan kattavasti rakennuksen koko elinkaarta ajatellen. DGNB-sertifikaatti on kansainvälinen sertifiointijärjestelmä. Koska systeemi on joustava, se voidaan suunnitella yksilöllisesti rakennuksen tarpeisiin ja jopa kohtaamaan maakohtaiset vaatimukset. Siinä on jopa 50 kestävyyskriteeriä koskien ekologisuutta, taloudellisuutta, sosiokulttuurisia näkökantoja, teknologiaa, työmenetelmiä ja työmaata. Systeemi perustuu tunnettuihin ja tavallisiin konsepteihin. DGNB antaa myös etukäteissertifikaatteja, joita voi hakea jo suunnitteluvaiheessa. (Dgnb.de.)

DGNB-Navigator huomioi rakennusmateriaalit suurimpana päästöjen aiheuttajana rakennusteollisuudessa. Näiden rakennusmateriaalien ekologisuuteen panostaminen on tärkeää. Elinkaarensa aikana materiaalit kuluttavat ja saastuttavat jokainen eri tavalla. Elinkaarikustannuksia tulee tarkastuksista, huollosta ja rahaa kuluu myös puhtaanapitoon ja mukavuustekijöihin. Navigator on työkalu, jota suunnittelijat, arkkitehdit, rakennuttajat, valmistajat ja tilaajat käyttävät valitessaan kestäviä ja taloudellisia materiaaleja koteihin ja muihin rakennuksiin. (Dgnb.de)

TAULUKKO 3. Saksalaisen DGNB:n elinkaarimittarit (Dgnb.de).

MITTARI	Ekologinen laatu (22,5%)	Sosiokulttuurinen ja funktionaalinen laatu (22,5%)	Ekonominen laatu 22,5%	Tekninen laatu	Prosessin laatu
MITÄ MITATAAN	Ekobalanssi: emissiot Paikallisuus Lean Materiaalit Primäärienergia Puhdas- ja jätevesi	Lämpö Melu Saasteet Sisäilmasto Ulko-olosuhteet Rajat/rajattomuus	Elinkaarikustannukset Muuntojoustavuus Markkinoitavuus	Rakennusfysiikka Palo Lämpö Ääni	

2.7 Elinkaarimittareiden vertailua

Tässä tutkimuksessa tekemääni selvitykseen, jossa käsitellään elinkaarimittareiden eroavaisuuksia, on otettu mukaan kolme maailman suurinta ja merkityksellisintä elinkaarimittaria sekä yksi suomalainen elinkaarimittari. Kaikille suurille tutkinnassa olleille elinkaarimittareille on tunnusomaista ottaa kantaa energian- sekä vedenkulutukseen.

Suomalaisessa elinkaarimittarissa vedenkulutusta ei ole erikseen mainittu. Sisäilmanlaatu ja viihtyvyys sekä materiaalit ovat myös tärkeitä tarkastelun kohteita kaikille tutkimuksessa mukana olleille elinkaarimittareille. Rakentamisesta johtuvien päästöjen mittaaminen on tärkeänä esillä kaikissa muissa elinkaarimittareissa paitsi pohjoisamerikkalaisessa LEED:issä. Pohjoisamerikkalainen LEED painottaa sen sijaan vastuullisuutta rakentamisessa. Sekä suomalainen, saksalainen että isobritannialainen elinkaarimittari mainitsee tärkeäksi rakennuksen pitkän käyttöiän. DGNB (GER) ja DGNB-Finland painottavat ainoina mittareina rakennuksen pohjatehoa.

Pohjateho kuvaa rakennuksen energian kulutusta silloin, kun se ei ensisijaisesti kuluta energiaa käyttäjien toimesta. Pohjatehon avulla lasketaan rakennuksen vuodessa käyttämä peruskulutus ja rakennuksen tyhjäkäyttöaikaa mittaava tyhjäkäyttökulutus. Pohjakulutus muodostaa lähes aina suurimman osan kiinteistön sähkönkulutuksesta. Yleensä matalan käyttöasteen rakennuksissa tyhjäkäyttökulutus on käytönaikaista sähkön tarvetta korkeampi. (GBC-Finland.)

BREEAMissa tärkeinä kriteereinä nousevat esille työnjohtaminen, hankinta ja tontin sijainti, näitä edellä mainittuja kriteereitä ei suoranaisesti ole mainittu muiden elinkaarimittareiden agendassa. DGNB sekä GBC-Finland tutkivat myös rakennuksen käyttöön liittyviä asioita. Lisäksi DGNB (GER) mainitsee erikseen rakennuksen teknisen laadun, jossa mitataan mm palo-, lämpö- ja äänieristävyyttä. Näitä parametrejä suomalaisen GBC:n mittarissa ei ole, koska näihin asioihin puututaan rakennusmääräyksissä ja olisi turhaa tutkia samaa asiaa toiseen kertaan.

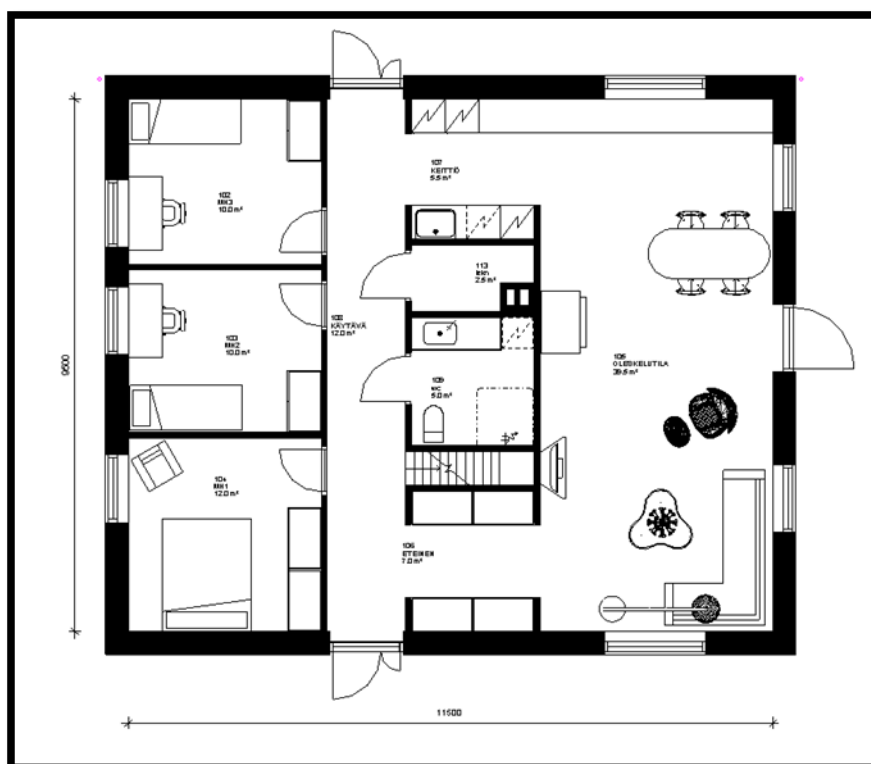
Saksalainen DGNB mainitsee elinkaarimittareissaan useampia asioita kuin muut mittaajat ja vaikuttaa näin ollen painottavan yksittäistä asiaa pienemmällä tärkeydellä ja vaikuttaa näin tarkemmalta elinkaarimittarilta kuin muut.

Suomalaisessa elinkaarimittarissa on sen sijaan mainittu E-luku eli rakennuksen kokonaisenergiankulutus. E-luku lasketaan rakennukseen kohdistuvien ostoenergioiden ja energiamuotojen laskettujen kertoimien tulona, sen yksikkönä on kWh/m²/a. Kulutus lasketaan peruskäytön mukaan. E-luku ei siis ole sama kuin rakennuksen käytönaikainen energiankulutus vaan pelkkä laskennallinen arvo, se ei ota huomioon rakennuksen sijaintikuntaa, ilmansuuntia eikä asukkaiden käyttötottumuksia.

3 SAVOLAISEN EKO-PIENTALON PERIAATE

Keskeisenä ajatuksena savolaisen EKO-pientalon suunnittelussa ovat rakennuksien hajasijoittaminen tontin mahdollisuuksien mukaan: talon läpikäveltävyys (Kuva 1), uuninpankko ja harjakatto talon sisälläkin (Kuva 2). Ekologisuuden tarkastelu-aika on 200 vuotta.

Savolaisen EKO-talon suunnittelun, materiaalivalintojen, rakentamisen, lämmityksen ja asumisen lähtökohdaksi on ollut ekologisuus. Savolaisen EKO-pientalokonseptin avulla kukin rakentaja ja talonvalmistaja voi luoda omanlaisensa talomallin. Materiaaliksi kelpaavat hirsi, betoni tai kivi, kokonaisuudessa on sovellettava savolaisen EKO-pientalokonseptin periaatteita.



Kuva 1. Savolaisen EKO-pientalon pohjakuva. (Riina Pitkänen, Suvi Kirsikka-aho 2014)

3.1 Savolaisen EKO-pientalon ominaisuudet

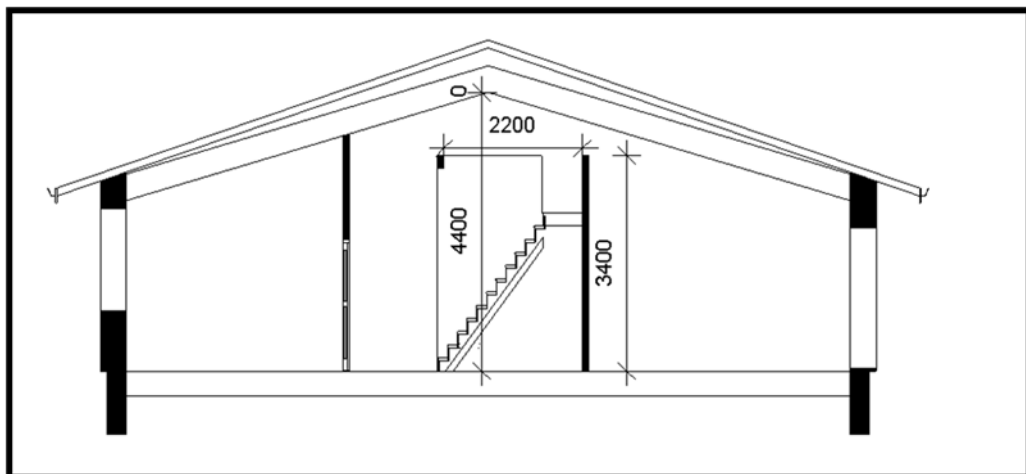
Ekologisesti järkevän rakennuksen täytyy olla energiatehokas ja pitkäikäinen. On myös mahdollista, että yksi perhe asuu talossa vuosikymmeniä. Perheen dynamiikka muuttuu lasten poismuuton myötä ja näin ollen talon on oltava muuntojoustava. (Käräjämies 2014.) Talossa olevia väliseiniä siirretään ja poistetaan kantaviin seiniin kajoamatta tai rakennetaan uutta väliseiniä tarpeiden mukaan.

Savolaisen EKO-pientalon elinkaarta ajatellen on huomioitava asumista tukevat muut tilat. Voi olla tarpeellista jossain elinkaaren vaiheessa rakentaa tontille esimerkiksi autotalli tai halkoliiteri ja tontille on vaivattomasti nämä mahdolluttava.

Savolainen EKO-pientalo on moderni, ekologisesti kestäväällä tavalla rakennettu ja suunniteltu erillispientalo, joka soveltuu myös massatuotantoon.

EKO-pientalon ominaisuuksia (Käräjämies 2014):

- yksikerroksinen
- läpikuljettava käytävä
- uuninpankko
- ekologisuus
- talon oikea koko
- kompakti ja muuntojoustava
- käyttäjän elinkaari
- painovoimainen ilmanvaihto
- materiaalit kestäviä ja korjattavia
- tontilla mahdollisuus pienviljelyyn.



Kuva 2. EKO-pientalon leikkauskuva (Riina Pitkänen, Suvi Kirsikka-aho, 2014)

3.2 Savolaisen EKO-pientalon materiaalivaatimukset

EKO-pientalon materiaaleja valittaessa ekologisuuden kannalta on tärkeää, että ne tuotetaan mahdollisimman lähellä rakennuspaikkaa. Ei ole ekologista käyttää aikaa ja tuhata energiaa siihen, että kuljettaa materiaaleja tuhansia kilometrejä, niitä on saatavilla lähempänäkin. Valituilla materiaaleilla täytyy olla pitkä elinkaari ja niiden huoltamisen ja kierrättämisen tulee olla yksinkertaista ja helppoa.

Materiaalina käytetään mahdollisimman paljon puuta. Muiden rakentamisessa käytettävien materiaalien on oltava vähän jalostettuja ja lähialueella tuotettuja. Laminaattilattian sijaan voitaisiin siis valita esimerkiksi laotalattia. Myös muita kasvipohjaisia tuotteita voidaan käyttää eri rakennusosissa, esimerkiksi puukuitua, sahanpurua ja pellavaa. Materiaalien valmistuksessa pyritään pieneen hukkaan ja tarkoituksena on, että mahdollisesti syntyvä jäte voitaisiin käyttää energian tuottamiseen tai vaikka eristämiseen, kuten sahanpuru. (Käräjämies 2014.)

3.3 Savolaisen EKO-pientalon rakentamisen suunnittelu

Rakennusvaiheessa on ekologisuuden näkökulmasta tärkeää hyödyntää vuodenaikojen vaihtelu ja näin ajoittaa rakentaminen järkevästi. Esimerkiksi perustukset kaivetaan sulaan maahan keväällä, mikä on niin ekologisesti kuin taloudellisestikin järkevämpää kuin talvella kaivaminen. Rakentamisprosessin tulee olla laadukas ja hyvin suunniteltu. Rakennuksesta tehdään kerralla niin hyvä, ettei tarvitse heti korjata ja huoltaa. Jotta rakennusprosessi olisi laadukas, sen tulisi olla mahdollisimman lyhyt. Työtapojen ja menetelmien tulee olla tehokkaita ja työtekniikat selvitetään jo suunnitteluvaiheessa, jotta rakentamisen aikana toiminta olisi mahdollisimman tehokasta. (Käräjämies 2014.)

Rakennuspaikan valinnassa rakennusta siihen suunniteltaessa huomioidaan ilmansuunnat ja muut rakennuspaikkaan liittyvät asiat, kuten esimerkiksi maaperä. Nämä seikat vaikuttavat rakennuksen lämmitysjärjestelmän, jäähdytyksen ja valaistuksen suunnittelussa. Rakennuksen muodon tulisi olla yksinkertainen, esimerkiksi suorakaide. Yksinkertaisen muotoinen talo on energiatehokkaasti toimiva (Kuva 3). Viileänä mukavammaksi koetut tilat kuten esimerkiksi makuuhuoneet sijoitetaan rakennuksen reunoille ja lämmin oleskelutila keskelle rakennusta. Leivinuuni, takka tai muu lämmönlähde sijoitetaan keskelle rakennusta. Näin rakennuksen lämmittäminen on mahdollisimman energiatehokasta ja edullista. Rakennuksen ilmanvaihto on oltava painovoimaista ja talossa tulee olla poistuvan lämpimän ilman talteenotto. (Käräjämies 2014.)



Kuva 3. Savolaisen EKO-pientalon pihapiiri (Riina Pitkänen, Suvi Kirsikka-aho 2014.)

3.4 Savolaisen EKO-pientalon ekologisuus ja ekonomisuus

Kestävän kehityksen perusajatuksena on biologisen monimuotoisuuden ja ekosysteemin toiminnallisuuden suojeleminen sekä aineellisten ja taloudellisten toimintojen suhteuttaminen luonnon sietokyvyn kannalta. Ekologisen rakentamisen olennaisena osatekijänä on varovaisuusperiaatteen noudattaminen. Ennen rakennustoiminnan aloittamista on arvioitava haitat ja kustannukset sekä mahdolliset riskitekijät. Ympäristölle mahdollisesti aiheutuneiden vaurioiden korjauksen maksaa niiden haitanaiheuttaja. (Ympäristöministeriö).

Ekologisia rakennusmateriaaleja käytettäessä hiilidioksidipäästöt ovat pienempiä. Esimerkiksi kuljetuksista ja materiaaleista johtuvat hiilidioksidipäästöt ovat katemateriaaleista bitumihuopakatolla 15,9 prosenttia alhaisemmat kuin konesaumatuilla peltikatteella. Yläpohjarakenteissa liimapuupalkilla on 64,1 prosenttia pienempi CO₂-ekvivalentti kuin betonisella ontelolaatalla. Liimapuupalkeista rakennetulla yläpohjalla on noin 33 prosenttia alhaisempi hiilijalanjälki kuin CLT-yläpohjalla. Ulkoseinä-rakenteena käytettävässä CLT-levyssä lautaverhouksella on 24,1 prosenttia pienempi hiilijalanjälki kuin rankarunkoisen tiiliverhoillun seinän ja 73,3 prosenttia pienempi hiilijalanjälki kuin lämpöharkkorunkoisen seinän. (Lohela 2014.)

Ekologisen kestävyuden keskeiset tekijät koostuvat neljästä pääkohdasta: rakenteiden hiilijalanjälki, energiatehokkuus, tilatehokkuus ja uusiutuvien energialähteiden käyttö. Ekologisuuteen positiivisesti vaikuttavat rakenteiden pitkä elinkaari, helppohuoltoisuus sekä huollosta aiheutuvat työ- ja materiaalikustannukset. Kaikkia olemassa olevia ekologiseen rakentamiseen kuuluvia materiaaleja ja rakennustapoja ei ole aina järkevää toteuttaa täydellisesti, joskus toteuttaminen vaatii ylimääräistä työtä ja suunnittelua ja tämä syö ekologisuutta. Talon suunnittelijat, rakentajat ja asukkaat tekevät omat ratkaisunsa. (Suomen ympäristökeskus.)

Talonkäyttäjän omat mieltymykset ja elämäntavat korostuvat ekologisessa asumisessa yhä enemmän. Käyttäjän tottumus esimerkiksi huonelämpötilan suhteen vaikuttaa energiatehokkuuteen. Nykyisellä normiohjauksella on saatu rakennettua energiatehokkaampia taloja. *"Normiohjaus onkin vienyt rakentamista jo merkittävästi energiatehokkaampaan suuntaan"* (Pekka Hänninen, Ympäristöministeriö). Uusien omakotitalojen asuintilojen ja veden lämmitykseen sekä käyttösähköön kuluu energiaa vuodessa noin 139 kW/m². Vanhempien pientalojen energiankulutus on sen sijaan keskimäärin ollut 364 kW/m², ero on merkittävä. *"Energiatehokkuuden parantamisen ilmastohyöty menetetään, jos taloista rakennetaan aina vain isompia"* (Pekka Hänninen, Ympäristöministeriö).

1970-luvulla yhdellä henkilöllä Suomessa oli 20 neliömetriä asuintilaa kun vuoteen 2013 tultaessa sitä oli jo 40 neliömetriä. Pientaloissa on vielä sitäkin enemmän tilaa asua. Jokaisella pientalossa asuvalla henkilöllä on tänä päivänä käytössään noin 43 neliömetriä. Talojen koko ja ihmisten elintila ovat koko ajan kasvaneet perheeseen piententyessä. Suuret yli 200 neliömetrin kokoisetkaan nelihenkisen perheen talot eivät ole harvinaisia. (Suomen ympäristökeskus.)

Ekologisen ja taloudellisesti järkevän pientalon suunnitteluvaiheessa määritellään kustannukset sekä elinkaari. Suunnittelulla on merkittävä vaikutus materiaalitehokkuuteen. Rakennusmateriaaleilla on oltava elinkaareen nähden pienet ympäristövaikutukset (Taulukko 4). Elinkaariajattelu on paras tapa suunnitella ja rakentaa laadukkaita ja pitkän elinkaaren omaavia kiinteistöjä. (Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta: RIL 216- 2013, 86.)

Energiatehokas talo (Rakennustieto.fi)

- kestävä ja helppohuoltoinen
- saumattomat ja yksinkertaiset rakenteet
- muuntojoustavuus ja käyttöikä
- vaihto-osien kierrätettävyys
- materiaalityyppien pieni lukumäärä
- rakenteiden yhteensopivuus
- ei haitallisia rakennusmateriaaleja.

Taulukko 4. EKO-pientalossa käytettävien päärakennusmateriaalien ympäristövaikutukset (Schroderus 2014).

materiaali	kokonaisenergia[MJ/Kg]	CO ₂ -ekv [g/Kg]	SO ₂ -ekv	POCP
sahatavara	4,30	70,25	1,65	0,69
höylätavara	4,30	70,25	1,65	0,69
liimapuu	8,00	326,39	1,50	1,18
kuitulevy	13,00	424,76	2,71	1,18
kipsilevy	5,00	280,00	1,40	0,06
työmaabetoni	5,48	245,47	0,31	0,03
tasoite	0,56	120,81	0,16	0,004
laasti	1,24	130,00	0,46	0,03
pesty sepeli	0,69	43,22	0,07	(0,000003)
harjateräs	12,43	763,92	1,80	0,18
poltettu tiili	4,50	235,00	0,73	0,03
bitumi	13,15	576,95	2,35	0,44
Yhteensä	72,65	3 287,02	14,79	4,51

4 EKO-PIENTALON ULKOSEINÄRAKENTEEN EKOLOGISUUSTUTKIMUS

Tässä tutkimuksessa on selvitetty Savolaisen EKO-pientalon yleisimmin käytettyjen seinäratkaisujen ekologisuutta hiilidioksidipäästöjen osalta. Savolaisen EKO-pientalon rakennusmateriaalien CO₂ -päästöt rakennusta käyttöönotettaessa ovat eriävät verrattuna siihen, mitä ne ovat 200 vuoden kuluessa.

Ekologisuus riippuu paljon myös siitä, kuka päättää milloin talo tarvitsee huoltoa, kuka talossa asuu ja miten taloa käytetään. Käytönaikaiset päästöt ovat noin 75 prosenttia rakennuksen kokonaispäästöistä. Yksi ihminen maalaa talonsa 15 vuoden välein ja toinen 30 vuoden välein. Energialuokkien väliset erot elinkaaren päästöissä ovat 16–18 prosenttia. Siirtymällä rakennusmääräyksen vaatimasta alimmasta hyväksyttävästä tasosta nollaenergiataloon säästetään noin 39 prosenttia energiankulutuksessa. (Noponen 2012.)

Opinnäytetyön seinärakenteen tutkimuksessa ekologisuuden arviointi perustuu Tikkurilan puutalon ulkomaalausohjeiden mukaiseen huolto-ohjelmaan. Tässä tutkimuksessa ei oteta kantaa rakennusvirheistä tai käytön huolimattomuudesta johtuviin korjauksiin.

Puupintaisen ulkoseinän normaali huoltoväli on noin 15 vuotta. Puupintaan kohdistuva kulutusrasitus riippuu mm. rakennuksen sijainnista ja ilman suunnista. Rannikkoseudulla ja aukeilla paikoilla kulutusrasitukset ovat suurempia kuin sisämaassa. Etelä- ja länsiseiniin kohdistuva auringonvalon aiheuttama ultraviolettisäteily on moninkertainen muihin seiniin verrattuna (Tikkurila puutalon ulkomaalausopas.) Betoni- ja tiiliseinien huoltoon tutkimusväliillä sisältyy ainoastaan pesu/puhdistus ja vähäiset paikkaustoimenpiteet. Taulukossa 5 on esitettyä korjausten lukumäärä eri rakennusosille 50, 100 ja 200 vuoden elinkaaren aikana.

Taulukko 5. Käytönaikaiset korjaustoimenpiteet. (Punkki 2004)

Rakennusosa	Korjausten lukumäärä 50 vuoden elinkaari	Korjausten lukumäärä, 100 vuoden elinkaari	Korjausten lukumäärä, 200 vuoden elinkaari
Perustukset	-	-	-
Kantava runko	-	-	-
Julkisivut ja yläpohjat	-	1	2
Talotekniset järjestelmät	1	2	4
Ikkunat, ovet, lasitukset	1	2	4

4.1 Lämpöharkkoseinä

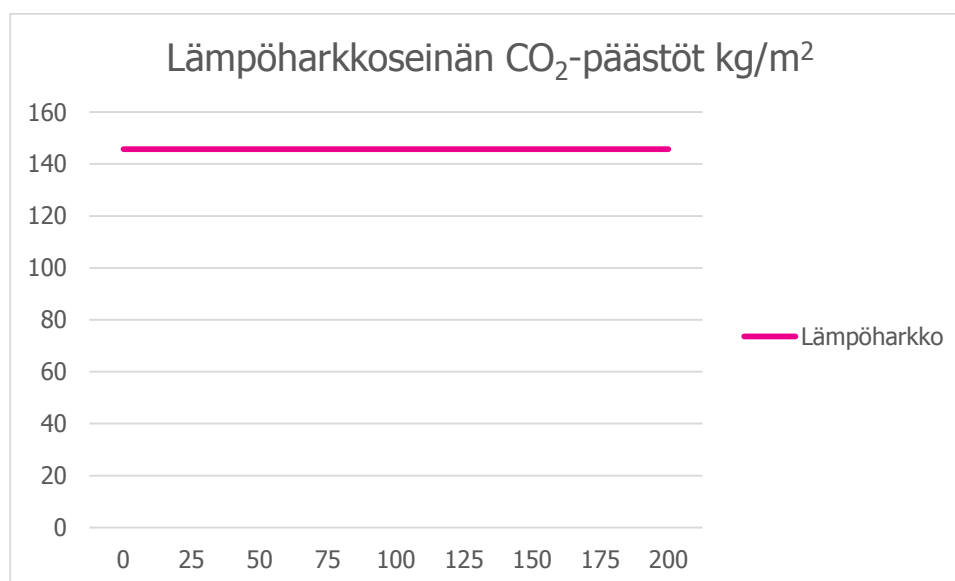
Betoniharkkoseinä, rakennetaan lämpöeristetyistä harkoista (EKO400), julkisivukäsittelyssä käytetään rappausta. On tutkittu, että betoniharkoista tehdyn pientalon seinän CO₂-päästöt ilmakehään ovat käyttöön otettaessa korkeat, 145,66kg/m² (Timo Lohela 2014.) Kuitenkin betonirakenteen pitkä käyttöikä vähentää suhteellista ympäristöarastetta (Taulukko 6)(Kuvio 1).

Talot tulisi suunnitella kestäväksi pitkiä aikoja, tässä selvityksessä se on kaksisataa vuotta. Betonirakennuksen suunniteltu käyttöikä voidaan valita aina 50–200 vuoteen asti. Betoniseinän pitkästä huoltoväleistä johtuen hiilidioksidipäästöt eivät juurikaan kasva rakennuksen käytön aikana. Kuitenkin on oletettavaa, että betoniseinääkin joudutaan pesemään tai rappausta paikkaamaan.

Vertailuseinää ei kuitenkaan maalata vaan se on betonipintainen seinä. Toimenpiteet elinkaaren aikana ovat niin vähäisiä, että näin ollen pienistä korjauksista aiheutuvaa päästöä ei oteta tutkimukseen mukaan. Betoniseinä ei näyttäisi saavuttavan ekologisimman seinän tittelä korkeiden lähtöarvojen takia. Kuviossa 1 US1 esitetään edellä mainitun kaltaisen seinän CO₂-päästöt 0–200v. välillä.

Taulukko 6. Lämpöharkkoseinän CO₂-päästöt 200 vuoden aikana.

	0	25	50	75	100	125	150	175	200
Harkko, EKO 400	145,66	145,66	145,66	145,66	145,66	145,66	145,66	145,66	145,66



Kuvio 1. US1 Lämpöharkkoseinän CO₂-päästöt 200 vuoden aikana.

4.2 Puurankarunkoinen tiiliverhoituseinä

Puurankarunkoinen pientalo on yleisin suomalainen talo. Se on helppo rakentaa ilman erikoistyökaluja ja laitteita. Runko rakennetaan sahatavarasta ja koolaukset yleensä 50 mm paksusta ja 148–200 mm leveästä höylätystä puutavarasta. Puurunko tehdään 600 mm:n jaotuksella eristelevyjen Paroc PC82 leveyden takia ja kantavien väliseinien kanssa siitä muodostuu kantavarakenne, joka kannattelee helposti myös yläpuolisten rakenteiden painon. Ulkopuolelle asennetaan tuulensuojalevy, tuulensuojaeriste tai tuulensuojamuovi jonka päälle tuuletusrimat kiinnitetään.

Tiiliverhouksen taakse jätetään 40–50 mm:n tuuletusrako. (Suomirakentaa.fi). Sisäpuolella on kipsilevy 13mm. Tiiliverhouksen tavoitteellinen käyttöikä on yli 50 vuotta. Tiiliseinät tulisi tarkastaa vähintään kahden vuoden välein sadeveden ja pakkasen aiheuttamien vaurioiden havaitsemiseksi. Tiiliverhouksen tuuletusaukot ja niiden toimivuus tarkistetaan siltä varalta, että ne eivät ole tukkeutuneet muurauslaastista tai muusta roskasta. (Prkk.fi.)

Tiilijulkisivun korjaus tai huolto kohdistuu yleensä likaan ja halkeamiin. Tiilen halkeaminen voi johtua väärin suoritetusta työstä, esimerkiksi liikuntasaumojen puutteellisuudesta. Haljenneita tiiliä voidaan korjata elastisella massalla tai laastilla. Tiilipinnoilla usein esiintyvä lika on peräisin joko ympäristöstä tai muurauslaastista kulkeutunutta vesiliukoista suolaa. Sadevesi voi joskus roiskuttaa likaa verhouksen alimpiin osiin. Puhtaaksi muurattu tiilijulkisivu on helppohoitoinen ja se vaatii vähäisiä huoltotoimenpiteitä. Tiiliverhous ei pidä aina vettä ulkopuolellaan varsinkaan viistosateella. Tällöin vettä voi joutua verhouksen taakse ja tällöin tiiliverhouksen alareunassa olevat aukot päästävät veden ulos ja vaurioita ei synny. Tiiliverhouksen liat poistetaan harjalla ja vedellä. Tiukemmassa oleva lika voidaan kaapia. (Prkk.fi.)

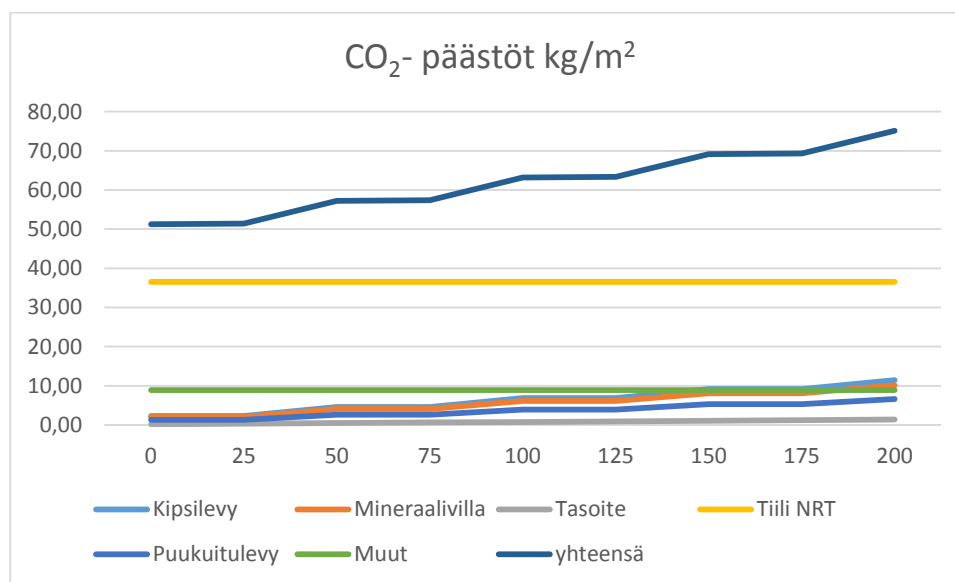
Ensimmäisenä vuotenaan tiiliseinän hiilidioksidi päästöt ovat 51,28 kg/m² (Taulukko 7). 200 vuoden aikana tiiliverhoukselle joudutaan tekemään ainakin pesu- ja puhdistustoimenpiteitä noin 5–10 kertaa riippuen ympäristön tilasta. Huoltotoimet ovat siis verrattain vähäisiä. Tämän vuoksi hiilidioksidipäästöt kasvavatkin kohtuullisen vähän tarkasteluaikana. Päästöarvo 200 vuoden kohdalla on 75,16 kg/m². Kuviossa 2 US2 esitetään edellä mainitun kaltaisen seinän CO₂-päästöt 0–200 vuoden välillä.

Seinän sisäpintana toimivan kipsikartonkilevyn tavoitteellinen käyttöikä on noin 20–30 vuotta. Varsinaista kunnossapitajaksoa ei voida määrittellä, käyttö vaikuttaa korjaustarpeeseen. Kolhut ja vauriot tulee korjata välittömästi ja puhtaanapito suoritetaan pinnasta riippuen. Kipsikartonkilevyn kestävyysominaisuuksia on mahdollista parantaa pinnoittamalla se lasikuitutapetilla. Kulmat suojataan kulmanauhalla tai kulmalistalla käyttöiän pidentämiseksi. Kipsilevyn heikot iskunkestävyys ominaisuudet ovat otettava huomioon käytön aikana. Kipsikartonkilevyt eivät kestä kolhuja ja iskuja yhtä hyvin kuin kivi- tai laminaattiseinät. (Prkk.fi). Sen sijaan, että yritetään poistaa kipsilevystä vanhaa tapettia, voisi parempi ratkaisu olla ylitasoittaminen. Ylitasoittamalla ehkäistään tapetin poistossa kipsilevyn kartonkiin mahdollisesti syntyvät vauriot. Tässä tutkimuksessa kipsilevyn tehdään korjaus tasoitteella 25 vuoden iässä ja 50 vuotta vanha kipsilevy uusitaan. Tämä trendi jatkuu koko rakennuksen elinkaaren.

Kipsikartonkilevyn pääraaka-aine on kalsiumsulfaatti. Kipsilevyjen valmistuksessa voidaan hyödyntää myös kierrätyskipsiä, joka on peräisin rakennustyömaiden ja talotehtaiden leikkuutähteistä. Kierrätyskipsin osuus uudessa levyssä on enintään 5–10 prosenttia. Kierrätyslaitoksessa ei pystytä erottamaan jätteestä kartonkia, siksi peruskorjauksissa usein paljon tulevaa kipsilevyjätettä ei pystytä uudelleen käyttämään kierrätysprosessissa. (Uusio uutiset-lehti.) Kipsilevyn kierrätys on tätä kirjoitettaessa vielä niin pienimuotoista, että kipsilevy on tässä selvityksessä verrattavissa uusiutumattomaan materiaaliin. Mineraalivillan Paroc PC82 käyttöikä on tässä selvityksessä 50 vuotta. Taulukon 7 kohdassa muut tarkoitetaan muoveja ja eristevaahoja.

Taulukko 7. Materiaalin CO₂ -päästöt kg/m² 200 vuoden aikana.

Vuosi	0	25	50	75	100	125	150	175	200
Kipsilevy	2,30	2,30	4,59	4,59	6,89	6,89	9,18	9,18	11,48
Mineraalivilla	2,04	2,04	4,07	4,07	6,11	6,11	8,14	8,14	10,18
Tasoite	0,16	0,31	0,47	0,63	0,79	0,94	1,10	1,26	1,41
Tiili NRT	36,52	36,52	36,52	36,52	36,52	36,52	36,52	36,52	36,52
Puukuitulevy	1,33	1,33	2,65	2,65	3,98	3,98	5,30	5,30	6,63
Muut	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95
yhteensä	51,28	51,44	57,25	57,41	63,22	63,38	69,19	69,35	75,16



Kuvio 2. US2. Tiiliverhoillun rankarunkoisen seinän CO₂ -päästöt 200 vuoden aikana.

4.3 CLT-seinä

Ristikkäin liimattu puulevy eli CLT:tä (Cross Laminated Timber), on tunnettu vahvuudestaan ja ekologisuudestaan. Tiiviytensä ansiosta sitä käytettäessä ei välttämättä tarvita erillistä tuulensuojalevyä. CLT on hyvin suosittu rakennusmateriaali Keski-Euroopassa. CLT-elementti koostuu eri paksuisista

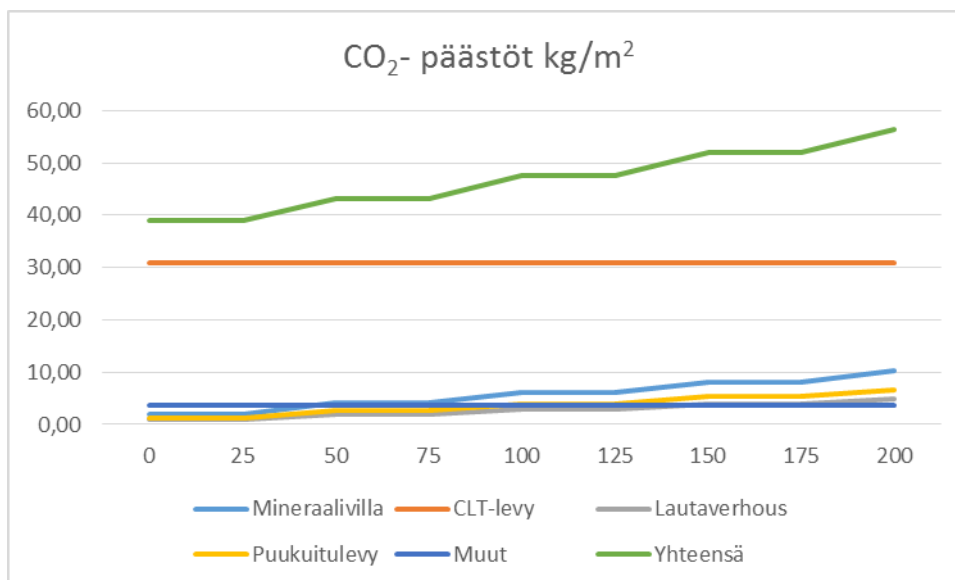
puulevykerroksista, kerroksia voi olla esimerkiksi 3, 5, 7 tai jopa useampia kohteen massiivisuudesta riippuen. Elementin leveys on yleensä 3 metriä ja pituus voi olla suurimmillaan jopa 16 metriä. Suuresta koosta on hyötyä siinä että rakennettavaan seinään tulee vain vähän niin sanottuja elementtien puskuliitoksia. (Puuinfo.fi.)

CLT-runkoinen seinä sekä sen lautaverhous aiheuttaa tutkimusten mukaan ensimmäisenä vuotenaan hiilidioksidipäästöjä vain 38,93 kg/m² (Lohela 2014.) Kuitenkin vertailuajana lautaverhous joudutaan maalaamaan noin 10 kertaa. Maalia 150m²:in kokoisen talon maalaamiseen yhteensä 10 kertaa menee n.140 litraa ja työtunteja satoja. Lautaverhouksen huoltamisen ja uusimisen helppous tekee siitä houkuttelevan seinärakennevaihtoehdon. Maalin CO₂-päästöt ovat olemattomat, mutta merkittävämpiä VOC-päästöjä on ≤130g/l (Tikkurila.fi.) Maalaamiseen ja huoltamiseen ei tarvita erikoisosaamista tai -välineitä ja huoltamiseen ei siis välttämättä tarvita ammatti-ihmistä. Maalaamiseen kuluvaan työn aiheuttamaa CO₂-rasitetta ei tässä tutkimuksessa selvitetty. Lautaverhouksen pieni hiilijalanjälki ei suuresti vaikuta kokonaisen seinärakenteen ekologisuuteen. US3-seinässä suurin yksittäinen päästäjä on runkona toimiva CLT-levy. Elinkaarensa aikana tehtyjen korjaustoimenpiteiden vuoksi CO₂-päästöt nousevat 56,28 kg/m² (Taulukko 8). Vertailtaessa sahatavaraa ja CLT-levyä tiedetään, että liimapuun energian kokonaiskäyttö on melkein kaksi kertaa suurempi ja hiilidioksidiekvivalentti on yli neljä ja puoli kertaa suurempi kuin sahatavaralla. (Lohela 2014).

Liimapuulla on monimutkaisempi ja pidempi tuotantoprosessi kuin sahatavaralle, ja juuri tämän asian vuoksi liimapuun CO₂ -ekvivalentti on myöskin suurempi. Mitä enemmän puumateriaalia jalostetaan, sitä suuremmat ovat myös ympäristövaikutukset. (Schroderus 2014). Kun puuta käytetään rakennusmateriaalina, on huomioitava, että puu on uusiutuvaa hiilidioksidia ilmakehästä sitovaa biomassaa ja näin ollen myös ekologista. Puihin sitoutuva hiilivarasto on pois ilmakehästä niin kauan kuin puu elää ja puisia tuotteita käytetään. (Puuinfo.fi). Taulukon 8 kohdassa muut tarkoitetaan runkoa ja eristemuoveja. Kuviossa 3 US3 esitetään edellä mainitun kaltaisen seinän CO₂-päästöt 0–200v. välillä.

Taulukko 8. US3, Materiaalin CO₂- päästöt kg/m² 200 vuoden aikana.

Vuosi	0	25	50	75	100	125	150	175	200
Mineraalivilla	2,04	2,04	4,07	4,07	6,11	6,11	8,14	8,14	10,18
CLT-levy	30,86	30,86	30,86	30,86	30,86	30,86	30,86	30,86	30,86
Lautaverhous	0,98	0,98	1,96	1,96	2,94	2,94	3,92	3,92	4,90
Puukuitulevy	1,33	1,33	2,65	2,65	3,98	3,98	5,30	5,30	6,63
Muut	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72
Yhteensä	38,92	38,92	43,26	43,26	47,60	47,60	51,94	51,94	56,28



Kuvio 3. US3 Lautaverhoillun CLT- seinän CO₂-päästöt 200 vuoden aikana.

4.4 Puu hiilivarastona

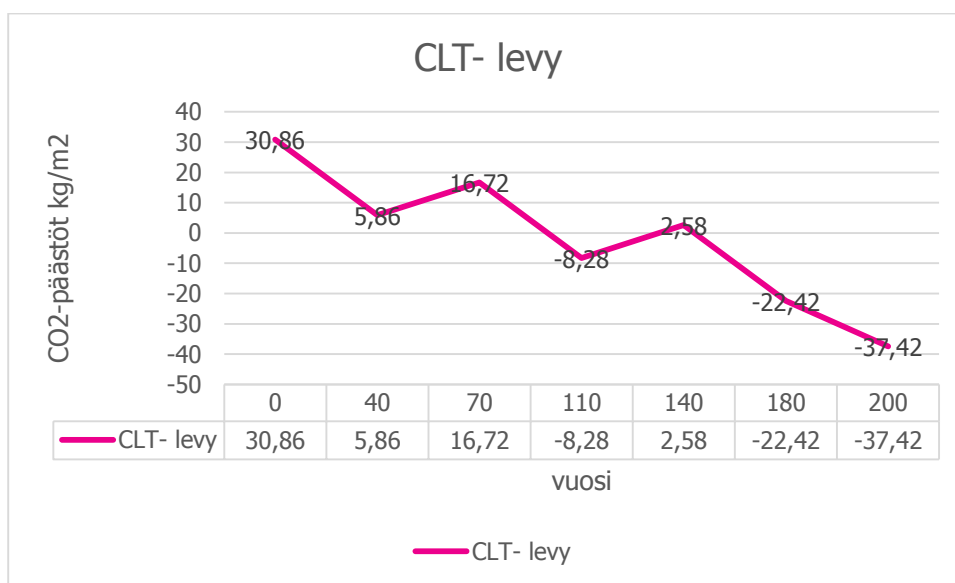
Nykyään metsänkasvatus on otettu osaksi rakennusmateriaalien tuotantoprosessia ja näin ollen on mahdollista suorittaa materiaalien ekologisuuslaskenta jo metsän istutuksesta tai kasvamisvaiheesta. Kasvava biomassa sitoo hiilidioksidia, mutta metsän hakkuiden jälkeen puulle tehtävät toimenpiteet vaikuttavat hiilidioksidin vapautumiseen takaisin ilmakehään. Jos puu päätyy rakennukseen tai designhuonekaluihin, pysyy CO₂ sitoutuneena puuhun parhaassa tapauksessa satoja vuosia. Paperituotteissa hiilivarasto pysyy noin kolme vuotta ja polttamalla puu menettää varastonsa heti ilmakehään. Hakkaamattomana hiilidioksidi pysyy metsän puissa. Puun aikana kuollessa hiilidioksidi vapautuu hiljalleen lahoamisen myötä. (Metsäntutkimuslaitos.)

Tehtaalla tukeista osa menee energiakäyttöön ja vain noin 25 prosenttia puiden aikaisemmin sitomasta hiilidioksidista voidaan katsoa sitoutuneen valmiiseen tuotteeseen. (Liski 2000).

Kuviossa numero 4 on nähtävissä CLT-levyn tai oikeastaan metsästä kaadetun puun hiilidioksidipäästöt 200 vuoden periodilla. Päästöt vähenevät ajan kuluessa, koska kasvava puusto toimii niin sanottuna hiilivarastona, hiilinieluna. 70 vuoden välein puustosta tehdään uusia CLT-levyjä. Uudelleen istutetun metsän katsotaan varastoineen siitä käytetyn hiilidioksidin täydellisesti noin 40 vuodessa, se on noin 100 kg hiilidioksidia.

Jyrkemmin alaspäin suuntautuva kuvaajan kohta kuvaa nuoren puun tehokasta hiilidioksidin sitomista ja loivemmin käyttäytyvä kuvaaja tarkoittaa jo ikääntyneemmän puuston hitaampaa hiilidioksidin sitomista (Kuvio 4). Kaikesta päätellen tässä tapauksessa CLT-levyyn käytetty biomassa sitoo CLT-levyn elinkaaren aikana hiilidioksidia 37,42 kg/m². Jos runkoon sitoutuneesta CO₂:sta nettoute-

taan ekosysteemin ja ilmaston hiilivirrat, tällöin kuvaajan käyttäytyminen puumateriaaleilla olisi seuraavanlainen:



Kuvio 4. CLT-levyn ympäristövaikutukset 200 vuoden aikana.

5 SEINÄRAKENTEIDEN KUSTANNUKSET

Lämpöharkkojen kuljetuskustannukset työmaalle ovat yhdeltä kilometriltä 2,2 €/m² ja materiaalin hinta on 128,09 €/m². CLT-seinärakenteen kuljetuskustannukset työmaalle ovat yhdeltä kilometriltä halvimmat 0,8 €/m², mutta materiaalit ovat kalleimmat 129,83 €/m². Puuronkoisen tiiliverhoillun seinärakenteen kuljetuskustannukset työmaalle ovat yhdeltä kilometriltä 1,26 €/m² ja materiaalin hinta on 123,16 €/m². (Rakennusosien kustannuksia 2013.)

Sata neliötä ulkoseinää sadan kilometrin päähän toimitettuna kustantaisi seuraavasti:

Lämpöharkkoseinän hinta 13 029 €.

CLT-runkoinen lautaverhoillunulkoseinän hinta 13 063 €.

Puurunkoisen tiiliverhoillunulkoseinän hinta 12 442 €. (Kuvio 5)

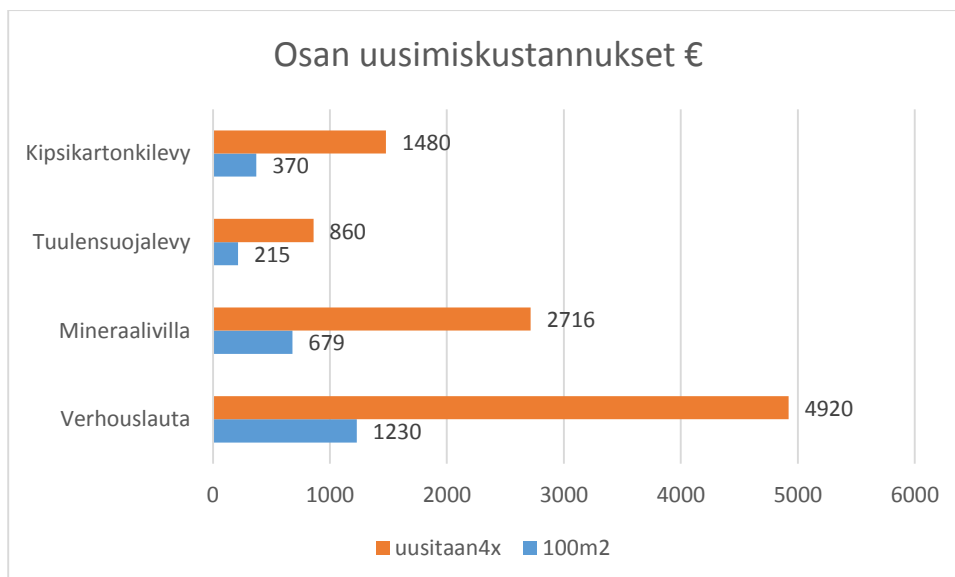


Kuvio 5. Ulkoseinän hinta 100m² 100 km:n päähän toimitettuna.

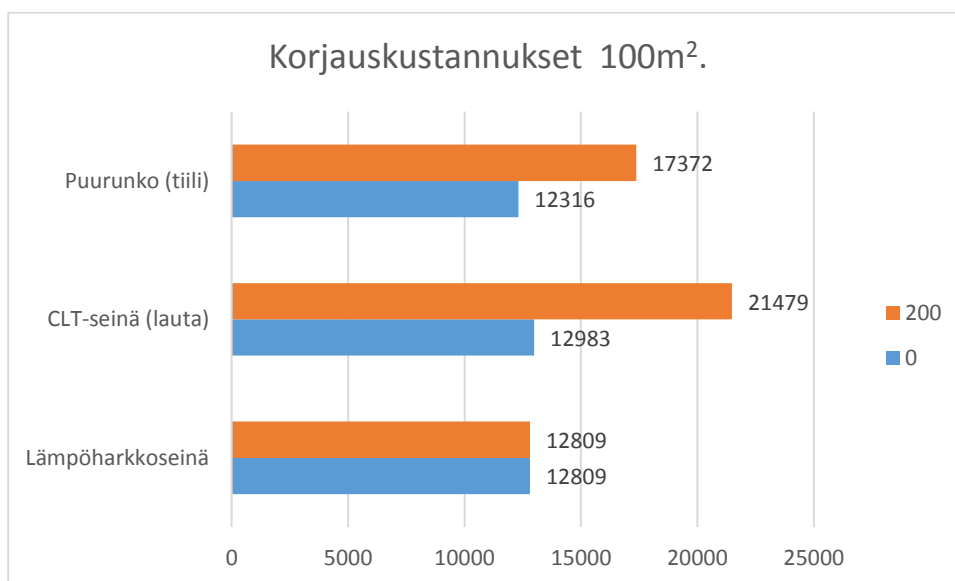
Lämpöharkkoseinän osia ei tarvitse uusia elinkaaren aikana. Maalaus ja tasoitus korjaukset käsitellään tutkimuksessa samanlaisina kuin kipsikartonkilevyn ja CLT-seinän sisäpinnan korjauksetkin. Näin ollen em. toimenpiteet ovat kaikille kolmelle seinätyypille samat ja ne kompensoivat toisensa.

Kahdensadanvuoden elinkaarensa aikana tiiliverhoillun seinän kipsikartonkilevy GN13, eristevilla Paroc PC82 ja tuulensuojalevy uusitaan neljä kertaa. Näistä aiheutuvat kustannukset ovat 50,56 €/m². (Byggmax.)

CLT- seinän eristevilla Paroc PC82, puukuitulevy Hunton 12mm ja lautaverhous 23x145 uusitaan neljä kertaa. Näistä aiheutuvat kustannukset ovat yhteensä 84,96 €/m² (Kuvio 6). Seinärakenteiden kokonaishinnat korjauskustannuksineen 200 vuoden kuluttua näkyvät kuviossa 7.



Kuvio 6. 100m² materiaalia, uusimiseen käytetty raha 200 vuoden päästä.



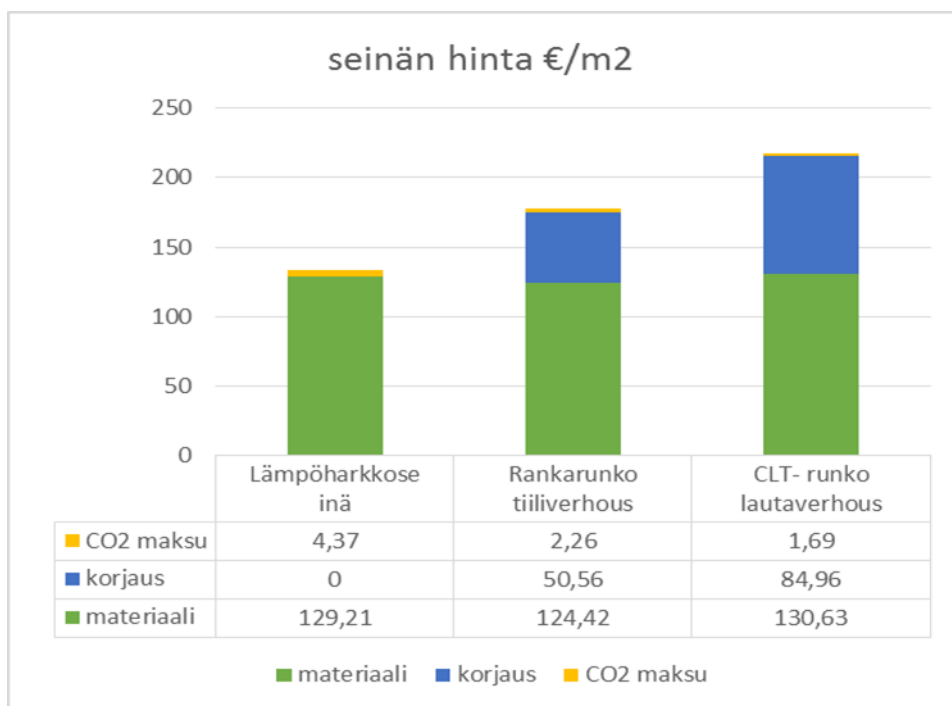
Kuvio 7. Korjauksista aiheutuvat kustannukset 100m²:lle 200 vuodessa ilman työkustannuksia.

6 PÄÄSTÖKAUPAN OSUUS SEINÄRAKENTEEN HINNASTA

"EU:n sisäisen päästökauppajärjestelmän sekä Kioton pöytäkirjan mukaisen kansainvälisen päästökaupan tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen seuraaminen ja hiilidioksidin päästövähennystavoitteiden saavuttaminen mahdollisimman kustannustehokkaasti". (Energiavirasto.)

Päästökauppa on järjestelyä, jossa haitallisia päästöjä tuottavat laitokset ovat velvollisia omistamaan päästömäärän mukaisesti päästöoikeuksia. Päästökaupalla pyritään rajoittamaan haitallisia päästöjä. Suomen päästökauppaviranomaisena toimii, ja päästöluvut myöntää Energiamarkkinavirasto. EU:ssa

toteutettavan päästökaupan piiriin kuuluvat kaikki yli 20 MW:n tehoisten polttolaitosten ja joidenkin teräs-, mineraali- ja metsäteollisuuslaitosten ja prosessien hiilidioksidipäästöt. Päästökaupan piirissä on Suomesta n. 600 yritystä. Päästökaupan hinta oli vuonna 2006 30€ hiilidioksiditonnilta. (Energia-
virasto.) Kuviossa 8 on esitettyä päästökaupan osuus seinärakenteen hinnasta. Hiilidioksidin osuus kokonaishinnasta on niin pieni, että se ei juurikaan muuta diagrammeja.



Kuvio 8. Malliseinän hinta/m² ja päästökaupan osuus.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena ollut seinärakenteiden vertailu saatiin tehtyä. Lopputuloksena saatiin selville seinärakenteiden päästöarvot 200 vuoden elinkaarelle. Taulukossa 9 on lihavoidulla tekstillä merkittynä ne kohdat, joita opinnäytetyön seinärakenteiden ekologisuusvertailussa on käytetty arvioinnin perustana.

Lämpöbetoniharkoista tehdyn EKO-pientalon seinän CO₂-päästöt ilmakehään ovat käyttöön otettaessa korkeat, 145,66 kg/m². Betoniseinän pitkistä huoltoväleistä johtuen hiilidioksidipäästöt eivät juurikaan kasva rakennuksen käytön aikana. Betonirakennuksen käyttöikä voidaan valita aina 50–200 vuoteen asti. Kuitenkin on oletettavaa, että betoniseinääkin joudutaan vertailuaikana pesemään tai paikkaamaan rappausta. Vertailuseinää ei kuitenkaan maalata vaan se on betonipintainen seinä.

Taulukko 9. Rakennuksen elinkaaren moduulit standardin EN 15978 mukaan.

Tummennettuna ovat selvityksessä arvioidut vaiheet.

A 1-3	A 4-5	B	C	D
valmistus	työmaa	käyttö	purku	lisätiedot
A1 raaka-aineen hankinta	A4 kuljetus työmaalle	B1 tuotteen käyttö rakennuksessa	B5 Laajamittaiset korjaukset	elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt ja haitat
A2 kuljetus valmistukseen	A5 työmaa toiminnot	B2 kunnossapito	B6 energian käyttö	
A3 tuotteen valmistus		B3 korjaus	B7 veden käyttö	
		B4 osien vaihto		

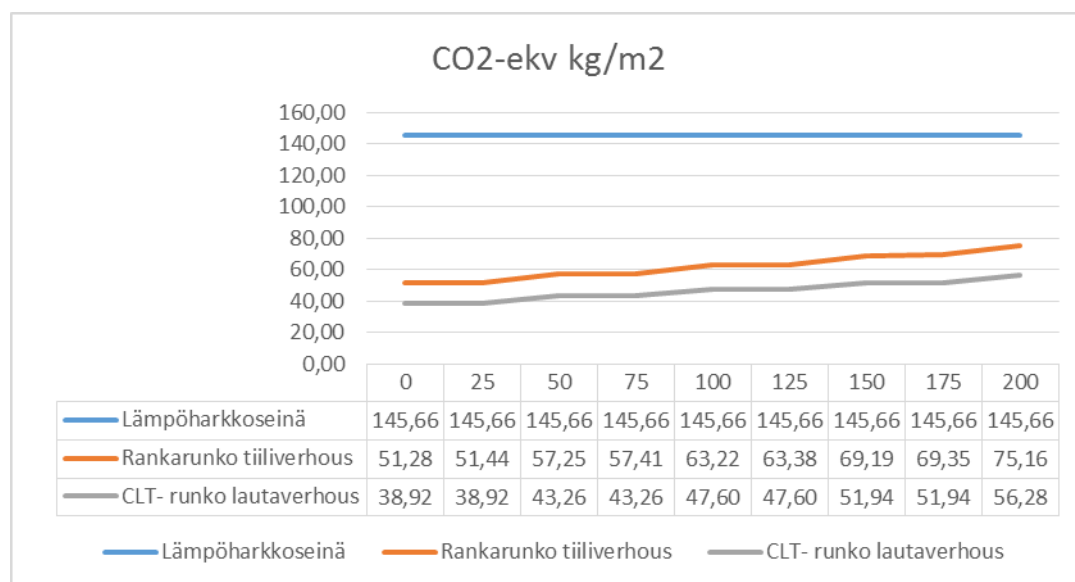
Lämpöharkoista tehdyn talon korjauskustannukset seinärakenteen osalta ovat vertailuseinistä pienimmät. Vaikka seinän korjauskustannukset tutkimuksessa ovatkin nolla euroa elinkaarensa aikana, ei se tarkoita sitä, että seinään ei kohdistuisi mitään toimenpiteitä. Seinää maalataan ja paikataan, mutta niin tehdään myös muille vertailussa oleville seinille, nämä toimenpiteet tässä tutkimuksessa kompensoivat toisensa. Toimenpiteet elinkaaren aikana ovat niin vähäisiä, että niistä aiheutuvaa päästöä ei tutkittu. Lämpöharkoista tehty betoniseinä ei ole ekologisin vaihtoehto, helppohoitoinen se kylläkin on. Korkeat valmistusenaikaiset päästöt ovat syynä epäekologisuuteen. Kuitenkin betonirakenteen pitkä käyttöikä vähentää suhteellista ympäristörasitetta (Kuva 4).

Rankarunkoisen tiiliverhoillun EKO-pientalon seinärakenteen on tutkittu päästävän ilmakehään 51,28 kg/m² CO₂:ta (Lohela 2014) ensimmäisenä vuotenaan. Tämä on kolmesta vertaillusta seinästä

toiseksi vähiten päästävää. Tiiliverhouksen tavoitteellinen käyttöikä on yli 50 vuotta. Suomen vanhimmat tiilirakennukset ovat 1820-luvulta, joten tiiliverhoilu kestää vertailuajan uusimatta. 200 vuoden aikana tiiliverhoukselle joudutaan tekemään ainakin pesu- ja puhdistustoimenpiteitä noin 5–10 kertaa riippuen ympäristön tilasta. Huoltotoimet ovat siis verrattain vähäisiä. Tämän vuoksi hiilidioksidipäästöt kasvavatkin kohtuullisen vähän tarkasteluajana. Lopputuloksena tämän tutkimuksen perusteella on se, että 200 vuoden päästä rankarunkoinen tiiliverhoiltu seinä on halvin seinärakenne ja sijoittuu ekologisuusvertailussa toiseksi (Kuvio 9).

Lautaverhoillun CLT-seinän maalaamiseen tai muuhunkaan huoltamiseen ei tarvita erikoisosaamista tai -välineitä ja tämän vuoksi tavallisen henkilön on helppoa huoltaa sitä. CLT-runkoisessa seinässä itse kantavarakenne eli CLT-levy on suurin yksittäinen päästäjä, 54,8 prosenttia koko seinän CO₂-päästöistä. Jos tarkasteluun otetaan puuston metsässä sitoma hiilidioksidi, niin CLT-levyn käyttö sitoo 37,42 kg/m² hiilidioksidia 200 vuoden tarkasteluajana.

Mineraalivillan prosentuaalinen päästöosuus seinärakenteesta on toiseksi suurin, 18,1 prosenttia. Kolmanneksi materiaaleista sijoittuu tutkimuksessa puukuitulevy, 11,8 prosenttia. Vasta viimeisenä on lautaverhous 8,7 prosentin osuudella päästöistä. Tästä seuraa se, että lautaverhouksen pieni hiilijalanjälki ei suuresti vaikuta kokonaisen seinärakenteen ekologisuuteen, koska seinärakenteen muut materiaalit nostavat hiilidioksidipäästöjä enemmän kuin itse verhous ja ovat näin ollen merkityksellisempiä.

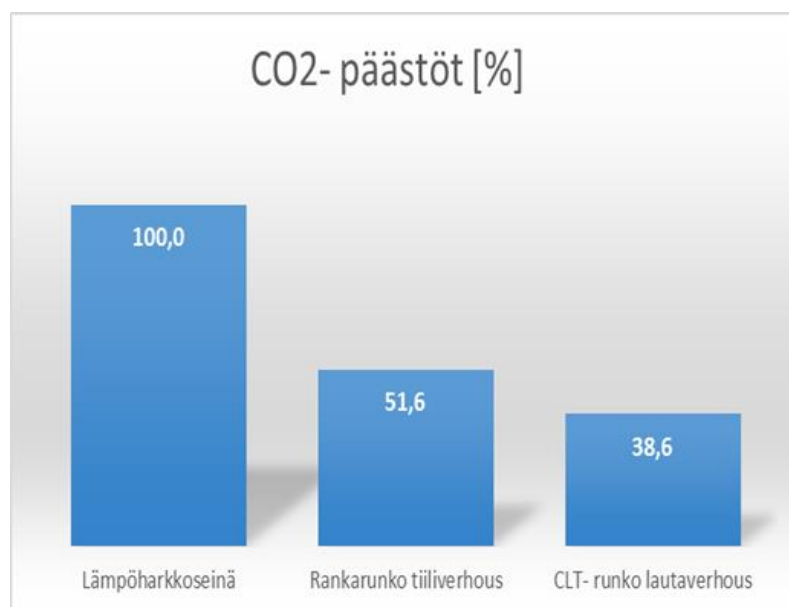


Kuvio 9. Ulkoseinät. Rakennusmateriaalien yhteenlaskettu CO₂- ekvivalentti materiaalien tuottamisesta ja kuljetuksesta työmaalle sekä käytönaikainen huolto.

CLT-runkoinen seinärakenne on tämän tutkimuksen aikana ehdottomasti ekologisin seinärakenne, mutta ei taloudellisin. Sen aiheuttamat päästöt ovat 38,6 prosenttia lämpöharkkoseinän päästöistä (Kuvio 10). 200 vuoden tarkasteluajana 4 kertaa uusittava lautaverhous, tuulensuojalevy ja eristeet

nostavat elinkaarikustannuksia. Näin ollen CLT-runkoinen seinä on 200 vuoden tarkasteluajan päätyttyä 19 prosenttia kalliimpi kuin tiiliverhoiltu rankarunkoinen seinä.

Opinnäytetyötä tehdessäni nousi pinnalle ajatus siitä, että onko edes järkevää tutkia materiaalien ekologisuutta, koska käytönaikaiset päästöt ovat moninkertaiset materiaaleihin verrattuna? Myös ekologisuuden ja ekonomisuuden yhteistä kokonaisuutta voitaisiin tutkia lisää.



Kuvio 10. Savolaisen EKO-pientalon seinävaihtoehtojen elinkaaren hiilijalanjälki.

LÄHTEET

ANTIKAINEN, Riina 2010. Suomen ympäristökeskuksen raportteja. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-09-11] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39822/SYKEra_7_2010.pdf?sequence=1

BRE (UK) [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-12] Saatavissa: <http://bre.co.uk>
Polku: www.bre.co.uk/page.jsp?id=829

BRE, BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT (UK) [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-3] Saatavissa: <http://www.bre.co.uk>

DGNB- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-4] Saatavissa: <http://dgnb.de>

Ekorakentaminen. [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-10] Saatavissa: <http://www.ekotaito.fi/9>
Polku: [ekotaito.fi/9](http://www.ekotaito.fi/9)

Ekorakentaminen. [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-10] Saatavissa: <http://tosiasiat.fi>
Polku: tosiasiat.fi. [ekorakentaminen](http://tosiasiat.fi)

Eura2007.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-3] Saatavissa: <http://eura2007.fi>

Figbc.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-2] Saatavissa: <http://figbc.fi>
Polku: [Figbc.fi](http://figbc.fi). [Elinkaarimittarit](http://figbc.fi)

Figbc.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-3] Saatavissa: <http://figbc.fi>
Polku: [Figbc.fi](http://figbc.fi)./[kira/energia-](http://figbc.fi) ja [ilmastopolitiikka](http://figbc.fi)

Green Building Council Finland / GBC Finland 19.4.2010 [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-5] Saatavissa: <http://figbc.fi>

Harkkokäsikirja [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-3] Saatavissa: http://kivitaloinfo.fi/wp-content/images/2012/08/harkkokirja_2010.pdf?7e51d1

Jari Liski, Metsätieteen aikakauskirja 4/2000
Energiavirasto, saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/yleista-paastokaupasta>

Jukka Nojonen 15.2.2012. [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-2] Saatavissa: <https://www.vasek.fi/assets/Files/Rakentamisen-tietopankki/Puurakentamisen-RoadShow-22.2.2012/3Puuinfor-Road-ShowNojonenSitra.pdf>

Kärjäemies, Sara. 2014 Savolainen EKO-pientalo- Ekologisuuden määrittely [projektin loppuraportti]. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

LINDROOS, Tomi J, EKHOLM, Tommi ja SAVOLAINEN, Ilkka. 2012. VTT. Common metrics: lämpenemiseen vaikuttavien päästöjen suhteellinen painotus ilmastopolitiikassa [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-10] Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T57.pdf>

Lohela, Timo 2014. SAVOLAISEN EKO-PIENTALON RAKENNUSOSIEN EKOLOGISUUDEN TARKASTELU [opinnäytetyö]. [viitattu 2015-1-14] Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/handle/10024/85607>

Metla.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-4] Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/northernpine/ilmastovaikutukset-ja-hiilensidonta.html>

PALOLAHTI, Tuomas, KIVIMÄKI, Christian, MÄKI, Tarja. 2013. Rakennusosien kustannuksia Helsinki: Rakennustieto

Pientalorakentamisen kehittämiskeskus PRKK [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-1] Saatavissa: <http://www.prkk.fi/content/fi/11501/189/189.html>

Puuinfo.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-7] Saatavissa: <http://puuinfo.fi>

Rakennustieto [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-8] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120501.pdf>

Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta: RIL 216- 2013 2013, 86. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Schroderus, Sauli 2014, SAVOLAISEN EKO-PIENTALON RAKENNUSMATERIAALIEN LCATARKASTELU [opinnäytetyö]. [viitattu 2015-1-11] Saatavissa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/84869/Schroderus_Sauli.pdf?sequence=1

Suomen ympäristökeskus [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-7] Saatavissa: [http://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Rakennusmateriaaleilla_on_valia\(28190\)](http://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Rakennusmateriaaleilla_on_valia(28190))

Suomen ympäristökeskus [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-9] Saatavissa: [http://www.syke.fi/FI/Julkaisut/Ymparistolehti/2014/Pientalon_ekologisuus_puntarissa\(31641\)](http://www.syke.fi/FI/Julkaisut/Ymparistolehti/2014/Pientalon_ekologisuus_puntarissa(31641))

Suomirakentaa.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-2-8] Saatavissa: <http://suomirakentaa.fi>

Tarmo Rätty, 18.3.2014 [seminaari] PUUN VUODET Suomen Luontokeskus Haltia

Tikkurilan puutalon ulkomaalausopas [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-20] Saatavissa:
http://www.tikkurila.fi/kotimaalarit/ohjeet/esitteiden_tilaus/oppaat
http://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/ymparisto/mita_on_voc

USGBC [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-12] Saatavissa: <http://usgbc.org/>

Uusio uutiset-lehti [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-17] Saatavissa: <http://www.uusiuutiset.fi/kip-silevyn-ja-kattohuovan-kierratysidea-eteni-pilotiksi/>

Liitteet: Cd-Levy