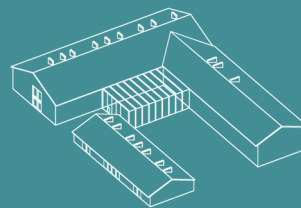


JUTTA VUORINEN

TULEVAISUUDEN KOULU

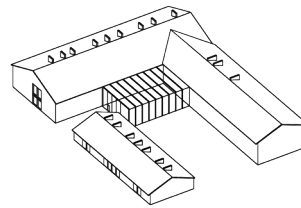


Arkkitehtuurin neljä näkökulmaa
ekologiseen rakentamiseen

Tampereen teknillinen yliopisto
Arkkitehtuurin laboratorio.COMBI-hanke
Diplomityö
Tampere 2017

JUTTA VUORINEN

TULEVAISUUDEN KOULU



Arkkitehtuurin neljä näkökulmaa
ekologiseen rakentamiseen

Tampereen teknillinen yliopisto
Arkkitehtuurin laboratorio. COMBI-hanke
Diplomityö
Tampere 2017

TIIVISTELMÄ



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Arkkitehtuurin laboratorio

JUTTA VUORINEN : TULEVAISUUDEN KOULU- Arkkitehtuurin neljä

näkökulmaa ekologiseen rakentamiseen

Diplomityö, 118 sivua

Kesäkuu 2017

Avainsanat: Elinkaari, energiatehokkuus, energivaikuttavuus, hiilijalanjälki, elinkaarihokkuus, elinkaarivaikuttavuus, materiaalivaikuttavuus, käyttötehokkuus, päästötehokkuus

Energiatehokkuus on ollut jo pitkään ekologisen rakentamisen kulmakivi, jossa rakennuksen käytönaikaista luonnonresurssien kulutusta on pyritty vähentämään. Ilmastopimoksien ja tiukentuvien energiatehokkuusdirektiivien myötä rakennusteollisuus on ottanut aktiivisen roolin uusien energiatehokkaiden ratkaisujen keksijänä, jossa lämmitystarvetta vähennetään tiiviin vaipan lisäksi mittavalla määrällä taloteknisiä ratkaisuja. Rakennuksen käytöstä aiheutuvien päästöjen vähentyessä korostuvat koko elinkaaren sekä sen muiden vaiheiden merkitykset ekologisessa kokonaiskuvassa. Sen lisäksi, että energiatehokkuus ei mittaa muita vaiheita parhaiten, saattaa se olla niiden ekologisten tavoitteiden kanssa ristiriidassa. Työni kantava näkökulma on, että ainoastaan energiatehokkuusnäkökulmasta toimiva rakennushanke ei vielä takaa ekologista lopputulosta.

Diplomityö pyrkii käsittelemään ekologista rakentamista energiatehokkuustavoitteita laaja-alaisemmin. Työ jakautuu kirjalliseen teoriaosuuteen ja konkreettiseen suunnitelmaan. Teoriaosuudessa esittelen ekologisen suunnittelun keskeiset näkökulmat ja niiden tavoitteet. Diplomityön suunnitelmaosuus konkretisoi tavoitteet ja avaa monipuolisen ekologisen suunnittelun mahdollisuudet ja toisaalta sen välttämättömät ristiriidat. Suunnittelun kohteena on koulurakennus, jossa ekologisuuden lisäksi tulee huomioida murroksessa olevan koulusuunnittelun haasteet ja tulevaisuus.

Koulurakennuksen ekologisuuden arviointivälineenä toimii rakennuksen elinkaari, johon teoriaosuudessa määritän neljä käytössä olevaa ympäristöystävällisyyden mittaria. Analysoin niiden merkitystä elinkaariarvioinnissa, sekä sitä, mitä vajaavaihtuuksia niiden tarkastelutavoissa on. Osoitettujen tutkimustulosten ja oman pohdinnan perusteella järjestän mittarit tärkeysjärjestykseen vastaamaan työn näkökulmaa. Mittareiden avulla valitsen suunnitelmaosuuden ekologiset rakenne- materiaali- ja tilaratkaisut. Pyrin tuomaan esiin ympäristöystävällisten tavoitteiden toteutumisen suunnitelmassa jokaisen näkökulman osalta kaavioilla ja lyhyellä selostusosalla.

Diplomityö on osa Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) vetämää Tekes-rahoitteista COMBI-hanketta, joka tutkii lähes nollaenergiarakentamista palvelurakennusten näkökulmasta. Työ sisältyy työpakettiin Arkkitehtonisten ratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen, josta vastaa TTY:n Arkkitehtuurin laboratorio. Työpaketin tavoitteina on kartoittaa nykyisiä ja tulevaisuuden energiatehokkaita suunnitteluratkaisuja sekä kehittää ohjausmalli energiatehokkuuteen vaikuttavien arkkitehtuurin ominaisuuksien ohjeistukseen ja vertailuun.

ABSTRACT



TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

School of Architecture

JUTTA VUORINEN : School of the Future - Four aspects of Architecture in

Ecological building

Master Thesis, 118 pages

June 2017

Key words: Life cycle, energy efficiency, energy effectiveness, carbon footprint, life cycle efficiency, life cycle effectiveness, material effectiveness, use efficiency, carbon efficiency

For a considerable amount of time, energy efficiency has been the cornerstone of ecological construction, where the main goal has been to reduce the use of natural resources during the operational phase of a building. Due to climate agreements and ever more demanding energy efficiency directives, the construction industry has taken an active role in developing energy efficient solutions. Not only have they improved the insulating properties of structures, but also devoted themselves to technical methods and low-carbon energy production. As a new building is more efficient during the operational phase, the relative ecological impact of the life cycle as a whole, and the other phases included, grows. In addition to energy efficiency being a poor indicator of how environmentally friendly the other phases are it can be in downright conflict with the goals set for them. The starting point of my thesis is that a construction project commenced with only energy efficiency in mind does not guarantee an ecological end result.

This thesis aims to address ecological construction on a broader scale than the goals set for energy efficiency. In the theoretical part of the thesis I present different viewpoints and aims for ecological design processes. The last chapter focuses on designing a school building that demonstrates the objectives and delves into the possibilities and inevitable conflicts of comprehensive

ecological design. The school is not only to be ecologically friendly, but also has to take into account the turning point in the design of schools today.

The tool for evaluation is the life cycle of the building that I will assess with four commonly used criteria for ecology. I evaluate their meaning in the life cycle analysis and how they should be improved. Based on studies and my own reflections on the matter I rank the criteria by importance for the starting point of this thesis. Through prioritizing the criteria I select the most ecological solutions for materials, structure, and spatial arrangement. I attempt to demonstrate the fulfillment of environmental goals with schematics and existing methods of calculation.

This master's thesis is part of the research project COMBI, which is led by Tampere University of Technology (TUT) and explores the concept of nearly zero-energy in the context of municipal service buildings. The thesis is included in the work package titled The Impact of Architecture on Energy Efficiency, carried out by TUT's School of Architecture. The work package's aim is to study current and future energy efficient building solutions as well as develop a tool for guiding the design and illustrating the connections between various aspects of energy efficient architectural design.



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Arkkitehtuurin laboratorio. Asuntosuunnittelu
Julkaisu 29

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
School of Architecture. Housing Design
Publication 29

JUTTA VUORINEN

TULEVAISUUDEN KOULU
Arkkitehtuurin neljä näkökulmaa ekologiseen rakentamiseen

DIPLOMITYÖ

Tarkastaja: prof. Markku Hedman
Aihe hyväksytty talouden ja rakentamisen tiedekunnassa 24.4.2017

Taittopohja: COMBI-hanke,
Arkkitehtonisten ratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen
(WP2) –työpaketti

PAINO

ISBN 978-952-15-3962-6
ISSN 2489-429X

ALKUSANAT

Energiatehokkuus hallitsee nykyistä ekologisuuteen tähtäävää rakentamista niin kansainvälisesti kuin Suomessa. Uudet, tekeillä olevat kansalliset rakennusmääräykset vahvistavat suuntausta entisestään, kun Euroopan Unionin energiatehokkuusdirektiivin tavoitteet lähes nollaenergiarakentamisesta konkretisoituvat.

Tämän työn tavoitteena on tuoda esille arkkitehtuurin eri näkökulmat, joita energiatehokkuuden rinnalle tarvitaan ekologisen rakentamiskulttuurin saavuttamiseksi. Työssä käytetään elinkaaritarkastelua välineenä jokaisen näkökulman merkittävyyden osoittamiseksi. Lopulta näkökulmien ohjaamat ekologiset ratkaisut esitellään suunnitelmassa, joka on teoreettinen vaihtoehto Laukaalle rakenteilla olevalle ekokoululle.

Diplomityö on osa Tampereen teknillisen yliopiston vetämää Tekes-rahoitteista COMBI-hanketta, joka tutkii lähes nollaenergiarakentamista palvelurakennusten näkökulmasta. Työ sisältyy Arkkitehtonisten ratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen -työpakettiin.

Haluan kiittää Markku Hedmania, Taru Lindbergiä sekä koko COMBI-hankkeen arkkitehtuurin työpaketin tutkijoita työni asiantuntevasta kommentoinnista ja ohjauksesta. Kiitos myös Markku Karjalaiselle, Maria Pesoselle sekä Ari Rahikaiselle työni suunnitelmaosuutta koskevista neuvoista.

Kiitos Kaisalle ja Lillille vertaistuesta.

Kiitos äidille, isälle ja Jakelle kaikesta tuesta ja avusta.

Erityiskiitokset Robertille kuuntelemisesta, kannustuksesta ja korvaamattomasta avusta koko diplomityöprosessin läpiviemisessä.

Toukokuu 2017
Jutta Vuorinen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	IV	3.2 ELINKAARI ARVIOINTIVÄLINEENÄ	15
ALKUSANAT	VIII	3.3 NÄKÖKULMA 1: ENERGIATEHOKKUUS	17
SISÄLLYS	IX	3.3.1 ISO-BRITANNIAN ZERO CARBON HOMES- VAIHTOTARKASTELUTAPA ENERGIATEHOKKUUTEEN	21
KÄSITTEET	XI	3.4 NÄKÖKULMA 2: HIILIJALANJÄLKI	23
1 JOHDANTO	1	3.4.1 NORJA - ZERO EMISSION BUILDING – HIILINEUTRAALI ELINKAARI	27
1.1 COMBI-HANKE	3	3.5 NÄKÖKULMA 3: ELINKAARIVAIKUTTAVUUS	29
1.2 TYÖN RAKENNE	4	3.5.1 WOOD CUBE – BIOKIERRÄTETTÄVÄ ASUINKERROSTALO	33
2 TUTKIMUSTYÖN TAUSTAA	5	3.6 NÄKÖKULMA 4: ELINKAARITEHOKKUUS.....	35
2.1 EKOLOGINEN RAKENTAMINEN SUOMESSA.....	6	3.6.1 KALEVANHARJUN PÄIVÄKOTI- PITKÄIKÄISTÄ PERINNE- RAKENTAMISTA	39
2.2 TULEVAISUUDEN KOULUJEN OPPIMISYMPÄRISTÖT	9	3.7 NELJÄN NÄKÖKULMAN VERTAILU	41
3 EKOLOGINEN ELINKAARI	13		
3.1 KESTÄVÄ KEHITYS	14		

4. EKOLOGINEN KOULU	45	6 LÄHTEET	91
4.1 SUUNNITELMAN EKOLOGISTEN KEINOJEN HIERARKIA	47	7 LIITTEET	99
4.2 HANKE JA TILAOHJELMA	49		
4.3 YHTEYDET JA TOIMINTA	51		
4.4 TEEMANA EKOSOSIAALINEN KASVATUS... ..	53		
4.5 PITKÄIKÄINEN RAKENNUS	63		
4.6 YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISET MATERIAALIT	69		
4.7 PÄÄSTÖTEHOKKUUS	79		
4.8 ENERGIAVAIKUTTAVAT RATKAISUT	81		
4.9 EKOLOGISUUDEN TOTEUTUMINEN SUUNNITELMASSA.....	87		
5 YHTEENVETO	89		

KÄSITTEET

Lähes nollaenergiarakennus

Määritelmä vaihtelee maittain, mutta EU-direktiivin mukaan lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan "rakennusta, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus -- tarvittava, lähes olematon tai erittäin vähäinen energian määrä olisi hyvin laajalti katettava uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettava uusiutuvista lähteistä peräisin oleva energia." (MRL 115 a §)

Vaikutavuus

Vaikutavuus pyrkii toivottuun lopputulokseen ja saamaan aikaan positiivisen vaikutuksen ja poistamaan ongelman. Vaikutavuutta verrataan tässä työssä *tehokkuuteen*, sitä kuvaa lause "oikeiden asioiden tekeminen" (kubic.org). Määritelmien lähestymistavoissa on eroja ja onkin tärkeää havaita, missä tavoitteissa tulisi tähdätä tehokkuuteen ja missä vaikutavuuteen. Molempia tarvitaan ekologisessa rakentamisessa.

Tehokkuus

Tehokkuudella pyritään "tekemään asioita oikein" (kubic.org). ja mahdollisimman vähän haittoja aiheuttaen. Termiin sisältyy oletus haitasta, jota ei pyritä ratkaisemaan vaan pienentämään sen vaikutuksia.

Ekologinen kestävyys

Ekologinen kestävyys on yksi kestävä kehityksen näkökulmista, ja johon tämä diplomityö keskittyy. "Kestävä kehityksen perusehtona on biologisen monimuotoisuuden ja ekosysteemien toimivuuden säilyttäminen sekä ihmisen taloudellisen ja aineellisen toiminnan sopeuttaminen pitkällä aikavälillä luonnon kestokykyyn" (Ympäristöministeriö, 2013).

Energiatehokkuus

Energiatehokkuus on laajasti käytössä oleva, ilmastonmuutosta hillitsemään pyrkivä keino. Energiatehokkuus tarkoittaa energian tehokasta käyttöä, jolloin mahdollisimman vähillä päästöillä saavutetaan mahdollisimman suuret hyödyt.

Hiilijalanjälki

Tässä diplomityössä hiilijalanjäljellä viitataan hiilidioksidipäästöihin. Hiilijalanjälki kertoo tuotteen tai palvelun ilmastokuorman sen koko elinkaaren tai valitun vaiheen aikana.

Elinkaarivaikutavuus

Elinkaarivaikutavuus on diplomityötä varten kehitetty termi, joka tarkoittaa rakennuksen kykyä olla häiritsemättä luonnon prosesseja sen elinkaaren aikana. Luonnossa aine kiertää kehää ja aurinko toimii ainoana energian luovuttajana. Käytettävät luonnonvarat ja niistä valmistetut materiaalit tulisi valita siten, että ne eivät poistuessaan tästä kiertokulusta haittaa sen toimintaa. Ne tulisi myös pystyä palauttamaan osaksi ekosysteemiä käytön jälkeen. Teollisuuden kierrättäminen ei pysty tähän täydellisesti, joten käytettävien aineiden tulisi olla ympäristölle ystävällisiä. Tarkastelualue rajautuu diplomityössä elinkaaren tuotanto- ja purkuvaiheeseen. Vaikutavuus elinkaareissa perustuu samaan kuin *vaikutavuus /tehokkuus*.

Elinkaaritehokkuus

Elinkaaritehokkuus pyrkii pidentämään rakennuksen käyttöikä, ja näin hyödyntämään luonnonvaroja tehokkaasti jo saman elinkaaren aikana. Elinkaaritehokkuuden vaikutus rajautuu käyttövaiheen ylläpito- ja korjausosaan, joilla on oleellinen vaikutus rakennuksen käyttöajan pidentämiseen. Elinkaaritehokkuus noudattaa periaatetta, josta kerrottu kohdassa *vaikutavuus/ tehokkuus*.

Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi on perusmenetelmä, jolla pyritään selvittämään rakennuksen ympäristövaikutukset rakennusvaiheesta purkuun. Elinkaariarviointi eli LCA (Life Cycle Assessment) on kansainvälisen ISO-standardin mukaan luotu menetelmä, joka käsittää "materiaalien hankinnan luonnosta, niiden prosessoinnin ja kuljetuksen sekä tuotteen valmistuksen, jakelun, käytön, uudelleenkäytön, huollon, kierrätyksen ja hylkäämisen." (Ympäristöhallinto, 2013)

1. JOHDANTO

Energiatehokkuus ohjaa Euroopan unionin ja siten myös Suomen ekologista rakentamista ja on kansainvälisellä tasolla suosittu vastaus ilmastonmuutoksen hillintään. Euroopan komissio on säätänyt direktiivin, jonka mukaan kaikkien vuoden 2020 jälkeen rakennettavien rakennusten tulee olla lähes nollanenergiarakennuksia, viranomaisten käytössä olevien rakennusten jo vuoden 2018 jälkeen (Euroopan komissio, 2015). Suomessa direktiivistä luodaan parhaillaan lakiehdotusta ja mielipiteet vaihtelevat siitä, kuinka ennakkoluulottomasti ekologisen rakentamisen mallia ohjaavia määräyksiä tulisi kiristää.

Energiatehokkuuden haasteet

Energiatehokkuus nojaa vahvasti uuteen teknologiaan ja super-eristeisiin, joilla saadaan rakenteet tiiviiksi ja hukkalämpö hyödynnettyä. Mitä kunnianhimoisemmin tavoittelemme energiakulutuksen nollatilaa, sitä todennäköisemmin jätämme huomiotta muut ympäristöhaitat, joita yhden ekologisuuden aatteen nimissä toteutamme. Rakennukset suunnitellaan kestävämpään ajallisesti vain murto-osa siitä, mihin tiedämme niiden oikein suunniteltuina pystyvän. Rakennusten lyhyt käyttöikä on kertakäyttökulttuuria suuressa mittakaavassa, sellaisessa, joka hyvin nopeasti romahduttaa maapallon kantokyvyn.

Rakennusten energiankulutuksen vähentäminen ei ole turha tavoite, sillä rakennusteollisuuden osuus energian loppukäytöstä Tilastokeskuksen (2009) mukaan oli 42 % rakentamisen huippuvuonna 2007. Energiatehokkuuden parantaminen ei kuitenkaan ratkaise muita ympäristöongelmia, joita esimerkiksi luonnonvarojen runsas käyttö aiheuttaa. Rakennuskantamme uudistuu kovaa vauhtia, koska 1960-1980-luvun teollinen massatuotanto-rakentaminen on tullut elinkaarensa päähän tai on merkittävien korjaustöiden tarpeessa (Tilastokeskus, 2009, 1). Lisäksi kaupungistumisen myötä on suuri pula uusista asuinrakennuksista, (VTT, 2010) jotka valmistettaessa aiheuttavat päästöjä ja kuluttavat luonnonvaroja. Viime vuonna rakennuslupia myönnettiin noin 38 miljoonan kuution edestä (Tilastokeskus, 2017).

Ei siis ole turhaa ympäristön kannalta pohtia, kuinka nopeasti haluamme tulevaisuudessa uusia koko rakenteilla olevan energiatehokkaan rakennuskannan, ja palauttaa saadun energiahäyödyn moninkertaisena takaisin. Uudistuvan energiantuotannon määrä lisääntyy ja vuosi 2050 on asetettu monissa maissa aikarajaksi täysin päästöttömän energiantuotannolle. (European Parliamentary Research Service Blog, 2016) Saattaa olla, että energiatehokkuuden merkitys vähenee olemattomiin jo ennen, kuin uudet rakennukset tulevat lyhyen käyttöikänsä päähän. Silti muovaamme rakennuksiamme

energiatuotannon tämänhetkisiin tarpeisiin sopivaksi. Sen sijaan tulisi poimia rakentamisesta se, minkä tiedämme jo toimivan ja kestävänsä aikaa, ja yhdistää teknologian keksintöjä laadukkaiden suunnitteluratkaisuiden lisäksi vain tarvittaessa ja kun se on ekologisesti kestäväällä tavalla toteutettavissa. Huomio tulisi kiinnittää kokonaisvaltaiseen ekologisuuteen, joka ottaa vastuun koko rakennuksesta ja sen ympäristöhaitoista silloinkin, kun rakennus tulee käyttöaikansa päähän. Myös se, mitä rakennuksesta jää lopulta jäljelle ja milloin, määrittää sen ympäristöystävällisyyttä.

Ekologinen elinkaari ja koulu

Tämä työ ottaa kantaa ekologisen rakentamisen kapeakatseisuuteen ja esittää elinkaari-mallin, jossa on pyritty neljän ekologisen näkökulman avulla tarttumaan suurimpiin rakentamisesta aiheutuviin ympäristöhaittoihin. Elinkaariarviointiin avulla oikeutetaan diplomityön arvomaailma, jossa energiatehokkuus ei ole ensisijainen ekologisuuden mittari.

Rakennustyyppi, joka tällä hetkellä on monien uudistusten alla, on koulurakennukset. Kouluille tehdään merkittävän kokoisia saneerauksia, jotta ne täyttäisivät uudet energiatehokkuus- ja ilmanlaatuvaatimukset. Monissa tapauksissa rakennetaan vanhan tilalle kokonaan uusi koulu. Rakentamistapojen lisäksi myös opiskelutapojen muutos aiheuttaa uutta innovoinnin tarvetta koulutilojen toiminnassa. Diplomityön tarkoitus on tuottaa vaihtoehto nykyiset määräykset täyttävälle Laukaan uudelle ekokoululle, jonka on tarkoitus valmistua vuoden 2018 syksyllä. Projektin johtajana toimii Antti Tourunen (Reteres Oy) ja arkkitehtina Tero Wéman (Arkkitehtipalvelu Oy). Suunnittelussa lähdetään liikkeelle ekologisen elinkaaren näkökulmista ja niiden vaatimuksia painotellen luoda yksittäinen esimerkki elinkaaren arvopohjaa toteuttavasta rakennuksesta. Suunnitelman avulla on tarkoitus tuoda esiin kokonaisvaltaisen ekologisuuden tuomat haasteet ja näkökulmien väliset ristiriidat.

1.1. COMBI-HANKE

Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) vetämässä COMBI-hankkeessa (Comprehensive Development of Nearly Zero-Energy Municipal Service Buildings) tarkastellaan kokonaisvaltaisesti palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamista lähes nollaenergiatasoon. Palvelurakennuksia hankkeen yhteydessä ovat koulut, päiväkodit, sairaalat ja erityisryhmien palveluasumisen yksiköt. COMBI on osa Tekesin Innovatiiviset kaupungit (INKA) -ohjelmaa. Hankkeessa on TTY:n lisäksi mukana kahdeksan pirkanmaalaista kuntaa Tampereen johdolla, Helsingin kaupunki, Aalto yliopisto ja Tampereen ammattikorkeakoulu (TAMK) sekä yli 40 yritystä.

Hankkeen taustalla vaikuttaa Euroopan Unionin energiatehokkuusdirektiivi (EPBD), jonka mukaan vuoden 2019 alusta lähtien kaikki julkiset rakennukset toteutetaan lähes nollaenergiarakennuksina (nZEB). Kansallisen lähes nollaenergiatalon määritelmä on kuitenkin edelleen avoinna.

COMBI-hankkeen keskeisenä tavoitteena on mahdollisimman laaja-alainen tarkastelu lähes nollaenergiapalvelurakennuksiin liittyen. Tällaisessa kokonaisvaltaisessa tarkastelussa otetaan huomioon nollaenergiatason vaatimusten vaikutus rakennuksen arkkitehtuuriin ja tiloihin (WP2), rakenneratkaisuihin ja sisäilmaolosuhteisiin (WP3), taloteknisiin järjestelmiin ja uusiutuvan energiantuotannon ratkaisuihin (WP4) sekä rakentamisen prosesseihin ja rakennuksen ylläpitoon (WP5). Lisäksi hankkeen tavoitteena on parantaa palvelurakennusten energiatehokkuutta siten, että ratkaisut täyttävät myös muut kansalliset vaatimukset ja tavoitteet, joita ovat esimerkiksi korkealaatuisuus, terveellisyys, riskittömyys, taloudellisuus, viihtyisyys, muuntojoustavuus, ympäristöystävällisyys ja pitkäaikaiskestävyys.

Arkkitehtonisten ratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen (WP2) -työpaketti koostuu neljästä tutkimusosiosta: palvelurakennusten energiatehokkuuteen vaikuttavista arkkitehtonisista perusratkaisuista (T2.1), tulevaisuuden energiatehokkaista suunnitteluratkaisuista (T2.2), arkkitehtisuunnittelussa käytettävästä energiaoptimoinnin ohjausmallisista (T2.3) sekä arkkitehtonisia ja tilasuunnitteluun liittyviä ratkaisuja käsittelevästä ohjeistuksesta (T2.4). Professori Markku Hedmanin vetämään tutkimusryhmään kuuluvat lisäksi projektipäällikkö Tapio Kaasalainen sekä arkkitehdit Taru Lindberg ja Malin Moisio. Tämä diplomityö liittyy osaksi WP2-työpakettin tutkimusta ja ennen kaikkea tulevaisuuden energiatehokkaisiin suunnitteluratkaisuihin keskittyvää tutkimusosiota T2.2.

Lähde: Tampereen teknillinen yliopisto 2014: Tutkimussuunnitelma, Comprehensive Development of Nearly Zero-Energy Municipal Service Buildings (COMBI).

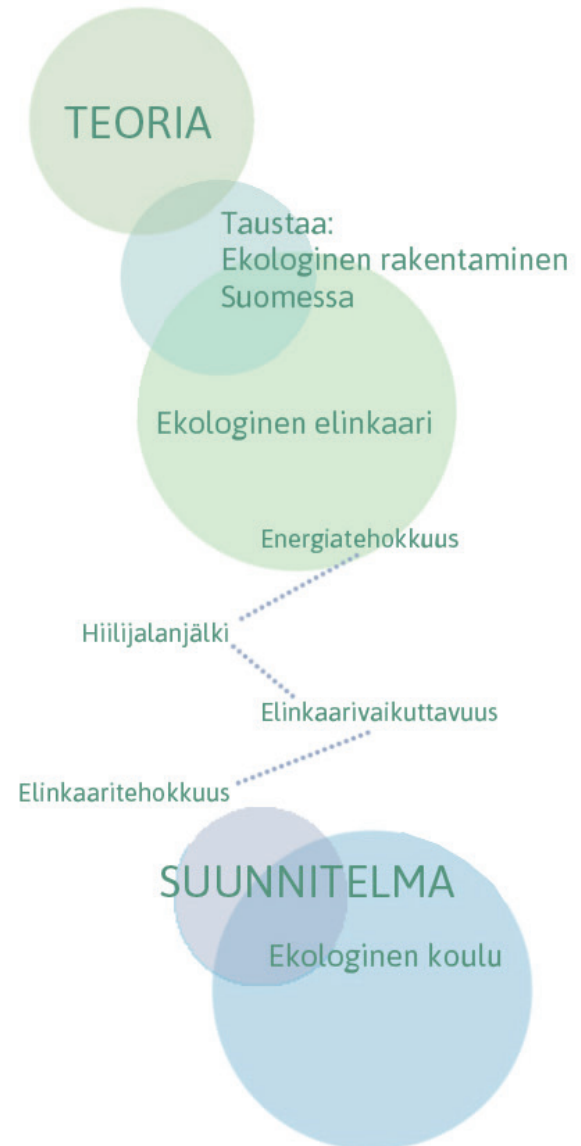
1.2. TYÖN RAKENNE

Diplomityö on kaksiosainen. Työssä pyritään tuomaan esille arkkitehtuurin neljä ekologista näkökulmaa sekä teoriaosuuden esittelyllä ja analysoinnilla, että konkreettisella esimerkkisuunnitelmalla, jossa näkökulmiin pohjautuvia ratkaisuja on sovellettu projektikohtaisten vaatimusten puitteissa.

Teoriaosuudessa esitellään aluksi lyhyesti Suomen nykyisen ekologisen rakentamisen tilaa sekä koulusuunnittelun ja oppimisympäristöjen uusia käytäntöjä, sillä diplomityön suunnittelukohde on koulurakennus.

Seuraavassa osiossa käydään elinkaariarviointia apuvälineenä käyttäen läpi arkkitehtuurin neljä ekologista näkökulmaa. Niiden vaikutusalue ja merkittävyys esitellään sijoittamalla näkökulmat elinkaaren vaiheisiin ja kerrotaan, kuinka laajasti ekologisuutta pystytään toteuttamaan kyseistä mittaria apuna käyttäen. Jokaisen näkökulman kohdalla esitetään referenssimääräys tai -projekti, jossa esitetyt ekologiset arvot toteutuvat. Lopuksi jokainen näkökulma kootaan samaan elinkaareen ja suoritetaan vertailu Suomen nykyisten määräysten mahdollistaman ekologisen elinkaaren kanssa.

Suunnitelmaosuudessa esitellään vaihtoehto Laukaalle rakenteilla olevan ekokoulun paikalle. Tulevaisuuden koulu Laukaalle on suunniteltu todellisen kohteen asettamia vaatimuksia mukaillen työn ekologisten arvojen pohjalta. Ekologiset näkökulmat ja niiden toteutuminen, sekä keskinäiset ristiriidat tuodaan esiin teoriaosuutta vastaavalla kappalekohtaisella selostuksella. Yhteenveto kokoaa yhteen työssä ilmenneet ekologisen rakentamisen keskeisimmät huomioidut ja haasteet.



2. TUTKIMUSTYÖN TAUSTAA

2.1. EKOLOGINEN RAKENTAMINEN SUOMESSA

Ekologista rakentamista ohjaa niin Suomessa kuin kansainvälisestikin pyrkimys vähentää energiankulutuksesta aiheutuvia päästöjä uusituvalla energialla sekä pienentämällä kulutuksen tarvetta. Uudet, tekeillä olevat määräykset integroivat energiatehokkuuden entistä vahvemmin Suomen ekologisiin rakentamiseen. Energian säästämiseen tähtäävät rakentamistrendit ohjaavat sekä nykyistä uudis- että korjausrakentamista.

Uudet energiatehokkuusmääräykset

Maankäyttö- ja rakennuslaissa lähes nollaenergiarakennus on määritelty Euroopan parlamentin ja Euroopan unionin neuvoston laatiman Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) pohjalta tarkoittamaan "rakennusta, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus -- tarvittava, lähes olematon tai erittäin vähäinen energian määrä olisi hyvin laajalti katettava uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettava uusiutuvista lähteistä peräisin oleva energia" (MRL 115 a §).

Lähes nollaenergiarakennuksesta ollaan laatimassa Suomessa omaa määritelmäänsä, joka vastaisi EU-direktiivin kiristyviin energiankulutustavoitteisiin. Uudet maankäyttö- ja rakennuslain määräykset ja päivitykset ovat jatkoa suomalaisen energiatehokkaan rakentamisen säädösohjaukselle. Vastauksena ilmastonmuutokseen asetettiin vuonna 2008 rakennuksen energiankulutuksen määrää mittaava ET-luku, jonka korvasi vuonna 2012 rakennuksien kokonaisenergiankulutusta myös laadullisesti mittaava E-luku (Vuolle, 2012). Uusien lakiehdotusten tavoitteet energiatehokkuuden kiristämisestä kohdistuvat julkisiin uudisrakennuksiin jo vuonna 2018 (Rakennusteollisuus RT ry 1). Lakien oli tarkoitus astua voimaan vuoden 2017 alussa, mutta esitykset siirtyivät toiselle kuulemiskierrokselle ja ovat edelleen valiokunnan käsiteltävinä. Hahmotelma lähes nollaenergiarakennuksen ominaisuuksista kuvassa 1.

Tiiviistä ja paksusta vaipparakenteesta sekä lämmöntalteenotosta saatu säästö ovat ennestään Suomen energiatehokkaan rakentamisen kulmakiviä. Määräyksissä huomioidaan rakennuksen käytönaikaisesta energiankulutuksesta syntyvät ympäristöhaitat kertoimilla, jotka eivät kerro päästömääriä, vaan painotetun ostoenergiankulutuksen rakennuksen lämmitettyä



KUVA 1. Kirjoittajan muunnelma FinZEB-loppuraportin Lähes nollaenergiarakennukselta edellytetyt ominaisuudet- kuvasta vastaamaan uutta energiatehokkuusmääräys-luonnosta. (FinZEB-hanke, 2015)

nettoalaa kohden vuodessa. Ostoenergian kulutuksesta vähennetään omavaraisenergian käyttö, joka muodostaa lopullisen E-luvun (kWh/m²).

Uusi lakiehdotus kiristää rakenteiden U-arvoja eli lämmönläpäisykertoimia, joka edellyttää rakennuksen vaipalta entistä parempaa tiiveyttä ja eristävyttä. Juha Vinhan Tampereen teknilliselle yliopistolle tekemän Frame-tutkimuksen mukaan vaipan lämmönläpäisykertoimen vertailuarvojen kiristämällä entistä paremmiksi ei enää vaikuteta merkittävästi E-lukuun. Sen sijaan toimenpiteellä lisätään merkittävästi esimerkiksi rakennusmateriaalien käyttöä. Vinha lisää, että lämmöneristyksen määrän kasvattamisen johdosta myös kosteusvahingot ovat todennäköisempiä (Vinha, 2014, s.22-23).

Vaikka uuden lakiehdotuksen laskentatapa suosii omavaraisenergian käyttöä, on ostoenergian käytöstä tehty helpompaa madaltamalla joidenkin energialähteiden kertoimia (Ympäristöministeriö 1, 2016). Syyksi tähän voi nähdä yhteistuotannon tehokkuuden sekä arviot tulevaisuuden energiantuoton päästöjen vähenemisestä entisestään. Ratkaisu saattaa hankaloittaa vastaisuudessa nykyisen ja tulevan E-luvun vertailun keskenään.

Uudessa lakiehdotuksessa laskennallisella tehostamisella ja talotekniikalla on suuri rooli. Arkkitehti Kimmo Lylykankaan (Arkkitehti uutiset, 2016) mukaan se mahdollistaa kuitenkin myös nollaenergiarakentamisesta poikkeavat rakennustavat. Esimerkiksi painovoimainen ilmanvaihto on sallittu, tosin sisäilmastovaatimusten edellyttäessä terveellisyyttä, vedottomuutta ja korkeatasoista lämpötilan hallintaa, (RakMK D2) on sen hyödyntäminen edelleen hankalaa. Omavaraisenergian tuotannolle ei aseteta liian korkeita tavoitteita, esimerkiksi aurinkokeräinten käyttö ei aina ole Suomen oloissa vieläkään tarpeeksi kannattavaa. Lisäksi määräykset tulevat todennäköisesti antamaan helputuksia massiivipuorakentamiselle, jonka kohdalla rakenteiden lämpöhäviö saa olla korkeampi.

Uudet määräykset ovat herättäneet kritiikkiä ekologisen rakentamisen yksipuolisesta tarkastelutavasta. Arkkitehti Panu Kailan (Helsingin Sanomat, 2017) mielestä energiatehokkuuden tavoitteet ovat ylimitoitettuja ja niitä suositaan taloudellisista syistä: koneellisella ilmanvaihdolla voi ansaita rahaa, painovoimaisella ei.

Energiatehokkuus ei ota huomioon rakentamisesta ja rakennusmateriaalien tuotannosta koituvia päästöjä ja ympäristöhaittoja. Ilmastonmuutoksen lisäksi voisi vastuullisella rakentamisella vaikuttaa myös muihin ympäristöuhkiin, kuten luonnon monimuotoisuuden säilymiseen.

Määräysten pyrkiessä entistä energiatehokkaampaan uudisrakentamiseen, energiaremonttia tehdään olemassa olevaan rakennuskantaan joka puolella Suomea. Kunnilta on mahdollista hakea energiatukea, jos remontissa parannetaan myös energiatehokkuutta. (Suomen luonnonsuojeluliitto, 2013) 1960-1970-luvun rakennuskanta on suurelta osin peruskorjauksen tarpeessa, ja korjausten yhteydessä päivitetään rakennukset vastaamaan nykyisiä energiavaatimuksia. Energiatehokkuutta markkinoidaan sen vaikutuksella käyttökustannuksien pienenemiseen, ja ympäristöministeriön mukaan energiatehokkuus voi nostaa rakennuksen arvoa, pidentää sen käyttöikä ja käyttömukavuutta. (Ympäristöministeriö, 2014) Energiatehokkuuden onnistumista mitataan kuitenkin ainoastaan käyttöön tarvittavan energian määrällä, ei esimerkiksi lisätyillä käyttövuosilla. Muutostöiden lisäksi kustannuksia ja päästöjä tulevat aiheuttamaan tiuhaan tehtävät huollot ja ylläpito-korjaukset.

Rakennusten käyttöikäarviot

Energiatehokkaassa suunnittelussa tärkeäksi on noussut rakennusten ominaisuuksien standardisointi ja yhtenäisten laskentaohjeiden luominen. Ekologisten arvojen lisäksi rakentamisessa korostuu entistä enemmän myös rakennusten kustannustehokkuus. Energiatehokkuuden ohella rakennusten suorituskykyä voidaan mitata laskennallisesti myös esimerkiksi sen sijoituspotentiaalina. Kaikelle mittaamiselle on yhteistä rakennuksen käyttöiän määrittäminen, jotta kokonaisarvio saadaan muodostettua.

Yleisin käytäntö on, että rakennuttaja asettaa rakennuksen käyttöikävaatimuksen. Nämä usein noudattavat käyttöikäarvioita, joista on EN-standarditason määritelmä. (kuva 2) Rakennuksen eri osille voidaan antaa myös tekninen käyttöikä. Sen kuluttua umpeen, "rakenne, rakennusosa, järjestelmä tai laite on tarkoituksenmukaista korvata uudella" (RT 18-10922).

Käytännössä yleisin käyttöikävaatimus tavanomaisille rakennuksille on 50 vuotta. (Green Building Council Finland, 2013). Tällöin todennäköisimmin rakennuksen runko on tullut teknisen käyttöikänsä päähän, mutta monet sisärakenteet on uusittu jo vähintään kerran. Samalla, kun rakennuksen toiminnan mittattavuutta on parannettu ekologisuuden nimissä, on myös luovuttu pitkän käyttöiän tavoittelusta. Tämä mahdollistaa hetkelliseen suorituskyykyyn tähtäävät edulliset ratkaisut, jotka ovat eduksi rakennusteollisuudelle. Jos on energiatehokasta ja samalla markkinataloutta palvelevaa korvata talotekniikka uudella 10 vuoden välein ja koko rakennuskanta keskimäärin kerran puolessa vuosisadassa, tulisiko ekologisen rakentamisen keinoja pohtia uudelleen käyttöiän pidentämiseksi?

Vaihtoehtoinen pitkäikäisen ja ympäristöystävällisen rakentamisen suuntaus on saamassa jalansijaa muissa Euroopan maissa. Esimerkiksi Saksassa ja Itävallassa ollaan kiinnostuneita luonnollisten materiaalien ja yksiaineisten rakenteiden käytöstä. Esimerkkikohteena on myöhemmin tässä työssä kappaleessa 3.5.1. esiteltävä biokierrätettävä asuinkerrostalo Woodcube. Myös Suomessa ollaan aiempaa kiinnostuneempia aidosti pitkäikäisen rakennuksen ominaisuuksista. Nittä pohdittaessa arkkitehdit ovat lähteneet hakemaan vastauksia myös vanhasta rakennuskannasta (Helsingin Sanomat, 2016).

Voisi sanoa, että ekologinen kestävyys etsii toteutustapaansa suomalaisessa rakentamisessa. Energiatehokkuus itsessään on ympäristön kannalta hyvä ja tavoiteltava asia, mutta sen ympärille rakentuvat määräykset ja mittarit saattavat johtaa helposti huomion pois ekologisista arvoista. Tästä kerrotaan lisää kappaleessa 3.3 Energiatehokkuus osana ekologisen rakentamisen prosessia. Energiatehokkuus koskettaa tämän hetken koulumaailmaa, sillä lakiehdotukset pyrkivät kiristämään myös koulujen energiankulutusta 20 prosentilla. (Ympäristöministeriö, 2016) Myös suuri osa kouluista on energia- ja kuntosaneerausten alla. Uudet koulut rakennetaan vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin, eli energiatehokkuustasolta vaaditaan niin ikään kunnianhimoisuutta. Koulurakentamisessa kysymys on kuitenkin myös lapsien hyvinvoinnista. Energiatehokkaan rakentamisen kompleksisuus saattaa osittain heijastella nykyisiä rakentamiseen ja käyttöön liittyviä ongelmia.

KATEGORIA	OHJEELLINEN KÄYTTÖIKÄ, V.	ESIMERKKEJÄ
1	10	Väliaikaiset rakenteet
2	10-25	Korvattavissa olevat rakenneosat
3	15-30	Maatalousrakenteet ja vastaavat rakenteet
4	50	Rakennukset ja muut yleiset rakenteet
5	100	Monumentaaliset rakennukset, sillat ja muu infrastruktuuri

KUVA 2. Ohjeellisen käyttöiän arviot. (Green Building Council Finland, 2013.)

2.2. TULEVAISUUDEN KOULUJEN OPPIMISYMPÄRISTÖT

Suomen huonokuntoiset koulurakennukset ovat puhuttaneet jo pitkään. Kuntaliitto on Rakennuslehden mukaan laskenut, että yli tuhat suomalaista koulua kärsii jonkinlaisista homeongelmista. Lisäksi lehden haastattelema kuntaliiton erikoisasiantuntija Erkki Korhonen arvioi, että yli 500 koulussa on jonkinasteisia sisäilmaongelmia. Kyse ei ole vain vanhasta rakennuskannasta, vaan myös uusissa kouluissa on sisäilmaongelmia, ja usein syyksi annetaan kiireellinen ja ympärivuotinen rakentaminen. (Rakennuslehti 2016) Kaupunkien kasvaessa on muodostunut tarve uusille koulurakennuksille, minkä lisäksi monia olemassa olevia kouluja laajennetaan korjaustöiden yhteydessä. Koulujen tilojen sanotaan olevan silti liian pieniä (Yle Uutiset, 2016) ja uuden opetussuunnitelman tuomat muutokset oppimistapahtumaan voimistavat murrosta, jonka pyörteisissä koulurakentaminen tällä hetkellä on.

Koulurakentamisen tilanne

Koska lähitulevaisuudessa suuri osa koulurakennuskannastamme uudistuu ja päivittyy, on erityisen tärkeää miettiä, minkälaisia uusien koulujen tulisi olla. Ylen, Helsingin yliopiston ja Työterveyslaitoksen teettämän kyselyn mukaan sadoissa kouluissa on ollut sisäilmaongelmia (Yle kysely, 2016). (kuva 3) Lukuisia tällä vuosituhanella valmistuneita kouluja on jouduttu jo nyt korjaamaan useasti, koska vikaherkät rakenteet aiheuttavat rakennusvirheitä, tai siksi, että energiatehokkaan rakennuksen toimintaa ei ole kunnolla ymmärretty. Huono sisäilma on saattanut aiheutua esimerkiksi, kun koulujen aiempi painovoimainen ilmanvaihto on muutettu koneelliseksi. Homeen lisäksi saattavat ympäristölle ja ihmiselle haitalliset rakennusaineet levittää alipaineen avulla allergisoivia ja jopa vaarallisia hiukkasia sisäilmaan. Ilmenneitä homeongelmia puolestaan ratkaistaan homeidenestoainein, jotka saattavat vain helpottaa myrkyllisimpien aggressiivisten homeiden leviämistä. (Rakennuslehti, 2016) Kun rakennuksiin asennettu energiatehokas talotekniikka tulee käyttöikänsä päähän, aiheuttaa se sisäilmaongelmia ja talouden ja ympäristön kannalta mittavia huoltotoimenpiteitä. (kuva 4)



KUVA 3. Ylen teettämän kyselyn mukaan 800 koulusta ympäri Suomea yli puolessa on todettu sisäilmaongelmia. 75% ongelmista on todettu vuosina 2010 -2015. (Yle uutisgrafiikka, 2016)



KUVA 4. Aleksis Kiven koulussa ilmeni sisäilmaongelmia vuonna 2016. Vuonna 1933 valmistuneeseen kouluun on tehty vuosien varrella useita teknisiä päivityksiä. Nyt rakennuksessa korjataan kosteusongelmia ja vaihdetaan koko huonokuntoinen talotekniikka. (Kuntalehti, 2017)

Vanhassa, yli 60 vuoden ikäisessä rakennuskannassa löytyy useita esimerkkejä koulurakennuksista, joiden kunto ja sisäilma on pysynyt moitteettomana. Syyksi voi nähdä, että alkuperäistä toimintatapaa ei olla korjausten tai huollon yhteydessä muutettu, kuten esimerkiksi Pohjois-Haagan ala-asteella. (kuva 5) Pudasjärvellä uudessa koulurakentamisessa nähdään massiiviset hirsirakenteet vastauksena sisäilmaongelmiin. (kuva 6) Maailman suurimman hirsikoulun liimapuurakenne uhmaa tulevia, kiristyviä energiatehokkuus-määräyksiä. Rakennuksen energiatehokkuutta on parannettu koneellisella ilmanvaihdolla. Koululle on annettu sen pitkäikäiseksi arvioidun, massiivisen rungon ansiosta poikkeuksellisen pitkä 150 vuoden käyttöikä. Aika näyttää, miten Pudasjärven koulun kaltaiset energiatehokkaat mutta sisätilojen terveellisyteen pyrkivät kohteet säilyttävät kuntonsa.



KUVA 5. Kuva 5 : Pohjois-Haagan ala-aste on rakennettu vuonna 1955. Rakennus on täystiilinen ja toimii edelleen painovoimaisella ilmanvaihdolla. (Arkkitehtuurikierrös, 2017)



KUVA 6. Pudasjärvellä vanhan koulun sisäilmaongelmiin lähdettiin hakemaan ratkaisua uudesta, hirsisestä koulurakennuksesta. (Pudasjärven kaupunki, 2016)

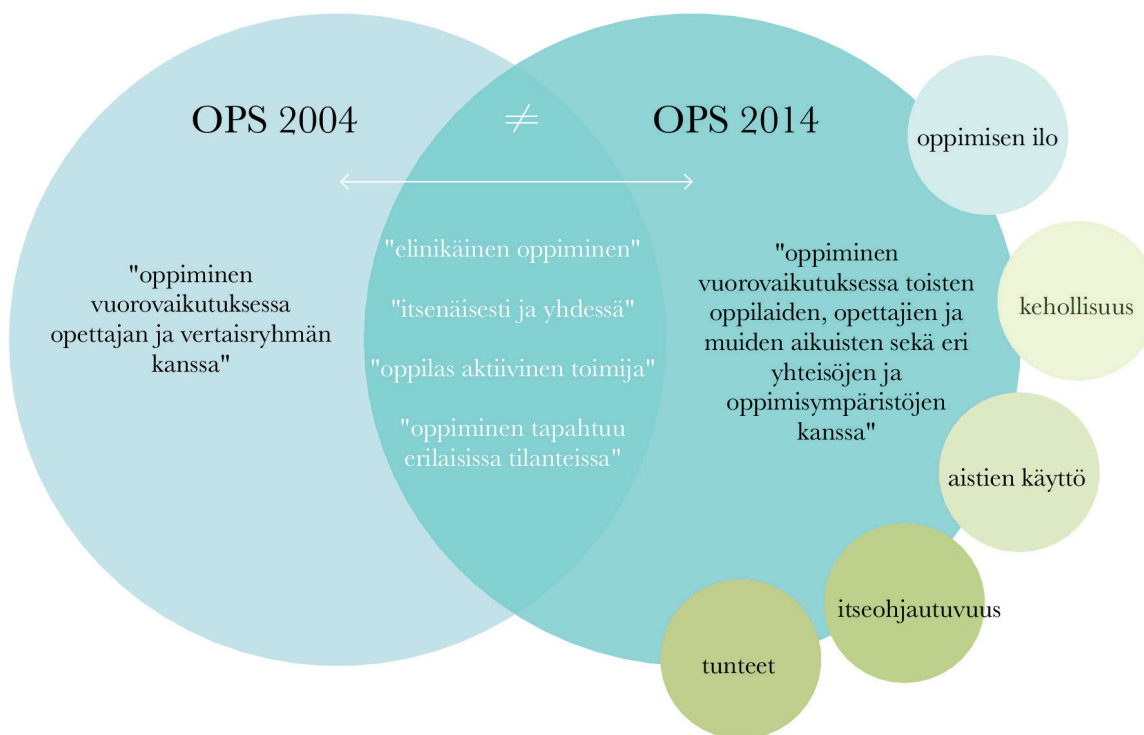
Uusi opetussuunnitelma

Remonttien ja uudisrakentamisen yhteydessä suunnittelijat ovat saaneet vastata koulujen uuden yhteiskunnallisen ja opetuksellisen merkityksen luomiin haasteisiin, sillä uudet perusopetuksen opetussuunnitelmat otettiin käyttöön kaikissa kunnissa ja kouluissa 1.8.2016 alkaen. Opetushallitus esitti Kansalliset opetussuunnitelman perusteet vuonna 2014, jonka pohjalta kunnat ovat laatineet paikalliset opetussuunnitelmansa niiden pohjalta. Allaoleva kuva esittää keskeisiä muutoksia vanhan ja uuden opetussuunnitelman välillä. (kuva 7)

Uudistuksen keskeisinä tavoitteina on vahvistaa oppilaan aktiivisuutta, lisätä opiskelun merkityksellisyyttä ja mahdollistaa onnistumisen kokemukset jokaiselle oppilaalle. Puhutaan osallistavasta oppimisesta, jossa "tutkiva ja ongelmalähtöinen työskentely, leikki, mielikuvituksen käyttö ja taiteellinen toiminta edistävät käsitteellistä ja menetelmällistä osaamista, kriittistä ja luovaa ajattelua sekä taitoa soveltaa osaamista" (Opetushallitus, 2014).

Opetus räätälöidään paremmin oppilaan tarpeisiin, jolloin se voi tapahtua suljettujen luokkahuoneiden sijaan esimerkiksi koulun pihalla. Tämä vaatii koulutiloilta suurta muuntautumiskykyä ja täysin erilaista suhtautumista opetustilaan, joka on ollut yli vuosisadan ajan muuttumaton.

Kasvatuksellisissa tavoitteissa korostuvat "arvojen ymmärrys, sillä monimediainen tiedonvälitys, globaalit tietoverkot, sosiaalinen media ja vertaisuhteet muokkaavat lasten ja nuorten arvomaailmaa" (Opetushallitus, 2014). Arvokasvatukseen liittyy myös *ekososiaalinen sivistäminen*, ymmärrys omasta vastuusta kestävän kehityksen toteuttajana. "Tavoitteena on luoda elämäntapaa ja kulttuuria -- joka vaalii ekosysteemien monimuotoisuutta ja uusiutumiskykyä sekä samalla rakentaa osaamis pohjaa luonnonvarojen kestäväälle käytölle perustuvalla kiertotaloudelle" (Opetushallitus, 2014). Koulu voi opettaa näitä arvoja paitsi toiminnallaan, myös rakennetun ympäristöllä, joka toteuttaa ekologisen kestävyiden arvoja.



KUVA 7. Oppimiskäsitys on muuttunut vuoden 2004 opetussuunnitelmasta. (Turpeinen, 2016)

Yhdessä tekemisen merkitystä korostetaan, sillä Suomessa opetustavat ovat perinteisesti suosineet itsenäisen suorittamisen mallia. Koulumaailmassa on jo joitain vuosia puhuttu digiloikasta, teknologian mahdollistaman uuden opetustavan mullistuksesta. Mobiilius sekä muodollisten ja epämuodollisten oppimistilanteiden yhdistäminen nähdään osana tulevaisuutta. (RuusuPuiston uutiset, 2016)

Arkkitehti Seppo Markun ja Anneli Hellstenin (2017) mukaan nykyisten koulutilojen keskimääräinen käyttöaste on Suomessa noin 19%. Varsinkin harvaan asutuilla alueilla tulisi koulun roolin yhteisön erilaisten sivistyksellisten ja kulttuuristen aktiviteettien keskittymänä korostua. "Rakennusten tilallisten ratkaisujen tulisi mahdollistaa ympäröivän yhteiskunnan osallistumisen koulun toimintaan ja tarjota hajautetun asiantuntijuuden koulun palvelukseen." (Markku & Hellsten, 2017)

Koulutilojen joustavuus voi tuoda toivottuakin muutosta ajatukseen perinteisestä koululaitoksesta, jossa viihdytään vain oppimiselle vaaditun ajan. Koulun ei tarvitse rajoittua edes koulupäivinä pelkästään oppilaiden käyttöön. Pienten oppilaiden ja päiväkotikäisten kohdalla puhutaan "pehmeistä siirtymistä" kotoa koulumaailmaan (Maunulan päiväkotit, 2017). Esimerkiksi etätöitä tekevät vanhemmat voisivat hyvin olla kiinteä osa koulun toimijoita ja kasvattajia opettajien ohella.

Tulevaisuuden koulutiloille asetetaan useita vaatimuksia. Erityisesti opetustapojen muutoksiin on haasteellista vastata, sillä arkkitehtuuri on mukana luomassa kehystä toimintatavoille, johon ei ole ennestään toimivaa mallia. Rakennustapojen kehittämisen lisäksi tulisi pohtia, mitä vallitsevia näkemyksiä voimme kyseenalaistaa ja mitä hyötyä sillä nykyisessä rakentamisessa saavuttaisimme.

3. EKOLOGINEN ELINKAARI

Ekologinen elinkaari -luku esittelee neljä ekologista näkökulmaa rakennussuunnitteluun osoittaen niiden vaikutusalueet rakennuksen elinkaareissa. Tarkoitus on tuoda esille, miten näkökulmien tavoitteet toteutuvat Suomen tämänhetkisessä energiatehokkuus-määräysten ohjaamassa rakentamisessa. Jokaisen lähestymistavan kohdalla esitellään esimerkkikohde määräyksestä tai rakennuskohteesta, jossa kyseinen ympäristöystävällisyyteen tähtäävä ominaisuus on pyritty ottamaan huomioon. Lopuksi vertaillaan diplomityönHÖN valittuja näkökulmia ja lähes-nollaenergiarakentamisen ekologisuuksavoitteita keskenään.

3.1. KESTÄVÄ KEHITYS

Kansainväliset pyrkimykset ekologiseen rakentamiseen kumpuavat kestävä kehityksen tavoitteesta. Kestävä kehitys on sisällöltään laaja käsite, joka Brundtlandin komission vuoden 1987 raportin mukaan on 'kehitystä, joka vastaa väestön nykyisiin tarpeisiin vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuutta vastata heidän tarpeisiinsa.' (Ympäristön ja kehityksen maailmankomissio, 1987)

Kestävän kehityksen merkitys avautuu parhaiten sen englanninkielisen version, sustainable development, kautta. Kestävä kehitys ei ole jotain lujaa ja kestävää, vaan terveelle perustalle rakennettua, *ylläpidettävää*, joka on sanan englanninkielinen käännös.. (Lylykangas, 2013) Kestävän kehityksen mukainen rakentaminen ottaa huomioon rakentamisen ympäristölliset, sosiaaliset ja taloudelliset näkökulmat. (Rakennusteollisuus RT ry 2) Tämä diplomityö keskittyy tarkastelemaan kestävä rakentamista suhteessa sen ympäristöllisiin vaikutuksiin.

Kestävän rakentamisen sisältöä on määritelty sekä kansainvälisissä ISO-standardeissa että eurooppalaisissa CEN-organisaation standardeissa. Standardit ovat sisällöltään samansuuntaisia, eikä niiden välillä ole merkittäviä ristiriitoja. (Ark.tsto Kimmo Lylykangas Oy, 2013) Niiden pohjalta on useissa eri tutkimuksissa kehitetty ekologisen rakentamisen tavoitteita. Valtioneuvoston vuonna 2003 vahvistaman kansallisen rakennuspoliittisen ohjelman pohjalta laadittu Rakennetun omaisuuden tila 2011 -järjestelmässä on mainittu ekotehokkuuden tekijöitä, jotka on kerätty kuvaan 8.

Vaikka nykyinen rakentamiskulttuurimme painottaa energian käytön vähentämisen tärkeyttä, kuitenkin standardeissa esiintyvät keinot ovat paljon energiatehokkuutta monialaisemmat. Näiden keinojen pohjalta on laadittu diplomityön ekologisen rakentamisen neljä näkökulmaa, jotka ovat laajasti käytettyjen energiatehokkuuden ja hiilijalanjäljen näkökulmien lisäksi tekijän esittämät elinkaarivaikuttavuuden ja elinkaaritehokkuuden käsitteet.

Ympäristölliset tekijät

energiatehokkuus
päästöjen määrä
materiaalitehokkuus
elinkaaren pituus
uudelleenkäytettävyys
kierrätettävyys

KUVA 8. Rakennetun omaisuuden tila –järjestelmän ekotehokkuus-tekijät kestävässä rakentamisessa. Terminologia standardeihin perustuissa indikaattoreissa vaihtelee lähteestä riippuen, mutta merkitykset ovat usein yhdenmukaisia. (Rakennetun omaisuuden tila, 2011)

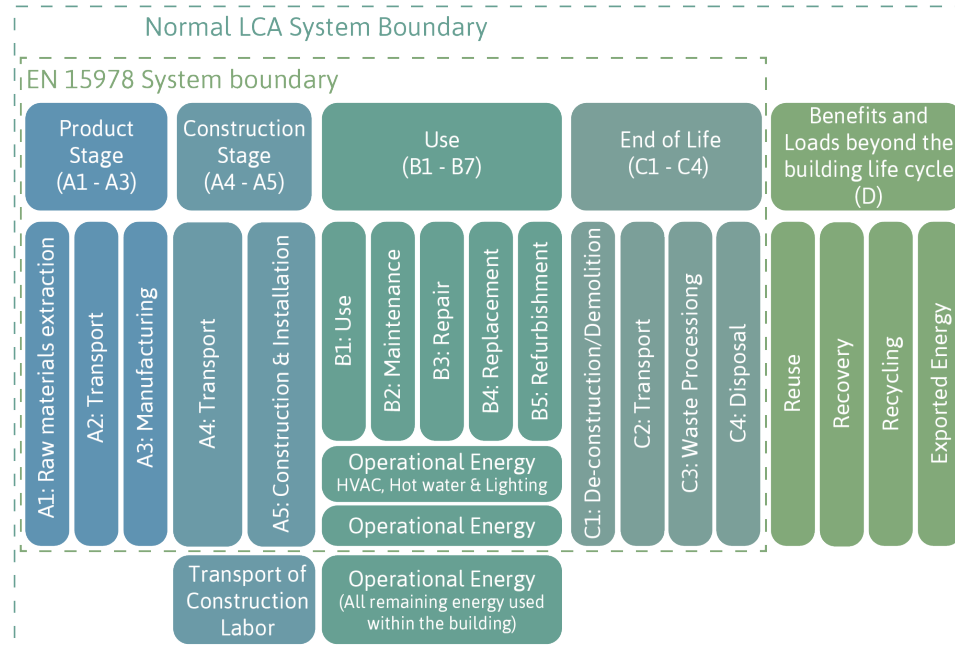
3.2. ELINKAARI ARVIOINTIVÄLINEENÄ

Kestävän rakentamisen kansainvälinen standardointityö luo edellytyksiä sille, että toimijat ymmärtävät tämän rakennusalalle keskeisen tavoitteen samalla tavoin eri puolilla maailmaa. (Ark. tsto Kimmo Lylykangas Oy, 2013) Kansainvälisesti suosittu tapa arvioida rakennuksen ympäristöystävällisyyttä on tarkastella sen elinkaarta. Ympäristöhallinto kertoo *elinkaariarviointin* eli LCA:n (Life Cycle Assessment) olevan väline tarkastella ja analysoida koko elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia. "Täydellinen elinkaari käsittää materiaalien hankinnan luonnosta, niiden prosessoinnin ja kuljetuksen sekä tuotteen valmistuksen, jakelun, käytön, uudelleenkäytön, huollon, kierrätyksen ja hylkäämisen." (Ympäristöhallinto, 2013)

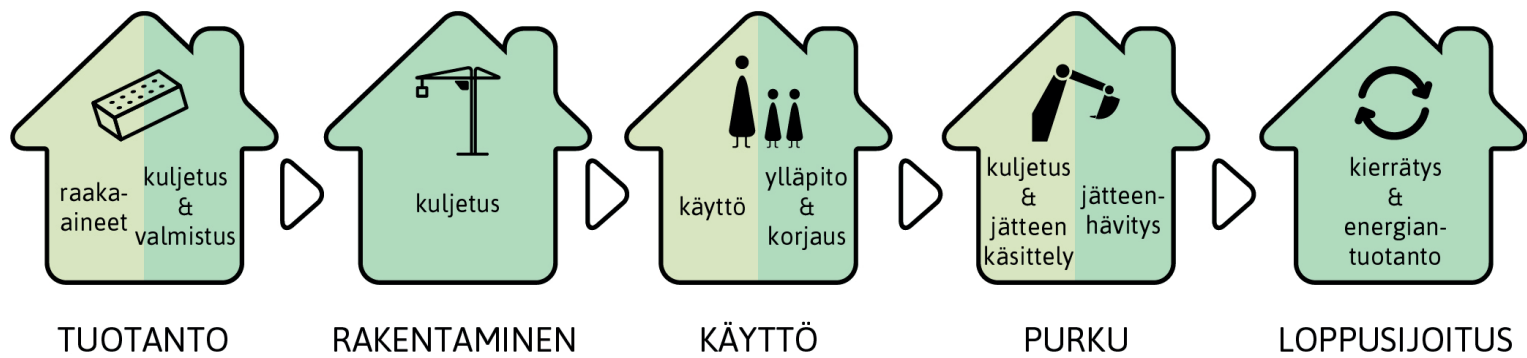
Myös Suomessa on olemassa elinkaariarviointimenetelmiä rakennusten ekologisuutta luokiteltaessa, vaikka rakennusmääräykset eivät sitä edellytä. Green Building Council Finlandin kehittämä Rakennusten elinkaarimittarit- ohjelma voi mitata esimerkiksi energiankulutusta, hiilijalanjälkeä, kustannuksia, tai sisäilmanlaatua. (Ark.tsto Kimmo Lylykangas Oy, 2013)

Elinkaariarviointi on kehitetty ekologisen rakentamisen työskentelyalustaksi, jonka käyttö perustuu nykyiseen tavoitteeseen mitata ja laskennallisesti tehostaa rakentamisesta koituvia hyödyn ja haitan suhteita. Elinkaariarviointi pyrkii muodostamaan kokonaiskuvan, mutta se, miten tarkastelua rajataan ajallisesti tai mitä elinkaarella mitataan, vaikuttaa suuresti sen toimivuuteen kestävästä rakentamisesta välineenä. Elinkaariajatteluun lieneekin syytä suhtautua kriittisesti muun muassa siksi, että se voi oikeuttaa mitattavuuden varjolla rakennuksen lyhyen ja siksi ekologisesti kestävämmän käyttöikätaavoitteen.

Vaikka esimerkiksi Green Buildin Council Finlandin Rakennusten elinkaarimittarit eivät ota huomioon tai ovat ristiriidassa muiden ekologisten näkökulmien kanssa, voidaan elinkaaren vaiheita käyttää kuitenkin tarkasteluvälineenä niiden vaikutusalueita pohdittaessa. Diplomityössä käytettävä elinkaariajattelun malli pohjautuu alla esitettyyn eurooppalaisen standardin kaavioon. (kuva 9) Työn yksinkertaistettu versio elinkaaresta esitettyä viereisellä sivulla. (kuva 10)



KUVA 9 Elinkaariajattelu on esitetty Eurooppalaisessa CEN/TC 350 Sustainability of Construction Works – standardikonaisuudessa. (Muokattu kuva, alkuperäinen : eTool, 2013)



KUVA 10. Yksinkertaistettu kaavio viereisen sivun standardinmukaisesta elinkaaresta. Kaaviosta on karsittu vaiheet, joihin arkkitehtuurin keinoin ei pysty vaikuttamaan. Esimerkiksi rakentamisaikavaiheessa voidaan suosia paikallisia materiaaleja ja vaikuttaa kuljetusmatkoihin, mutta rakennustyömaan ekologiset ratkaisut jäävät työn ulkopuolelle.

3.3. NÄKÖKULMA 1: ENERGIATEHOKKUUS



Rakennuksen ekologisuutta on pisimpään tarkasteltu energiatehokkuuden näkökulmasta, joka keskittyy rakennuksen elinkaaren käytönaikaisiin ympäristövaikutuksiin. Energiatehokkuus ei tavallisesti huomioi muita elinkaaren käyttövaiheen osia, kuten ylläpitoa ja korjausta, vaan keskittyy asumiseen liittyvään energiankulutukseen.

Energiaviraston määritelmän mukaan ”Energiatehokkuus tarkoittaa energian tehokasta käyttöä ja kasvihuonepäästöjen vähentämistä kustannustehokkaalla tavalla” (2016). Nykyiset kansainväliset energiatehokkuusmääritelmät perustuvat samoihin kriteereihin kuin Wolfgang Feistin lähes 30 vuotta sitten kehittämä Passivhaus, passiivitalo (Passivhaus, 2017). Passiivitalolle ei ole tarkkaa määritelmää, mutta passiivisuus viittaa siihen, että energiansäästö-keinojen pääpaino ei ole teknisissä laitteissa vaan rakenteellisissa ratkaisuissa. Passiivitalon tyypillisiä ratkaisuja ovat mm. hyvä lämmöneristys, ulkovaipan ilmatiiviys, ikkunoiden ja ovien hyvä lämmöneristävyyys sekä varaavan massan ja ilmaislämmönlähteiden (passiivinen aurinkoenergia, ihmiset, laitteet) tehokas hyödyntäminen (Lylykangas & Nieminen, 2009). Nykyäänkin energiatehokkuuden passiiviset keinot perustuvat itse rakennuksen ominaisuuksina toimiviin keinoihin, (Lindberg, 2015) kun taas aktiiviset keinot hyödyntävät teknologiaa ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi. Esimerkiksi aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää passiivisesti ikkunoiden kautta tulevana lämpöenergiana tai aktiivisesti aurinkopaneelien tuottamana sähköä.

Energiatehokkuutta kulutusta vähentämällä

Andersson et al. kirjoittama Rakenteellisen energiatehokkuusoppaan mukaan pohjoiseuroopalaisessa ilmastossa suositaan lämmitystarpeen pienentämistä energiatehokkaana lähtökohtana. Kioton kolmio esittää kuvassa 11 energiatehokkaiden toimenpiteiden hierarkian, jossa tärkeimpänä toimenpiteenä esitetään energiantarpeen pienentäminen (Andersson et al., 2015).

Eryteisesti Pohjoismaissa pienen energiantarpeen saavuttaminen passiivisesti lämpöhäviöiden minimoinnilla vaatii rakenteilta korkeaa suorituskykyä. Niin kuin edellä jo mainittiin, nykyrakentamisen kiristyvät U-arvot tarkoittavat eristyksen lisäämistä ja näin ollen kosteusriskien kasvua. (kappale 2.1, viimeinen sivu) joka ei lupaa rakennukselle pitkää käyttöikää. Aktiivisen lämmitystarpeen vähentäminen tiiviillä rakenteilla voi heikentää aurinkoenergian passiivisten hyödyntämisratkaisujen tehoa. Esimerkiksi tehokkaasti eristävät rakenteet pitävät auringon lämmön ulkona myös silloin, kun sitä voitaisiin hyödyntää lämmitykseen.



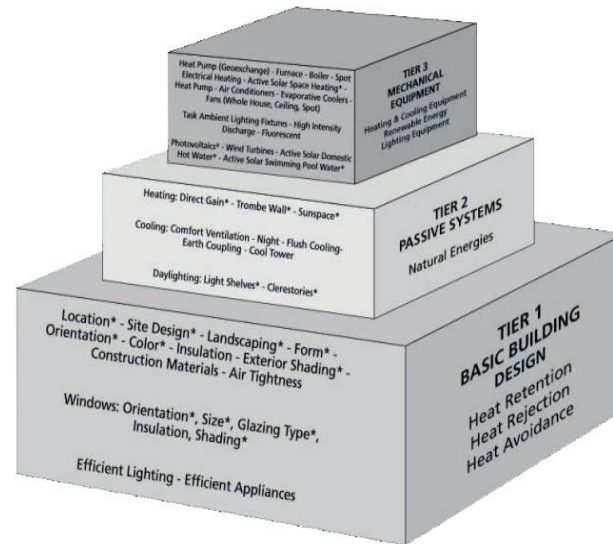
KUVA 11. Kioton kolmio. (Andersson et al., 2015)

Koska rakennusmateriaaleilla on lukuisia ekologisuuteen liittyviä ominaisuuksia, on problemaattista, jos niistä huomioidaan ainoastaan energiatehokkuutta tukevat ominaisuudet. Energiatehokkuus perustuu laskennallisesti määriteltäviin, numeerisesti tarkkoihin tuloksiin. Vaikka jotain ominaisuutta on helpompi mitata kuin toista, ei se välttämättä kuvaa ominaisuuden merkittävyyttä. Näin ollen esimerkiksi polypropeeni saattaa olla energiatehokkaampi kuin puukuitu, mutta ei ekologisempi. Energiatehokkuuden tavoittelu minimoimalla lämpöhäviöitä on osa toimintatapojen kirjoa, mutta yksipuolisesti tarkasteltuna se voi johtaa myös ei-haluttuihin lopputuloksiin.

Passiivitaloon viittaavien passiivisten energiansäästömenetelmien jalansija pienenee energiatehokkuustavoitteiden tiukentuessa, kun rakennuksen luonnollista toimintaa tehostetaan tai korvataan teknisillä laitteilla. Vaikka laitteiden teho entisestään parantuisikin ja uusiutuvan energian käyttö sähkön tuotannossa lisääntyisi, niiden toiminta edellyttää itse sähkön käyttämisen lisäksi lyhyen aikavälin huoltamista ja uusimista, jonka haitat ovat nähtävissä myös suoraan päästömäärissä. Lisäksi laitteiden käyttämällä jalostetulla sähköenergialla on pitkän muutosprosessin takia alhainen hyötysuhde. Ostettuna sen ekologiset ominaisuudet ovat lisäksi heikosti mitattavissa, kuten esimerkiksi päästötaso. (Keto, 2010)

Rakennuksen käyttöenergian ympäristöystävällisyyden mittaaminen ei ole täysin ongelmatonta energiatehokkuuden menetelmin. Tietty määrä matalapäästöistä, esimerkiksi aurinkopaneelilla tuotettua energiaa oikeuttaa käyttämään vastaavan määrän sähköenergiaa, joka on saatettu tuottaa tuulivoimalla tai yhtä hyvin fossiililla polttoaineilla. Tällöin rakennuksen käytön hiilijalanjälki ei nollaannu, vaikka tavoite nollaenergiasta toteutuisikin. Pelkän energiatehokkuuden ollessa mittarina saattaa joskus sen perimmäinen tavoite, ekologisuus, jäädä toiselle sijalle.

Lechner (2015) on kuvannut arkkitehtuurin ekologisia vaikuttamiskeinoja pyramidissa, (kuva 12) jossa passiiviset ratkaisut sijoittuvat pyramidin perustaksi ja ovat siten aktiivisia ratkaisuja merkityksellisempiä. Passiiviset ratkaisut edellyttävät tarkkaa perehtymistä rakennuspaikan ominaisuuksiin, kuten vallitsevaan ilmastoon. Niiden kohdalla oleellista on myös muunneltavuus, sillä esimerkiksi eri vuorokaudenaikoina sama ratkaisu saattaa olla energiahyöty sekä energiahaitta. Tämä diplomityö painottaa passiivisia ratkaisuja keinona säästää energiaa. Niistä kerron enemmän kappaleessa 4.9 *Energiavaikuttavat ratkaisut*.

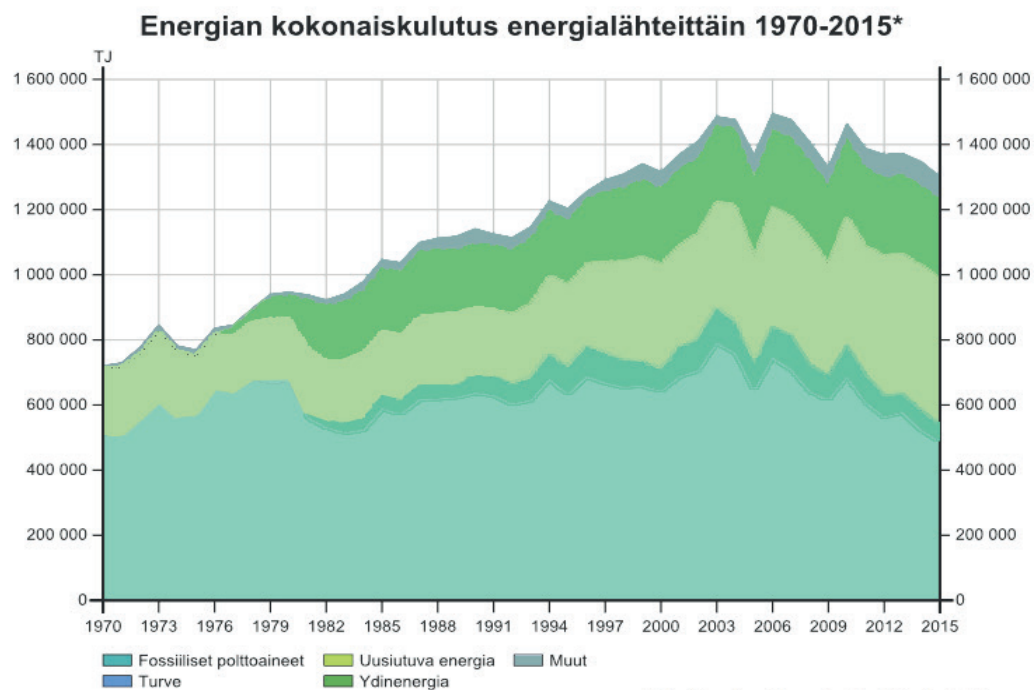


KUVA 12. Energiatehokkuuden keinojen hierarkia. (Lechner, 2015)

Energiavaikuttavuutta energiantuotantoa kehittämällä

Energiätehokkuuden parantamiseen voidaan vastata sekä energian käyttötarvetta pienentämällä, että energiantuotannon päästöjen vähentämisellä, jota tässä työssä kutsutaan *energiavaikuttavuudeksi*. Alla oleva kaavio (kuva 13) kertoo, että vaikka energiankulutus on merkittävästi lisääntynyt 30 vuoden sisällä, on fossiilisten polttoaineiden käyttö lähtenyt merkittävään laskuun tällä vuosituhanella. Uusiutuvan energian osuus on samalla kasvanut ja sen lisääminen kuuluu kansallisiin päästövähennystavoitteisiin. Tämä suhdanne huomioidaan useasti esiteltäessä passiivi- ja lähes nollaenergiarakennusten energiatehokkuustaulukoita, joissa rakennusten käyttöenergian päästöt laskevat tasaisesti vuosikymmenten päähän ennustettaessa. (kuva 14)

Maapallolle saapuvien energiavirtojen määrä vuosittain on noin 15 000 -kertainen maailman energiankulutukseen verrattuna. (Bokalders & Block, 2009). Näiden energiavirtojen, eli uusiutuvan energian käyttö vastaa siis murto-osaa mahdollisesta potentiaalista. Teknologian kyky valjastaa uusiutuva energiaa tehokkaammin käyttöömme tulevaisuudessa voi tehdä nykyisen määritelmän mukaisen energiatehokkuuden huomioinnin ekologisuudessa lähes turhaksi. Kansainväliselle tasolle tulevaisuudessa laajentuva hajautetun energian integrointi osaksi energiajärjestelmää minimoi tuoton häviöt ja monipuolistaa yksittäisen kohteen ja alueiden uusiutuvan energian käyttömahdollisuudet. Myös pienen mittakaavan hajautettu tuotanto, kuten mikroturbiinit ja polttokennot, tarjoavat pienellekin lämmön ja sähkön kuluttajalle uusia teknologisia mahdollisuuksia (Hirvonen, 2000) Madaltuvat diagrammit kertovat paitsi energian tarpeen pienemisestä, myös sen tehostamisen vähenevästä merkityksestä tulevaisuuden ekologisessa rakentamisessa.



KUVA 13. Fossiilisten polttoaineiden käyttö on kääntynyt merkittävään laskuun vuoden 2003 jälkeen. Niiden osuus kokonaisenergiankulutuksesta oli vuonna 1970 noin 70%, kun vuonna 2015 osuus oli enää noin 35%. (Tilastokeskus, 2017)

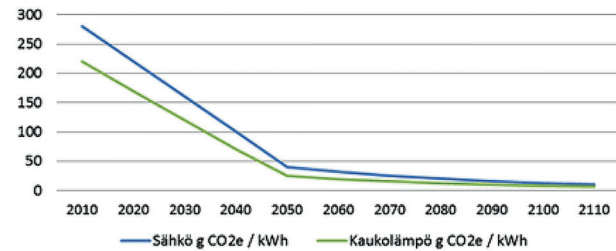
Maapallon riskirajat

Energiatehokkuus saattaa olla vastaus ilmastonmuutokseen, mutta ei huomioi muita ympäristöuhkia ja näin ollen saattaa jopa vaikuttaa niihin negatiivisesti. Stockholm Resilience Center määritteli kymmenen ihmisen aiheuttamaa maapallon luonnonmuutosta riskirajoineen. Viereisen palstan kaavio (kuva 15) osoittaa, että kolmen kohdalla raja peruuttamattomien muutosten ehkäisemiseen on jo ylitetty. Ilmastonmuutos ei kuulu näihin vielä.

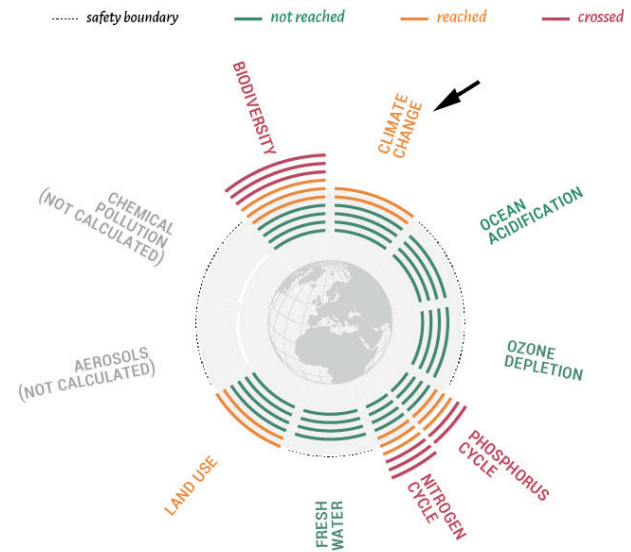
Kestävällä rakentamisella voimme vaikuttaa kaikkiin luontoa uhkaaviin katastrofeihin, kun määrittelemme tavoitteet vastaamaan niistä jokaiseen parhaalla mahdollisella tavalla. Diplomityön väite on, että ekologinen rakentaminen edellyttää kehittämään energiatehokkuuden rinnalle muita keinoja.

Energiatehokkuuden keinojen priorisointia tulisi tarkoin harkita, kun tarkastellaan kestävää rakentamista. Parhaat tulokset edellyttävät sekä määrällisten että laadullisten tekijöiden huomioonottoa. Energiatehokkuus ei huomioi rakennuksen koko elinkaaren ympäristöystävällisyyttä, eikä sen mittausmenetelmät siihen kattavasti riittäisikään. Energiatehokkuus toimii ensisijaisena ekologisuuden indikaattorina parhaiten, kun sillä mitataan energian, eikä esimerkiksi rakennusmateriaalin ominaisuuksia. Sen merkityksen voi nähdä vähentyvän tulevaisuudessa uusiutuvan energiantuotannon lisääntyessä, jolloin koko rakennuskulttuurin perustaminen ainoastaan energiatehokkuudelle on ekologisesti kannattamatonta. Energiatehokkuus on näin ollen vallitsevalla hetkellä kestävä rakentamisen välttämätön osa, ei kokonaisuus.

Energiantuotannon ominaispäästöjen kehitys



KUVA 14. Kaavio esittelee Energiateollisuuden Visio 2050-hankkeeseen pohjautuvan energian päästöjen kehityksen. Tulevaisuutta ennustavaa laskentaskenaariota käytetään useasti arvioitaessa energiatehokkaan rakentamisen päästöjä. (Pasanen et al., 2011)



KUVA 15. Stockholm Resilience Center -tutkimuslaitoksen kaavio maapallon riskirajoista, joista yksi on ilmastonmuutos. (Steffen, Will, 2015)

3.3.1. ISO-BRITANNIAN ZERO CARBON HOMES - VAIHTOEHTOINEN TARKASTELUTAPA ENERGIATEHOKKUUTEEN

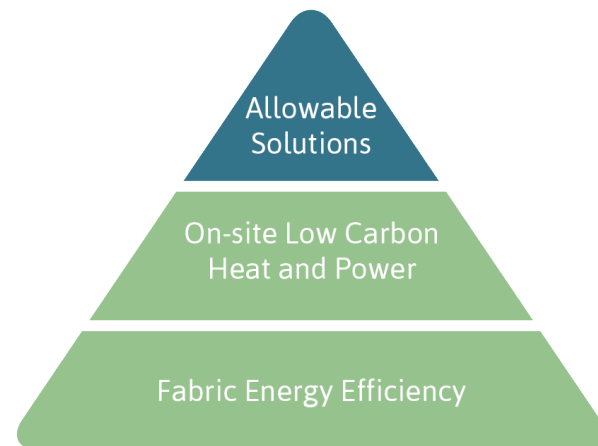
Energiatehokkuuden kertoimien sijaan ympäristöystävällisyyden indikaattorina voi toimia myös hiilidioksidipäästöt, joiden vähentämiseen energian tehokas käyttö pyrkii. Zero Carbon Standard on Iso-Britannian vastine EPBD:n säätämään direktiiviin lähes nollaenergia-taloista. Zero Carbon Homes standardin kohdalla tulee huomata, että konsepti koskee ainoastaan asuinkerrostaloja ja sen lopullinen tulos mittaa rakennuksen käytön aikaisia hiilidioksidipäästöjä, eikä Euroopan komission yhdenmukaisuuden nimissä määräämää energiatehokkuutta. Tavoitteena on kuitenkin energiankäytön minimointi tiiviillä vaipparakenteella ja hiilineutraaliuden saavuttaminen omavaraisella uusiutuvalle energialle. Sähkön hinta on Iso-Britanniassa korkea, (Telegraph, 2015) joka on osaltaan myös edistänyt energian omavaraisuuden nousemista ekologisen rakentamisen keskiöön.

Zero Carbon, eli tässä tekstissä nollahiili -standardi, perustuu kolmeen vaatimustasoon, joilla on jokaisella minimiarvon lisäksi yhteisesti jaettavaa joustovaraa lopullisen nollatason saavuttamiseksi. Tasot yhdessä muodostavat hierarkian, jonka tekijöiden merkittävyys. asvaa pyramidikuvaajassa. (kuva 16.)

Ensimmäinen taso on *Fabric Energy Efficiency Standard* (FEES) eli vapaasti käännettynä vaipan energiatehokkuus-standardi, joka perustuu nollapäästörakennuksen enimmäislämmitys- ja viilennysenergian tarpeen vähentämiseen rakennuksen vaipan eristävyys tehostamisella. (Zero Carbon Hub, 2017) Energiatehokkuuden tulee ylittää vähintään annettuun minimitehokkuuteen. Saavutettu loppuarvo mitataan energiatehokkuutena muodossa kWh/m²/vuosi. Oleellinen seikka on, että alemman tason tehokkuus saa vaihdella, jos se pystytään kompensoimaan seuraavilla pyramidin tasoilla.

On-site Low Carbon Heat and Power, hiilitase, asettaa lopullisen maksimi-arvon rakennuksen kaikille käytön aiheuttamille hiilidioksidipäästöille. Energiatehokkuuden sijaan mitataan suoraan CO₂-päästöjä muodossa kgCO₂(eq)/m²/vuosi, jolla pystytään vastaamaan suoraan hallituksen asettamiin päästövähennystavoitteisiin. Hiilitaseella kompensoidaan jäljelle jäävät päästöt muilla suunnitelluilla ratkaisuilla, jotka voivat olla passiivisia (aurinkoenergian hyödyntäminen lämmitykseen) tai aktiivisia (aurinkopaneelit).

Jos suunniteluratkaisut paikan päällä eivät riitä hiilidioksidipäästöjen nollautumiseen, on käytettävissä pyramidin huippu, *Allowable Solutions*. Taso määrittää keinot, joilla hiilidioksidipäästöjä voidaan kompensoida ulkopuolisilla ratkaisuilla rahallisesti. Keino perustuu hallituksen asettamiin vuoden 2016 uusien nollahiilikotien päästötavoitteiden saavuttamiseen, mutta ovat edelleen kehiteltävinä. Taloudellisesta näkökulmasta päästöjen korvaamisessa ongelmia aiheuttaa muun muassa hiilidioksidipäästöjen arvon määrittäminen sekä korvattavien päästönaiheuttajien rajaaminen.

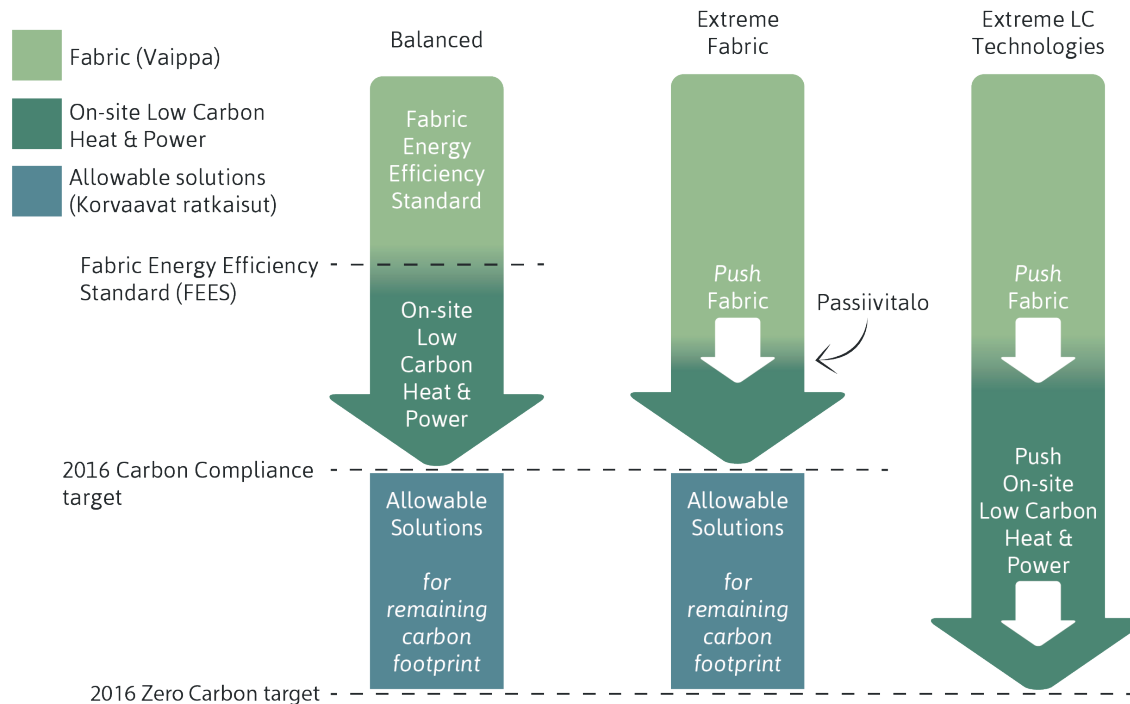


KUVA 16. Zero Carbon Homes- standardin hierarkia ekologisista ratkaisuista. (Zero Carbon Hub, 2017)

Vaikka jokaisella tehokkuustasolla on omat yksikkönsä ja minimirajansa, on niiden painotusta kokonaistuloksessa mahdollista vaihdella. Zero Carbon -Standard on määrittänyt seuraavaksi esiteltävät kolme lähestymistapaa, joilla energia ja päästöt tehokkuusarvot vaihtelevat. (kuva 17)

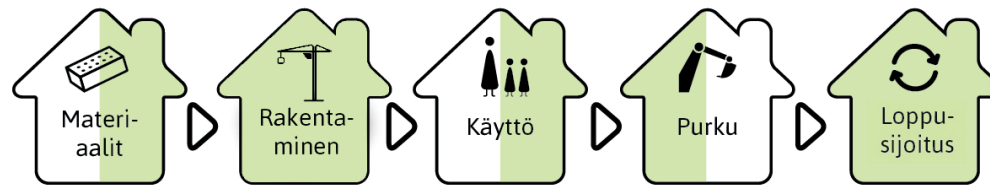
Balanced, eli tasapainoitettu lähestymistapa perustuu raja-arvojen (FEES ja Carbon Compliance) noudattamiseen, jossa lopulliseen tavoitteeseen yltäminen edellyttää rahallista kompensatiota. *Extreme fabric*, perustuu nimensä mukaisesti vaipan energiatehokkuuden parantamiseen lisäämällä sen lämmönvarastointiominaisuuksia. Tällöin päästöjä vähentävien, teknologisiin ratkaisuihin painottuvien keinojen merkitys pienenee tai häviää kokonaan. *Extreme Low Carbon Technologies* painottaa vaipan rakenteen ohella paikanpäällä tuotettavia, vähähiilisiä energiantuotanto-muotoja, sillä rakennus ei tällä lähestymistavalla tuota yhtään päästöjä ostoenergiaa käyttämällä.

Iso-Britannian ja Suomen sääöksiä yhdistää niiden käytönaikaisen energiankulutuksen huomioiminen ainoana osana rakennuksen koko elinkaarta. Vaikka mittayksiköt vaihtelevat, mitataan rakennuksen ympäristöystävällisyyttä ainoastaan sen mukaan, kuinka vähällä ostoenergian määrällä rakennus tulee toimeen. *Fabric Energy Efficiency Standard* on verrattavissa lämpöhäviön tasauslaskelmaan, jolloin ainoana erona voidaan nähdä teknisten laitteiden puuttumisen. Nollahiilistandardi painottaa rakennuksen passiivisten suunnitteluratkaisujen merkitystä lähtökohtana energiatehokkuudelle. Vasta tiukennetut lähestymistavat yltävät ominaisuuksiltaan vastaamaan Suomen lähes nollaenergiarakennusta. Joustavuus suunnittelutavoitteiden toteuttamistavoissa mahdollistaa monenlaiset rakennus- ja materiaalivalinnat, kuitenkin edellyttäen uusiutuvan energiantuotannon mahdollisuuksien huomioimisen.



KUVA 17. Zero Carbon Homes- strategiat nollahiilisyiden tavoittamiseksi. (Zero Carbon Hub, 2017)

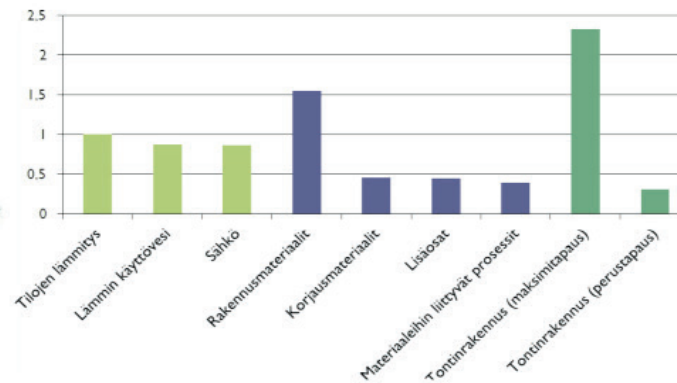
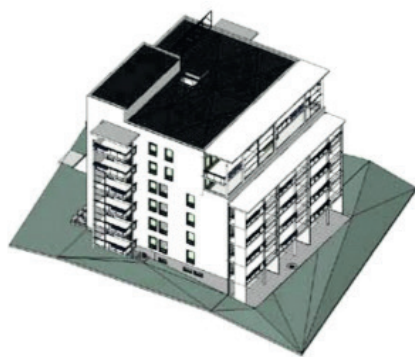
3.4. NÄKÖKULMA 2: HIILIJALANJÄLKI



Hiilijalanjälkilaskennasta on kehitetty useita laskureita, joilla voidaan selvittää rakennuksen ilmastovaikutuksia. Rakennuksen hiilijalanjälki voidaan laskea koko elinkaaren osalta tai tiettyä vaihetta tarkastellen. Diplomityön tarkastelu rajautuu rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeen, painottaen tuotanto- ja yleisesti elinkaarilaskentaan kuulumatonta loppusijoitusvaihetta. Näiden lisäksi hiilidioksidipäästöihin vaikuttaa kierrätysprosessit puruvaiheessa, sekä käytön aikaiset huollot. Rakentamisaikana arkkitehti voi vaikuttaa lähellä tuotettujen materiaalien ja rakennusosien käyttöön. Ulkopuolelle jäävät käyttövaiheen energiasta aiheutuvat päästöt. Tämä on perusteltua, koska kappale 3.3 Näkökulma 1: Energiatohokkuus käsittelee päästöt tehokasta energiatuotantoa ja tuo esiin materiaalien ominaisuuksien merkityksen energiatohokkuustarkastelussa.

Ympäristöministeriön mukaan "kun rakennusten energiatohokkuus paranee ja sähkö- ja kaukolämmön hiilijalanjälki pienenee, rakennusmateriaalien suhteellinen osuus rakennusten hiilijalanjäljestä kasvaa" (Ympäristöministeriö, 2014). Pelkän käytön aikaisen energiatohokkuuden lisäksi onkin alettu tutkia miten paljon päästöjä rakennus tuottaa koko olemassaolonsa aikana. Hiilijalanjälkilaskennan apuna käytetään rakennukselle määritettyä elinkaarta, joka toimii tarkasteluvälineenä myös tässä diplomityössä. Laskennassa on mahdollista huomioida kaikki ne materiaali- ja energiavirrat, joilla on elinkaaren

aikana vaikutusta hiilijalanjälkeen. Elinkaaren hiilijalanjälki ilmaistaan tyyppillisesti kokonaissummana hiilikvivalenttitonnia ja sen yksikkönä on tn CO₂e. (GBC Finland, 2013) Suomen rakennusmääräykset eivät vielä edellytä hiilijalanjälkilaskentaa, mutta ympäristöministeriön tämänhetkinen tavoite on lisätä hiilijalanjälki rakentamisen säädöksiin 2020-luvun puoliväliin mennessä. (Ympäristöministeriö 2, 2016)



KUVA 18. Rakennusmateriaaleista aiheutuvien kasvihuonepäästöjen (tn CO₂e) suhde tilojen käytöstä aiheutuviin päästöihin 50 vuoden aikana. Esimerkkikohde on Helsingissä sijaitseva 6-kerroksinen betonielementeistä valmistettu nollaenergiatalo. (Talja, 2014)

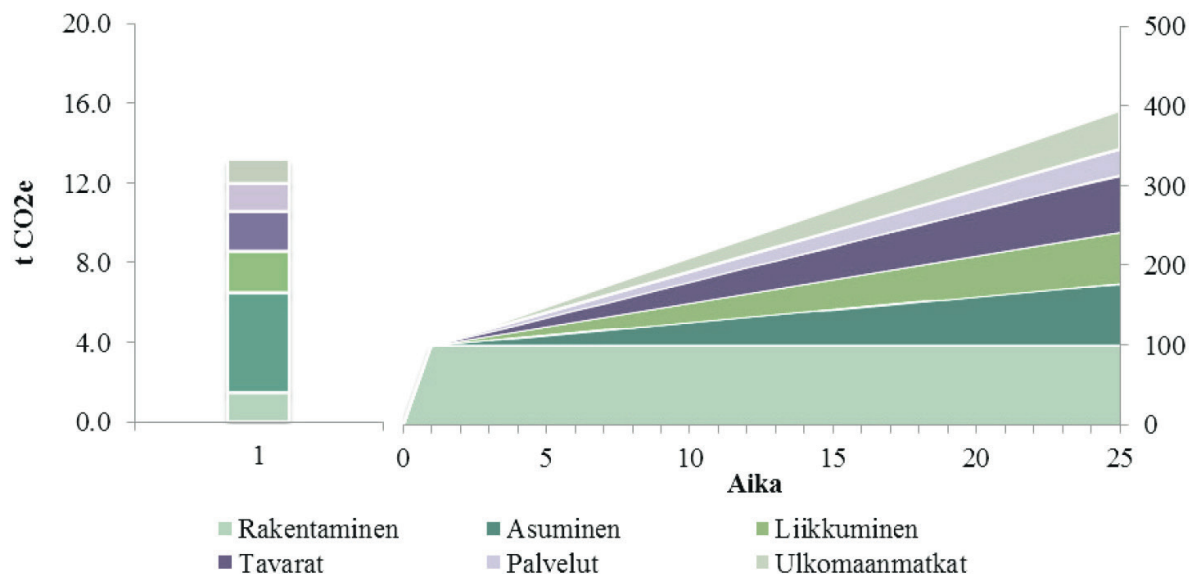
Rakennusmateriaalien päästöt elinkaarilaskennassa

VTT:n teettämässä tutkimuksessa rakennusmateriaalien kasvihuonepäästöjen osuus edellisen sivun esimerkikohteen kohdalla oli noin neljännes kaikista kasvihuonepäästöistä 50 vuoden elinkaaren aikana. (kuva 18) Tällöin rakennusmateriaalien aiheuttamat päästöt kattoivat noin puolet päästöistä, jotka muodostuivat rakennuksen lämmityksestä, lämpimästä käyttövedestä ja sähkönkulutuksesta yhteensä (Talja, 2014).

Rakennusmateriaalit vaikuttavat eniten rakennusvaiheen päästöihin. Sitran teettämän tutkimuksen mukaan puurunkoisen kerrostalon päästöt ovat rakennusvaiheessa 29 % pienemmät kuin betonirakenteisella (Kuittinen, 2014).

Tutkimukset väittävät, että vaikka rakentamisvaiheen huomiointi elinkaareissa on tärkeää, aiheutuu suurin päästö määrä rakennuksen käytön aikana (Pasanen et al., 2011). Väite perustuu rakennuksen pitkäksi oletettuun elinikään, jolloin rakentamisen aikaiset päästöt jaetaan usealle vuodelle, eivätkä ne näin ollen korostu kokonaistarkastelussa.

Alla oleva Säynäjoki et al. (2014) tekemä kaavio (kuva 19) osoittaa, kuinka tarkasteltavalla aikavälillä on suuri merkitys hiilijalanjäljen ekologiselle merkittävyydelle. Kaaviossa on vasemmassa pylväässä esitetty keskimääräisen asukkaan vuotuinen hiilijalanjälki ja oikealla uuteen rakennukseen muuttaneen asukkaan hiilijalanjälkikertymä muutosta alkaen. Kaaviosta on nähtävissä havainnollisesti, että vaikka rakentamisen päästöt keskimääräisen asukkaan hiilijalanjäljessä eivät nouse kovin näkyvään rooliin, ovat ne ylivoimaisesti suurin yksittäinen päästökategoria vielä pitkän ajan kuluttua kumulatiivisessa päästökertymässä, kun uudiskohteen rakentamisen päästöt jaetaan sinne muuttavien asukkaiden kesken. (Säynäjoki et al. 2014) Vastaava tulos saataisiin elinkaarilaskennassa, jossa päästöt keskittyisivät tarkastelemaan vain rakentamisvaihetta. Keskimääräinen hiilijalanjälki rakennuksen ennustetun käyttöiän aikana ei ohjaa kumulatiivisen tarkastelun tavoin kiinnittämään huomiota rakentamisesta aiheutuviin lyhyen aikavälin ympäristövaikutuksiin. 25 vuoden kuluttua peruskorjaaminen nostaa hiilijalanjälkeä entisestään, rakentamisen hallitessa



KUVA 19. Periaatekuva aikaperspektiivin vaikutuksesta päästöjen tulkintaan, kun vertaillaan keskimääräisen asukkaan vuotuista hiilijalanjälkeä uudiskohteeseen muuttavan asukkaan aiheuttamaan kumulatiiviseen päästökertymään. (Säynäjoki et al., 2014)

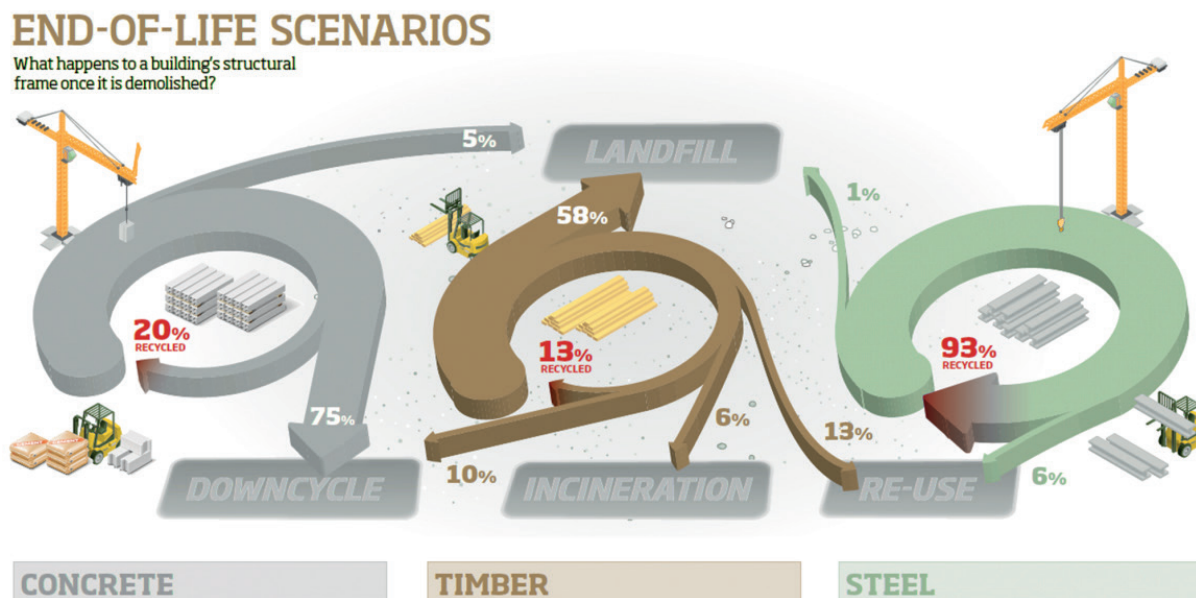
Päästötehokkuutta kierrättämällä ja lähituotannolla

Kun tarkastelu siirtyy energiankulutuksesta hiilidioksidipäästöihin, moninkertaistuu myös huomioitavien tekijöiden määrä eri vaiheissa rakentamista. Miten tulisi huomioida kaikki tuotanto- ja toimitusketjun päästöt kuhunkin hyödykkeeseen liittyen? Joidenkin elinkaaren osa-alueiden rajaaminen laskennan ulkopuolelle saattaa tehdä toimimattomat ratkaisut helpoksi. Alkuvaiheessa raaka-aineiden lisäksi päästöjä aiheuttavat lopputuotteen valmistus ja oheisraaka-aineet, kuten kyllästeet ja suojausaineet, sekä kuljetus. Puu pystyy rakennusmateriaalina varastoimaan sen metsässä sitoman hiilidioksidin rakennukseen vuosikymmeniksi ja pärjää siksi hyvin päästötarkastelussa. Ekologisen puuelementin kuljettaminen esimerkiksi Keski-Euroopasta Suomeen kasvattaa kuitenkin merkittävästi materiaalin kokonaispäästöjä.

Päästöjen määrään vaikutetaan päästötehokkuudella, eli tehostamalla luonnonvarojen kulutusta. Tavoitteeksi asetetaan silloin materiaalien, raaka-aineiden ja energian mahdollisimman vähäinen käyttö. Tällä tavoin voidaan onnistua vähentämään koko rakennuksen elinkaaren haitallisia ympäristövaikutuksia. Rakentamisessa tulisivin turvallisuudesta tinkimättä miettiä, miten rakentamistapoja kehittämällä voisi pyrkiä vähempään materiaalin käyttöön.

Kierrätys on päästötehokkuutta ja rakennuksen purkuuunnitelman tekeminen osana hyvää rakentamistapaa säästää luonnonvaroja tulevaisuudessa. (Talja, 2014) Jos materiaali pystytään hyödyntämään uusiokäytössä, voidaan sen päästöistä uudessa elinkaaressa vähentää laskennallisesti tuotannosta syntyneet päästöt. Rakennusosien uusiokäytön vaatiessa pitkän prosessointiketjun sitoutuu kierrätysvaiheeseen paljon energiaa ja materiaaliin sidottu energia menetetään. Siksi olisi tärkeää, että rakennusosat olisivat mahdollisimman vähällä muokkauksella uusiokäytettävissä.

Rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö on ekologisesti kannattavaa, mutta nykyisessä kierrätyksessä suuri osa jätteestä ei ole hyödynnettävissä sellaisenaan tai ollenkaan. VTT julkaisi muiden pohjoismaiden tutkimusryhmien kanssa raportin koskien EU:n asettamaa jätedirektiiviä, (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, 2008) jonka mukaan vuoteen 2020 mennessä vähintään 70 % rakennus- ja purkujätteestä pitää hyödyntää muutoin kuin energiana tai polttoaineena. Raportin mukaan kierrätystavoitteen ongelma on sen eri kierrätysmuotojen huomioimattomuus. (Talja, 2014)



KUVA 20. Esimerkki purettavan betoni-, teräs- ja puurunkoisen rakennuksen rungon materiaalin kierrättämisestä. (Talja, 2014)

Direktiivi ei erottele sitä, onko jätteet hyödynnetty parhaisiin mahdollisiin kohteisiin neitseellisiä luonnonvaroja korvaten, vai käytetty funktioltaan toissijaisiin sovelluksiin. Esimerkiksi Betonin uusiokäyttö perustuu betonin uudistuotantoon, koska kierrätysbetoni ei kelpaa yksinään alkuperäiseen tarkoitukseensa. Syynä tähän on betonin monimutkaisen koostumuksen aiheuttama pitkä jatko-prosessointi, joka uudelleenkäytössä edellyttää mm. entistä suurempaa suhteellista määrää korkeapäästöistä sementtiä. Suurin osa Suomessa tuotetusta vajaasta miljoonasta tonnista betonijätettä päätyy maarakentamiseen, ja lähes viidesosa ei hyödynnetä ollenkaan (Vakkuri, 2011). Tämänkaltainen loppuunkiertäminen (downcycling) ei toteuta ekologisesti kestävästä rakentamisen periaatteita. Lisäksi jäljelle jäävä 30 % jätteiden kokonaismäärästä tulee päätyämään vielä tulevaisuudessakin suoraan hyödyntämättömänä kaatopaikalle ja energiantuotantoon. Rakennusteollisuudessa tulisi ottaa tavoitteeksi luonnon kiertokulkuun perustuva upcycling, jonka avulla rakennusmateriaalin on mahdollista säilyttää toimivuutensa rakennusaineena (Ellen MacArthur foundation, 2012). Tämä loisi synergiaa ekologisen ja ekonominen toiminnan välille.

Päästötotehokkuuden lisäksi tulisi pohtia, mitä rakennustuotteille tapahtuu niiden käyttöajan jälkeen. Hiilijalanjälki pystyy mittaamaan materiaalien ominaisuuksia lähes kaikkien elinkaaren vaiheiden aikana, mutta ei kerro, mikä rakennuksen osien ympäristövaikutus on niiden elinkaaren lopun jälkeen tai tuotantoprosessin alussa. Mikäli kierrätetty rakennusaine muuttuu lopulta käyttökelvottomaksi, tulisi myös tietää, minkälainen vaikutus sillä on ympäristölle sinne päätyessään. Hiilidioksidin lisäksi materiaali saattaa vapauttaa useita muita haitallisia yhdisteitä jo ennen jätteeksi päätymistään. Koska nämä jäävät hiilijalanjälkilaskennan ulkopuolelle, ei vähähiilisyys riitä kertomaan kaikkea materiaalien ekologisuudesta. Lisäksi sanaan tehokkuus sisältyy oletus haitasta, jonka vaikutus pyritään poistamisen sijaan minimoimaan (ks. Käsitteekappaleen tehokkuus). Se ei itsessään ole edellytys lopputuloksen ympäristöystävällisyydelle.

Hiilijalanjäljen elinkaarilaskenta on tuonut mukanaan mahdollisuuden uudenlaiseen, vastuullisempaan rakentamistapaan, jossa jokainen rakentamisen vaihe on tarkoin optimoitu mahdollisimman päästöttehokkaaksi. Hiilijalanjälkilaskennalla voidaan vaikuttaa energiatehokkuutta laajemmin välittömiin ympäristövaikutuksiin. Materiaalien hiilijalanjälkilaskennan tärkeys tulee korostumaan tulevaisuudessa, kun energiankulutuksen osuus ekologisessa rakentamisessa pienenee.

Rakentamisesta aiheutuvien hiilidioksidimäärien laskenta ohjaa tehokkaampaan rakennusmateriaalien kierrätykseen ja antaa oikean suunnan kohti ekologista suunnittelua. Energiatehokkuuden tavoin myöskään hiilijalanjälki ei kuitenkaan yksinään riitä varmistamaan ympäristön riittävää huomioonottoa. Ekologisuutta mittaavat monet materiaalien ja rakennusosien tekijät, joita tarkastellaan lisää kappaleissa 3.5 Elinkaarivaikuttavuus ja 3.6 Elinkaaritehokkuus.

3.4.1. NORJA - ZERO EMISSION BUILDING – HIILINEUTRAALI ELINKAARI

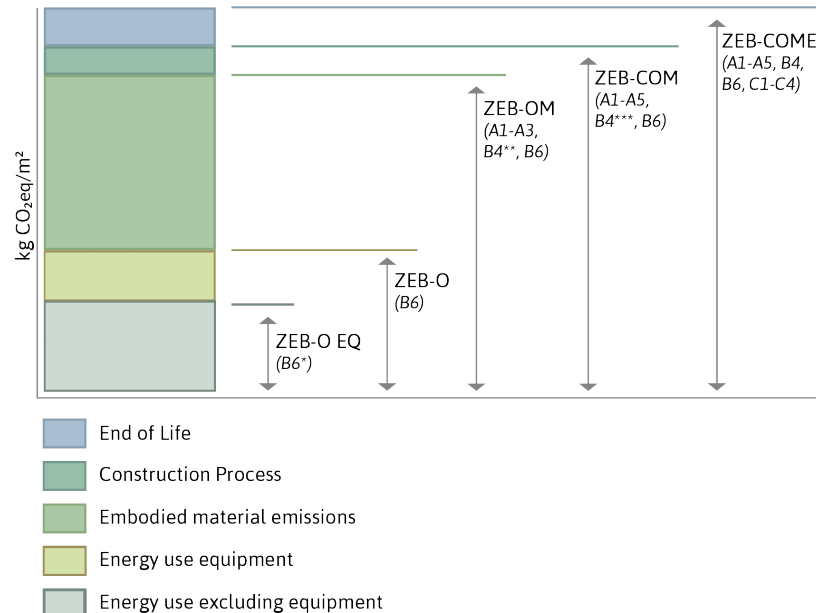
Norjan Zero Emission Research Center on kehittänyt kansainvälisiin elinkaari-standardeihin perustuvan konseptin vastaamaan EU:n päästötavoitteeseen. Norjan mallin tapaista, standardeihin nojaavaa lähestymistapaa on käytetty myös GBC Finlandin Rakennusten elinkaarimittarit-oppaassa, mutta Suomen rakennusmääräykset eivät vielä elinkaariajattelua huomioi. Ilmastovaikutusten osalta laskentatapa oppaassa perustuu samoihin kriteereihin kuin Norjan ZEB-määritelmän materiaalien päästölaskenta. (GBC Finland, 2013)

Norjan energiatehokkuus-strategia pyrkii edellisen kappaleen esimerkin tapaan hiilineutraaliuuteen, mutta koko rakennuksen elinkaaren osalta. Tavoitteena on Zero Emission Building, eli nollaemissiorakennus, jonka elinkaaren aikaisten päästöjen ja tuotetun energian yhteenlaskettu tulos on nolla. Elinkaaren vaiheet noudattavat Norjan kansallista NS-EN15978: 2011-mukaista taulukkoa.

Kaikista elinkaaren vaiheista aiheutuneita päästöjä kompensoidaan rakennuksen omavaraisen energian tuotolla, joka verkkoon myytyinä on tulos on negatiivinen kun rakennus tuottaa enemmän energiaa kuin ostaa. Riippuen siis korvautun energian saastuttavuudesta, voi omavaraisuus tuoda suurenkin panoksen rakennuksen elinkaaren päästötasaukseen laskennallisesti.

ZEB-COM edustaa Zero Emission Building-määritelmän mukaista tasoa rakennuksesta, jolla "ei ole yhtään tuotannosta, käytöstä tai purkamisesta johtuvia päästöjä". (Fufa et al., 2016) C tarkoittaa rakentamista (construction), O käyttöä (operation) ja M käytettyjä materiaaleja. Koska konseptin tutkijat näkivät tavoitetason haastavaksi saavuttaa nykyisillä teknologian keinoilla, laadittiin useampia matalampia tavoitetasoja, joilla päästöttehokkuus painottuu eri osiin elinkaarta. (kuva 21)

COME laskee materiaalien koko elinkaaren, myös purkuvaiheen C1 vaiheesta eteenpäin. OM-tasolla lasketaan myös materiaalien tuoton ja rakentamisen aiheuttamat päästöt. Tasolle O ja O-EQ ei lasketa lainkaan materiaaleista aiheutuvia emissioita, vaan ainoastaan rakennuksen käytöstä aiheutuneet päästöt. Alin taso, O-EQ (operational energy -energy use for equipment) sulkee lisäksi ulos kaiken laitteiden kuluttaman sähköenergian.

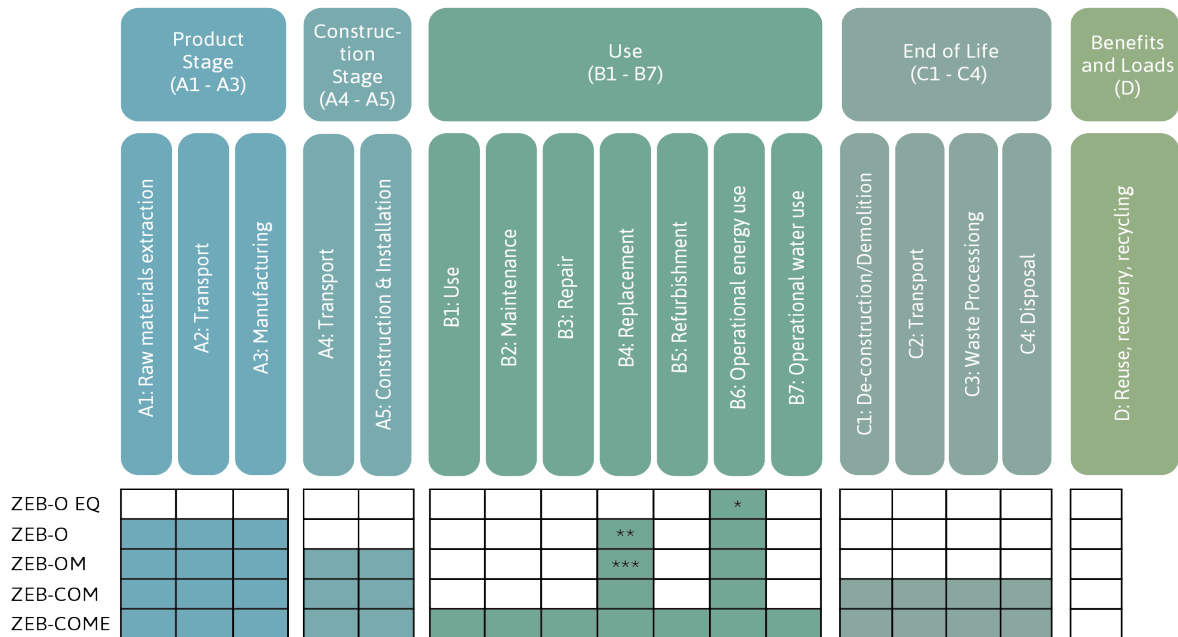


KUVA 21. Kaavio Zero Emission Building- tavoitetasoista. Kaaviosta näkee, että taso ZEB O-EQ on helpoin saavuttaa ZEB COM:n ollessa vaatimustasoltaan haastavin. (Fufa et al., 2016)

Taulukosta 21 voi huomata, että OM -tason huomiointi kasvattaa huomattavasti rakennuksen päästöhokkuutta. Powerhouse Kjørbo -pilottiprojektin yhteydessä olivat tutkijat huomanneetkin, että materiaalin tuotanto-, kuljetus-, rakennus-, korjaus- ja purkuvaiheet kuluttivat 40 % energiaa ja tuottivat 60 % hiilidioksidipäästöjä rakennuksen kokonaisarvioista, tuotannon osuuden ollessa 85 % kummastakin (Fufa et al., 2016). (kuva 3.4.1.2)

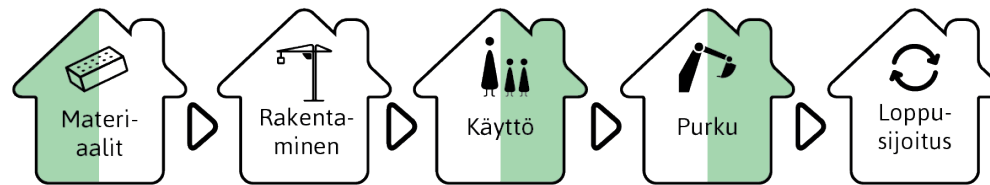
Tavoitetasojen lisäksi ZEB-painottaa laskennan yhdenmukaisuutta sekä käytetyn ja tuotetun energian matalapäästöisyyttä omavaraisella energiatuotannolla. Energiatohokkuudelle on asetettu lähtöarvot, jotka rakennuksen tulee täyttää tavoitetasosta riippumatta. Norjan rakentamismääräykset antavat minimivaatimukset lämmitykselle, viilennykselle, luonnonvalon määrälle, vaipan lämpöhäviölle sekä ilmastoinnille. Tähdätystä tavoitetasosta riippuen päästöjen käytönaikainen vähentäminen voi vaatia mittavaa aktiivisten ratkaisujen käyttöä energiatohokkuuden parantamiseksi, vaikka kestävämpiä passiivisia ratkaisuja halutaan ensisijaisesti suosia.

Norjan Zero Emission Building ei nimestään huolimatta ole päästötön rakennus, vaan hiilineutraalius perustuu päästöjen kompensointiin omavaraisenergialla. Kahden eri ekologisen mittarin laskennallinen yhdistäminen ja oikeiden kertoimien löytäminen ei ole tämänkaltaisessa menetelmässä ongelmatonta. Norjan ZEB ja GBC Finlandin elinkaarimittarit eivät määrittele elinkaaren viimeistä vaihetta, loppukäyttöä, rakennuksen elinkaaren raja-arvojen sisäpuolelle, vedoten siihen, että saatua energiaa ja materiaaleja ei voi laskea rakennuksen hyödyksi, kun rakennus on jo hävitetty. (Fufa et al., 2016) Toisaalta hiilijalanjälkilaskennalla ei ole mahdollista huomioida ympäristökuormaa, joka syntyy suoraan rakennusjätteestä tai välillisesti kierrätysprosessin kautta. Norjan Zero Emission Building ottaa kuitenkin kattavasti elinkaaren muut vaiheet huomioon ja tuo esille rakennusmateriaalien moninaiset vaikutustavat ekologisessa rakentamisessa.



KAUVA 22. Kaavio Zero Emission Building- tavoitetasojen vaikutusaloista. (Fufa et al., 2016)

3.5. NÄKÖKULMA 3: ELINKAARIVAIKUTTAUVUUS



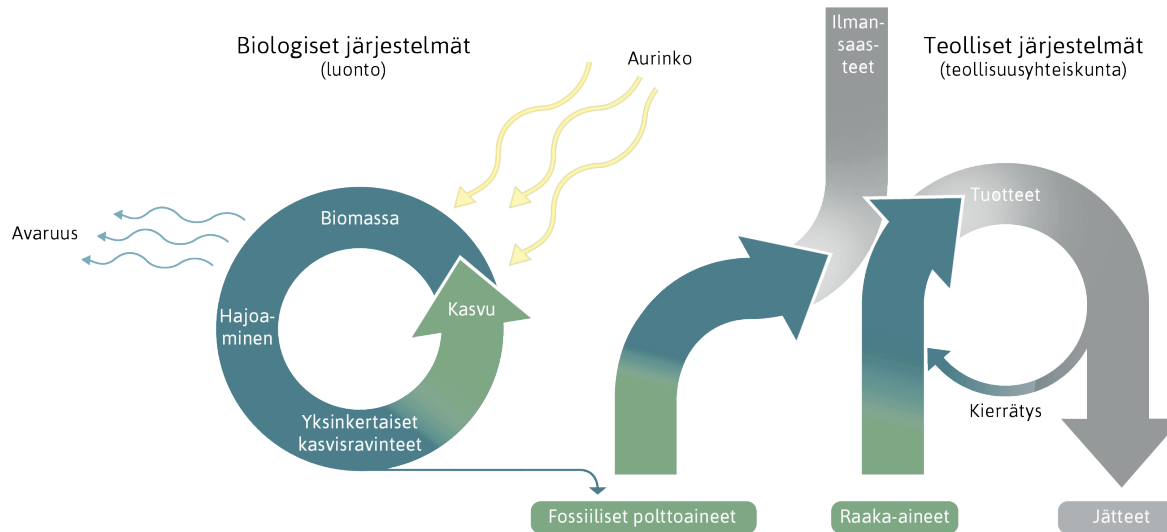
Elinkaarivaikuttavuus tarkoittaa tässä diplomityössä rakennuksen kykyä olla häiritsemättä luonnon kiertokulkua sen elinkaaren alussa ja lopussa. Tarkastelualue rajautuu elinkaaren tuotanto- ja purkuvaiheeseen, sekä rakennuksen ylläpidon osalta käyttövaiheeseen. Materiaalivalinnat tehdään rakennusprojektin alussa, jolloin voimme vaikuttaa käytettävien luonnonvarojen ekologiseen kestävyteen. Loppuvaihe määrittää, mitä rakennuksen osille tapahtuu elinkaaren ulkopuolella ja mikä niiden vaikutus on ympäristöön.

Valituilla rakennusmateriaaleilla on suuri vaikutus rakennuksen ympäristöystävällisyyteen. Materiaalien tuotantoprosessi aiheuttaa päästöjä, mutta lisäksi käytettyjen raaka-aineiden poistaminen ekosysteemin käytöstä aiheuttaa haitan ympäristölle. Käyttämämme raaka-aineiden osuus ja uusiutuvuusnopeus luonnossa määrittää siten niiden elinkaarivaikuttavuuden tuotantovaiheessa. Tuotettujen materiaalien hajoamisnopeus ja toksisuus jätteenä mittaa rakennuksen lopullisen ympäristökuorman. Elinkaarivaikuttavuutta on kutsuttu myös termillä ekovaikuttavuus (Löfroos, 2013). Elinkaarivaikuttavuus eroaa ekovaikuttavuudesta rajaamalla tarkastelun elinkaareen ja diplomityön määrittämiin vaiheisiin. Se ei perustu laskennallisuuteen, vaan laajalaiseen tietoon aineista, joita käytämme rakentamisessa.

Luonnon kiertokulku ja kierrätys

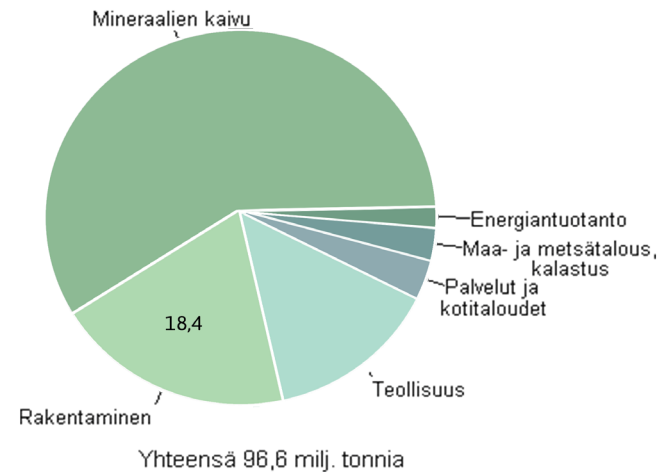
Ekosysteemimme perustuu biologiselle, suljetulle järjestelmälle, jossa luonto saa kaiken tarvitsemansa energian auringosta. Koska aineelliset resurssimme ovat rajalliset, on luonnon ainoa ehto toimiakseen ylläpitää aineen täydellistä kiertokulkua (Löfroos, 2013). Teollistumisen luoma järjestelmä muokkaa luonnon uusiutumattomia raaka-aineita aineellisiksi tuotteiksi ja energiaksi, josta ihmisen tai luonnon omat prosessit eivät voi sitä uudelleen hyödyntää. Tällä tavoin tuotamme resurssipulan lisäksi koko ekologista kestävyttä uhkaavia ympäristöongelmia. Aineen kiertokulun tulisi aina perustua luonnon omaan toimintaan, sillä ihmisen keksimä järjestelmä ei ole koskaan täysin suljettu tai elämää ylläpitävä (Bokalders & Block, 2009). Ihmisen ja luonnon kierrätysjärjestelmät on esitetty kuvassa 23.

Rakennuksen purkamisen jälkeen sen materiaalit joko hyödynnetään uudestaan tai toimitetaan kaatopaikalle. Mitä vähemmän purkujätettä kierrätetään, sitä enemmän käytetään raaka-aineita. Teolliseen aineen kiertokulkuun perustuva kierrätys voi toimia osana ekologisesti kestävästä rakentamisesta, jos materiaali pystytään hyödyntämään alkuperäistä tarkoitustaan vastaavassa käytössä, eikä se uusiokäytön jälkeen ole ongelmajätettä. Oleellista näiden kaikkien materiaalien kohdalla on, että niiden jatkoprosesointi ei ole muokannut niiden kemiallista muotoa, eikä niitä ole yhdistetty pysyvästi toisen aineen kanssa. (Talja, 2014) Uusiokäytön kannattavuus ei siis ole yksiselitteinen elinkaarivaikuttavuuden näkökulmasta.



KUVA 23. Syklisessä luonnonjärjestelmässä aine kiertää suljetussa kehässä. Teollisuuden keinotekoinen kiertokulku muodostaa jätettä, joka aiheuttaa vahinkoa ekosysteemeille. (Bokalders & Block, 2009)

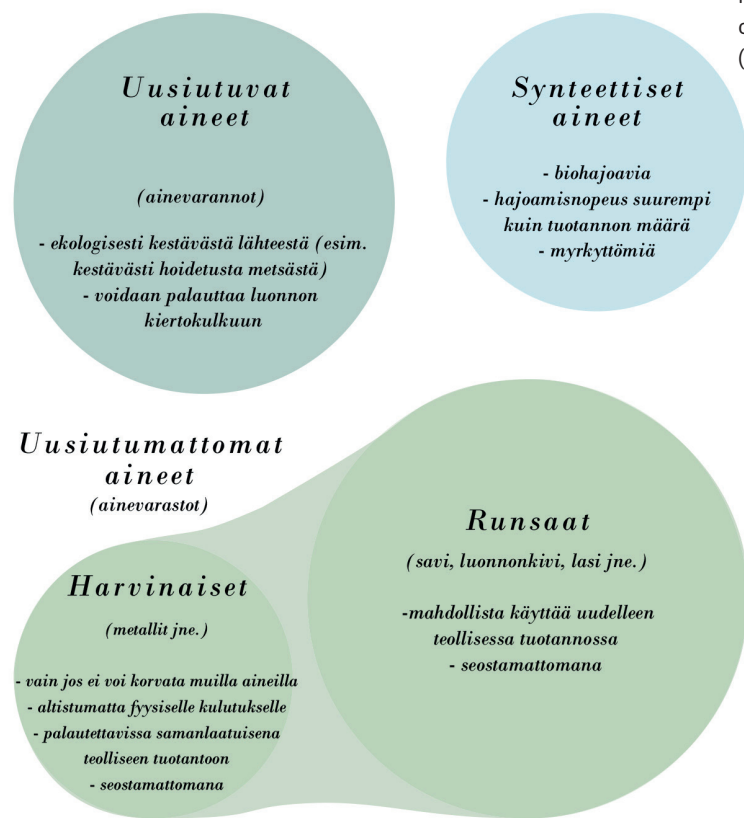
Vuonna 2011 rakennusjätettä oli viidennes kaikesta tuotetusta jätteestä (Tilastokeskus, 2013). (kuva 24) Tilastokeskuksen mukaan rakennusjätettä kertyi yhteensä 18,4 miljoonaa tonnia. Kierrätystä on tehostettu huomattavasti lähivuosina, mutta silti suoraan kaatopaikalle kertyvää, kierrättämiseen kelpuuttamatonta rakennusjätettä oli edelleen vuonna 2011 250 000 tonnia. Vaikka kaikesta tuotetusta rakennusjätteestä suurin osa hyödynnetään ensin tehokkaasti kierrätyksessä, päätyvät kaikki rakennusjätteet lopulta luonnon prosessien hävitettäväksi. Useat haitalliset aineet heikkenevät laadultaan kierrätettäessä, eivätkä ole kestävästi hyödynnettävissä uudelleen. Muovijätteestä osa voidaan lopuksi hävittää polttamalla, mutta esimerkiksi PVC aiheuttaa myrkyllisiä päästöjä ja näin ollen ei ole hyödynnettävissä energiantuotannossa. Rakennuksen ekologisuuden kokonaistarkastelussa jätteen ympäristöystävällisyydellä tulisi olla iso rooli, sillä ekologisesti kestävämmien jätteiden hajomisajat kaatopaikalla ylittävät nykyisten rakennettavien rakennusten linkaaret moninkertaisesti. Hajotessaan vähitellen kaatopaikalla myrkylliset aineet aiheuttavat vahinkoa luonnolle ja ihmiselle.



KUVA 24. Jätteiden käsittely vuonna 2011. 1000 tonnia vuodessa. Suuri osa jätteestä kierrätettiin elinkaarivaikuttavuuden kannalta vaihtelevilla tavoilla. Tilastokeskuksen mukaan silti noin 250 000 tonnia rakennusjätteitä päätyi kaatopaikalle. Koko alkuperäinen jättemäärä päätyy lopulta teollisen kierrätyskehän ulkopuolelle aiheuttaen ympäristöongelmia. (Tilakeskus, 2013)

Ekologisesti kestävät rakennusmateriaalit

Koska kulutamme mittavia määriä luonnonvaroja rakentamiseen, on ensisijaisen tärkeää varmistaa, että niistä tuotetut aineet eivät ole haitallisia ekosysteemille elinkaaren tuotanto- eikä purkuvaiheissa. Uusiutumattomat luonnonvarat ovat maapallomme ehtyviä resursseja, ja ne kuuluvat ihmisen aikamittakaavassa pysyviin ainevarastoihin, joiden käytöllä on useimmiten jonkinasteinen ympäristöhaitta. Niiden uusiokäyttö on kuitenkin useissa tapauksissa tehokasta, esim. rautaa pystytään hyödyntämään muuttamattomana lukuisia kertoja, eikä se pieninä määrinä aiheuta luonnossa ympäristö-ongelmia. Oleellista ainevarastojen kanssa on käyttää niitä sekoittamatta muihin aineisiin niin, että irrottaminen ja uudelleenkäyttö ovat myöhemmin mahdollisia. Uusiutumaton aine hajoaa ympäristöönsä hyvin hitaasti tai ei lainkaan ja sen tuotanto lisää luontoon päätyvän aineen määrää. Siksi sitä tulisi käyttää mahdollisimman vähän ja huolehtia aineen mahdollisimman täydellisestä kierrätyksestä.



Begen mukaan poikkeuksena tähän sääntöön ovat maankuoren lähellä sijaitsevat runsasmääräiset aineet, kuten luonnonkivi ja savi, jotka ovat kosketuksissa biosfääriin ja ovat käytettävissä ilman monimutkaista prosessointia (Berge, 2009.) Nämä eivät ole haitallisia päätyessään takaisin luontoon, joten niiden uusiokäyttö on silti ekologisesti kannattavaa.

Biokierrätettävyys on luonnonmukaiseen aineen kiertokulkuun perustuva ominaisuus, jossa aine päätyessään ympäristöön on haitaton, ja lisäksi palautuu osaksi ekosysteemiä. Tällaisia ovat uusiutuvat aineet, jotka muodostavat hyvin lyhyellä aikavälillä uudestaan hyödynnettäviä ainevarantoja. Kierrätysprosessi on näin ollen absoluuttinen ja sen lopputuotoksena on uusi, neitseellinen aine.(Löfroos, 2013)

Uusiutuvien rakennusaineiden käytössä on oleellista, että käytön määrä ei ylitä ekosysteemin vuosittaista kasvua. Biodiversiteetin kannalta oleellista on aineen palautus luonnon prosesseihin muodossa, jossa se pystytään hyödyntämään.(Berge, 2009) Alla olevassa kuvassa esitetty ympäristöystävälliset rakennusaineet. (kuva 25)

KUVA 25. Elinkaarivaikuttavat rakennusaineet. (Alkuperäinen kuva: Löfroos, 2013. Muokattu: Landsdorff, 2015)

Ihminen on tuottanut teollistumisen aikakaudella kymmeniä tuhansia synteettisiä aineita, joilla tarkoitetaan alun perin luonnollisia raaka-aineita, jotka ovat läpikäyneet kontrolloidun, korkeita lämpötiloja sisältäneen kemiallisen käsittelyn (Berge, 2009). Tällaisten aineiden ominaisuudet vaihtelevat laajasti, mutta suuri osa niistä on ympäristölle ja ihmiselle haitallisia. Laakso et al.:in (2016) tekemän tutkimuksen mukaan esimerkiksi muovimatot sisältävät myös hajoamattomana terveyshaitan ihmiselle. Sen sijaan, että myrkyllisten mikrobien määrää vähennetään sisäilmasta tehokkaalla ilmanvaihdolla, voisi ongelman ratkaista myös käyttämällä valmiiksi ihmiselle ja luonnolle terveellisiä aineita. Euroopan komission (2002) tekemän tutkimuksen mukaan rakennusten ilmanlaatua heikentävät ilmatiiviiden rakenteiden lisäksi saastelähteiden lisääntyminen sisätiloissa.

Koska kemiallisia yhdistelmiä tuotetaan valtavia määriä, ja niiden sisältöä usein suojaa tuottajan salassapito-oikeus, ei niiden haitallisuuden mittavuudesta ole tarkkaa tietoa. Monet vaikutukset syntyvät testaamisen kannalta liian hitaasti, tai ovat monimutkaisen yhteisvaikutuksen tulosta. Synteettisten aineiden ei saa antaa kertyä luontoon, siksi niiden joukosta tulisi käyttöön valikoitua vain luontoon tarpeeksi nopeasti hajoavat. (Landsdorff, 2016) Niiden sekoittaminen ympäristöystävälliseen aineeseen tekee kokonaisuudesta luonnolle haitallista jätettä. Tällaisia hybridiaineita ovat mm, CLT ja vaneri, joiden rakenteet pysyvät koossa biohajoamattomalla liimalla.

Elinkaarivaikuttava rakennus ei jätä jälkeensä ympäristöhaittaa, jonka kompensointiin luonnon prosesseilla menee yli rakennuksen elinikä aikaa. Jotta ongelmat eivät siirry yhdestä tuotantoketjun kohdasta toiseen, on tärkeää ottaa huomioon luonnonvarojen käytön kokonaiskuva. Materiaalin matkaa voidaan pitkittää ja sen suhteellista hyötysuhdetta parantaa, mutta lopulta se päättyy teollisuuden kierrätysketjusta rakennusjätteeksi. Materiaaleilla ja rakenteilla on muitakin ominaisuuksia kuin ne, mitä niille annamme (Mattila, 2014). Tästä johtuen niitä on arvioitava ei vain rakentamisen vaan myös ympäristön etuja ajatellen. Elinkaarivaikuttavuus luo lopulta selkeät raamit kestäväälle rakentamiselle, mutta vaatii aineen ominaisuuksien monipuolista tarkastelua.

3.5.1. WOODCUBE – BIOKIERRÄTETTÄVÄ ASUINKERROSTALO



KUVA 26. Woodcube ei eroa ympäröivien rakennusten arkkitehtuurilta merkittävästi julkisivuverhoilua lukuunottamatta. (Archdaily, 2017)

Woodcube on arkkitehtitoimisto Architekturgenturin suunnittelema viisikerroksinen asuinkerrostalo Saksan Hampuriin vuoden 2013 IBA-asuntomessuja varten. Rakennus edustaa tässä kappaleessa esimerkkiä materiaalivaikuttavasta rakennuksesta, jossa on pyritty käyttämään lähinnä ekologisesti kestäviä, asukkaille terveellisiä aineita. Kahdeksan asunnon kerrostalo koostuu lähinnä paksuista, tehdasvalmisteisista massiivipuuelementeistä, joilla rakennus saavuttaa saksalaisen matalaenergia-standardin. (kuva 26) Woodcube on rakennettu itävaltalaisella Holz100- konstruktiosysteemillä, jossa vaaka-, pysty- ja viistosuunnassa olevat puulevyt on kiinnitetty toisiinsa ainoastaan pyökkiruuvein. Rakennuksen seiniin ja välipohjiin ei siis ole käytetty liimaa, nauvoja tai muoveja, joista saattaisi irrota haitallisia kemikaaleja sisäilmaan tai jotka kuluttaisivat rakennetta (IBA Hamburg, 2017).

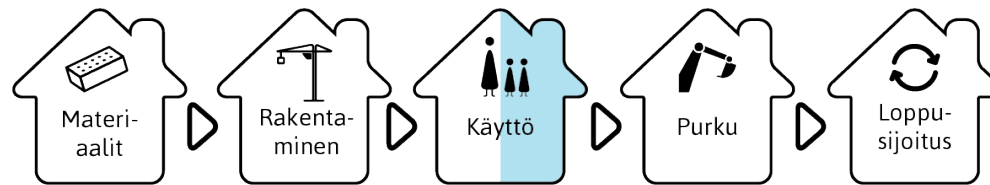
Seinä- ja katonrakenteen testauksen ja tutkimuksen tuloksena tarvittava palonkestokyky on saavutettu ilman sprinklauslaitteistoa sekä rakenteen suojaamista tai kyllästämistä. Rakenteen ilmanpitävyyttä on parannettu neljän sentin paksuisella puukuitulevyllä ja se on kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan homeutumaton. (IBA Hamburg) (kuva 27)

Massiivirakenteen puulevyjen pintaan on ennen yhdistämistä uritettu pinta, jolloin ilmarakoina toimiessaan ne parantavat rakenteen eristävyyttä (Archdaily, 2017) Teräsbetonirakenteista porrashuonetta lukuun ottamatta rakennus on lähes kokonaan yksiaineinen ja myrkytön, joka tekee siitä hyvän materiaalivaikuttavan esimerkin. Lähes koko rakennus on biokierrätettävä, jolloin se käyttöaikansa jälkeen ei jätä jälkeensä hajoamattomia jätteitä. Lisäksi rakennusaineista ei irtoa sisätiloihin käyttäjille haitallisia kemikaaleja.



KUVA 27. Rakennus on koottu myrkyttömistä massiivipuuelementeistä. (Archdaily, 2017)

3.6. NÄKÖKULMA 4: ELINKAARITEHOKKUUS



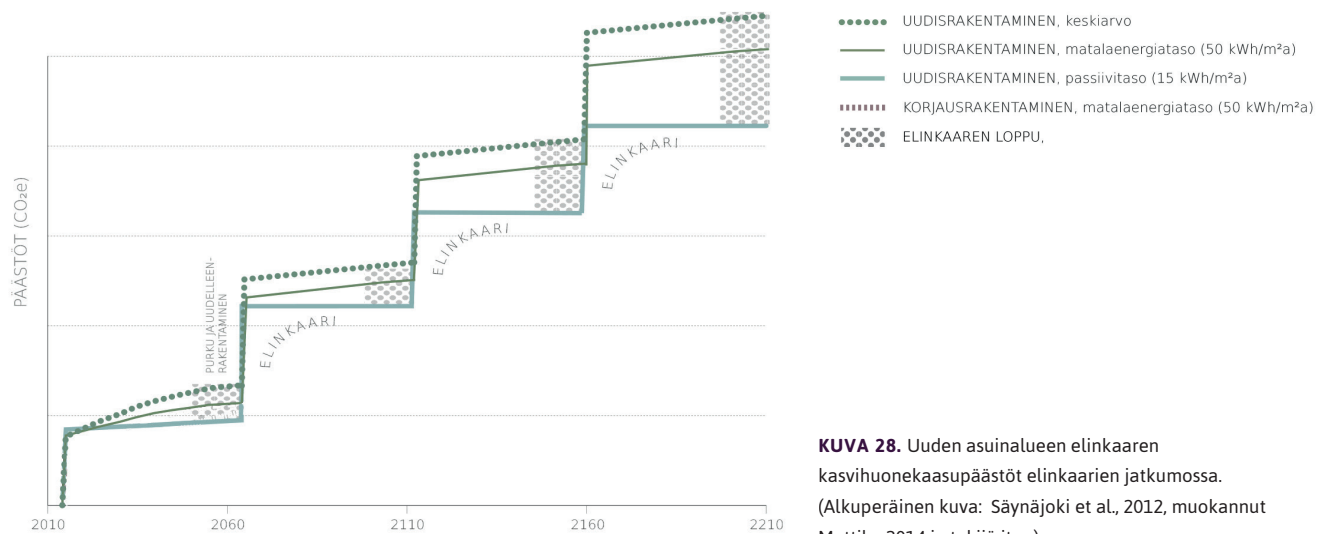
Elinkaaritehokkuus pyrkii ottamaan mahdollisimman suuren hyödyn irti luonnonvaroista, joita rakentamiseen on käytetty. Elinkaaritehokkuuden vaikutus rajautuu rakennuksen käytön ylläpito - ja korjaus-osaan, jolla on oleellinen vaikutus rakennuksen käyttöajan pidentämiseen. Elinkaaritehokkuuden asettamat tavoitteet kohdistuvat tässä diplomityössä rakenteisiin ja niiden osiin, sekä muutamiin sosiaalisiin vaikutuskeinoihin, joissa arkkitehdilla on suuri rooli.

Edellinen kappale käsiteli rakennukseen käytettyjen materiaalien merkitystä. Elinkaaritehokkuus pyrkii pidentämään rakennuksen käyttöikä, ja näin hyödyntämään joka tapauksessa käytettäviä luonnonvaroja tehokkaasti jo saman elinkaaren aikana. Elinkaarivaikuttavuuden tapaan sille ei ole laskentamenetelmää, sen sijaan onnistuminen mitataan rakennuksen pitkällä käyttöaikaennusteella. Tehokkuus tässä tapauksessa tarkoittaa sitä, että luonnonvarojen kulutus hidastuu, kun uusien rakennusten rakentamisväli pitenee.

Tehokkuus elinkaarijatkumossa

Elinkaarta voi tarkastella sen osatekijöiden lisäksi niiden sarjana, elinkaarijatkumona. Jos oletuskäyttöäksi otetaan tässä diplomityössä aikaisemmin mainittu 50 vuotta, (ks. kappale 2.1 *Suomen ekologisen rakentamisen tila*) näyttää taulukko allaolevan kuvan 28. esimerkin kaltaiselta.

Elinkaarijatkumossa korostuu lyhyen elinkaaren aiheuttama ympäristön kuormittuminen hiilidioksidipäästöillä. Kaaviosta 28



KUVA 28. Uuden asuinalueen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt elinkaarien jatkumossa. (Alkuperäinen kuva: Säynäjoki et al., 2012, muokannut Mattila, 2014 ja tekijä itse.)

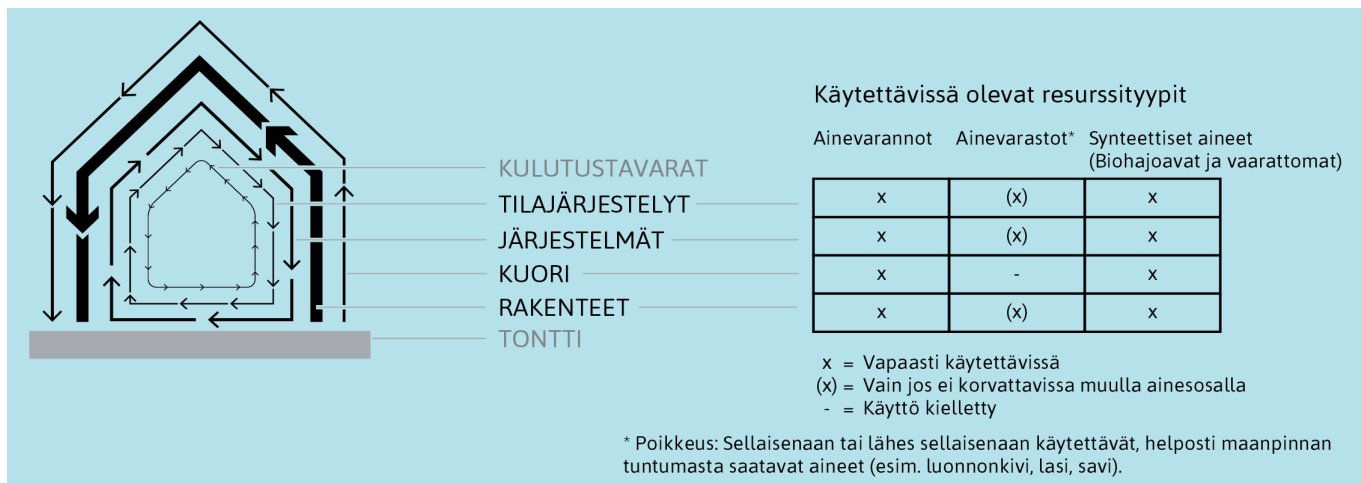
näky, minkälainen vaikutus rakentamiskulttuurillamme on pitkällä aikavälillä, kun tarkastellaan energiatehokkuuteen pyrkiviä rakennuksia. Energiatehokas rakennus kuluttaa vähän energiaa käytön aikana, mutta aiheuttaa suuren hiilipiikin rakennettaessa. Puolen vuosisadan päästä rakennus puretaan ja jos suurin osa rakennusmateriaalista kierrätetään kestävästi tai heitetään kaatopaikalle, on seuraavan rakennuksen käytettävä neitseellisiä luonnonvaroja hiilijalanjäljen kasvaessa jälleen uuden rakennuksen verran. Rakennukseen sen elinkaaren puolesta välissä toteutettava peruskorjaus ei anna lisää elinikää, vaan on edellytys, jonka avulla valmiiksi elinkaarihokkuuden näkökulmasta varsin kunnianhimmottomasta tavoitteesta voidaan pitää kiinni. Kolmannen elinkaarien päättyessä on nykyrakentamisen periaatteen toteutettu rakennus kuormittanut ympäristöä moninkertaisesti enemmän kuin vanhan kannan edustaja. Mattilaa lainaten "Tulevaisuuden rakentamisessa on katsottava välittömien vaikutusten lisäksi pitempiaikaisia ja laajempia asiayhteyksiä." (Mattila, 2015)

Elinkaarivaikuttavien rakennusaineiden käyttö ei yksin riitä poistamaan elinkaarijatkumon esiin nostamia ympäristöongelmia. Vaikka rakennus purkujätteenä palaisi osaksi luonnon kiertokulkua, se hajotessaan vapauttaa varastoimansa hiilidioksidia. Rakentamisvaihe aiheuttaa päästöjä, jonka lisäksi elinkaarivaikuttavia aineita voidaan myös käyttää liian paljon. Rakennuksen käyttöikä pidentämällä voidaan vähentää hiilipiikkien määrää, sekä luonnonvarojen käyttöä elinkaarijatkumotarkastelussa.

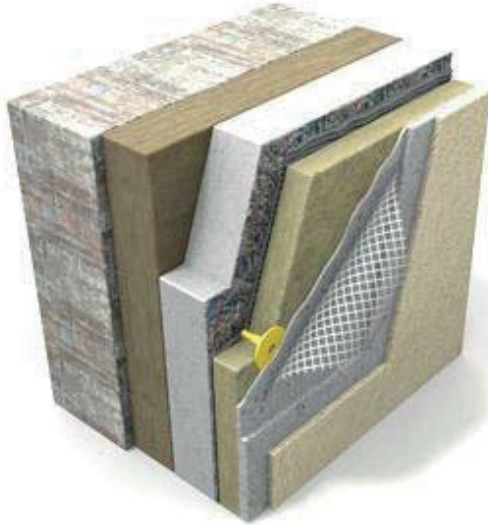
Rakennuksen käyttöaikaa pidentävät keinot

Elinkaaren käyttövaiheen pidentäminen vaatii rakennusosilta ennen kaikkea joustavuutta, jolloin ne sopeutuvat edelleen käytettäväksi ajan ja paikan muuttuessa. (Hakanen, 1993) Rakenteen muuttumattomuus pitkällä aikavälillä on tärkeää, mutta oleellista on huomioida myös kyseessä olevan rakennusosan kestävyden tarpeellisuus suhteessa sen tehtävään. Esimerkiksi vaihtelevien sääolosuhteiden armoilla olevat rakenteet kuluvat kestävydestä ja korkealaatuisuudesta huolimatta. Moneen kertaan vaihdettaville rakenteille tärkeää on myös purettavuus, sekä runsaan luonnonvarojen käytön takia materiaalien ympäristöystävällisyys. (ks. kappale 3.5 Näkökulma 3: Elinkaarivaikuttavuus) Rakenteiden purettavuus on yksi arkkitehti ja tutkija Bjørn Bergen teoksessa *The Ecology of Building Materials* esittämistä rakennuksen sopeutuvuudelle (salvageability) tärkeistä peruseriaateista (Berge, 2009). Jos rakennuksen käyttötarkoitus tai ympäröivät olosuhteet muuttuvat, on mahdollista purkaa ja vaihtaa toimimaton rakennusosa.

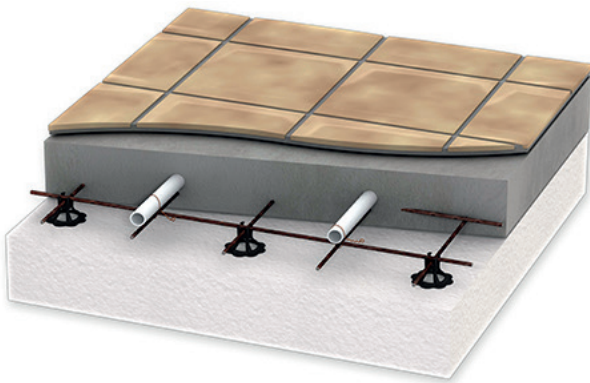
Tärkein käyttövaiheen pituuteen vaikuttava periaate on Bergen mukaan rakennekerrosten ylläpidettävyyden, (kuva 29) jolloin jokainen rakennuksen osa on saavutettavissa ja näin ollen huollettavissa muita osia vahingoittamatta. Tällöin rakennusosien korjaus pidentää koko rakennuksen käyttöikää entisestään eikä vain ohjaa sitä kohti ennalta määritettyä elinkaaren loppua.



KUVA 29. Rakennuksen osat jaoteltuina odotetun käyttöiän mukaan. Kuvan oikeaan reunaan on koottu taulukko resursseista ja niiden ekologisesta kestävästä käytötavasta. (Alkuperäinen kuva: Brand, 1995. Muokattu: Löfroos, 2013)



KUVA 30. Moniaineisten rakenteiden toiminnallisuutta eri olosuhteissa on vaikeaa ennustaa. (Paroc, 2017)



KUVA 31. Usein lyhytikäisintä osaa on mahdoton vaihtaa rakenteen kuntoa heikentämättä tai vaihtamatta koko rakennetta. (Rakentaja.fi, 2017)

Useat nykyään käytössä olevat rakennusmateriaalit eivät kestä aikaa johtuen niiden ekologisesti kestävämmästä yhdistelystä. Se mikä tekee sandwich-elementistä eristävän ja jäykän, tekee siitä myös vaikean purkaa ja vaurioherkän. Esimerkiksi kuvan 30. betonisandwich-elementin sisäosassa olevaa eristekerrosta ei pääse vaihtamaan purkamatta myös ulompia rakennekerroksia. Moniaineisten rakenteiden toiminnallisuutta eri olosuhteissa on vaikeaa ennustaa. Usein lyhytikäisintä osaa on mahdoton vaihtaa rakenteen kuntoa heikentämättä tai vaihtamatta koko rakennetta. (kuva 31)

Rakenteellinen joustavuus helpottaa myös rakennusosien uudelleenkäyttöä, joka on tehokkain tapa vähentää elinkaaren tuotantovaiheen hiilidioksidipäästöjä. Elinkaaritehokkuuden näkökulmasta uudelleenkäyttö on käyttövaiheen pidentämisestä aiheutunut seuraus, ei itse tarkoitus. Näin ollen hiilijalanjäljen tavoitteet sisältyvät kestävä kierrätyksen osalta elinkaaritehokkuuden vaikutuspiiriin, mutta pelkkä päästötehokkuus ei kerro rakenteiden pitkäikäisyydestä.

Edellä mainitut rakenteellisen joustavuuden keinot edistävät myös tilallista joustavuutta, joka tarkoittaa rakennuksen pohjan sekä teknisten järjestelmien helppoa muunneltavuutta. Tilallinen joustavuus on kestävä rakentamisen tekijä, jonka on arvioitu lisäävän rakennuksen käyttöikä neljänneksellä rakennuskannan 25% osuudella (Kram et al, 2001). Tilallinen joustavuus saattaa olla myös lyhyen aikavälin monikäyttöisyyttä, jolloin tärkeintä on tilan tai tilakokonaisuuden yleispätevyys. Koska tilojen käyttötarkoituksia on vaikeampi ennustaa mitä kauemmas tulevaisuuteen tähdätään, on rakennuksen haaste olla tiloiltaan mahdollisimman monikäyttöinen mutta silti arkkitehtonisesti laadukas ja mielenkiintoinen.

Oppia hyviksi todetuista rakentamisen menetelmistä

Arkkitehtitoimisto Livadyn arkkitehti Lauri Saarisen mukaan "[v]anhoista menetelmistä ja rakennusaineista on riittävän pitkä kokemus ja uusiin rakennusaineisiin pitäisi suhtautua varovaisesti" (Helsingin Sanomat, 2016). Vanha rakennuskantamme todistaa, että nykyistä elinkaariajattelua pidemmälle tähtäävä rakentaminen on mahdollista.

Energiatehokkaassa rakentamisessa mitattavuus kertoo laadusta. Kun rakennukselle tai sen osan toimivuudelle voidaan antaa numeerinen arvo, sitä voidaan vertailla muiden, alati lisääntyvien vaihtoehtojen kanssa. Kuitenkin monet pitkäikäisyyden mahdollistavat rakenneratkaisut eivät ole nykystandardien mukaan mitattavissa. Arkkitehti Marko Huttusen (2008) mukaan esimerkiksi puurakentamisessa vanhojen kattotuoli-rakenteiden fyysikaalista joustavuus- ominaisuutta ei pidetä luotettavana, koska sen todellista kantokykyä on olemassa olevilla menetelmillä vaikea arvioida. Nykyään kattotuolit kootaan palkeista, joille ei sallita suuria muodonmuutoksia ja taipumia. (Huttunen, 2008)

Arkkitehti Hermann Kauffmann totesi Puuinfon tekemässä haastattelussa (Puuinfo, 2012), että suomalainen rakentaminen on menettänyt kosketuksena puurakentamisen perinteeseen. Hänen mukaansa on tärkeä tuoda vanhat traditiot uuteen rakentamiseen, sillä "esivalmistuksen kehityksen myötä on tullut mahdolliseksi tuottaa korkealaatuisia ja muunneltavia rakennuksia, jotka kuuluvat ympäristöönsä." Arkkitehteillä on vastuu olla mukana luomassa uusia rakentamisen trendejä ja käytäntöjä. Viereisen palstan kuvassa on esitetty esimerkki tehdasvalmisteisesta puurakennuksesta. Rakennuksen näkee, että moderni puurakentaminen on aivan toista kuin vanha ja vanhanaikaiseksi koettu puurakentaminen.

Tulevaisuuden kestävät rakenneratkaisut voivat nojata ikiaikaiseen rakentamistapaan, josta on vuosisatojen kokemus. Tällöin poimimme kerran hyväksi todetusta menetelmästä olennaisen ja muokkaamme nykypäivän vaatimuksia vastaavaksi. Mahdollinen muokkaaminen vaatii tarkkaa arvopohdintaa, jossa ekologisen rakentamisen ja sen eri ratkaisujen merkittävyyden tulisi löytää paikkansa kokonaisuudessa. Samalla se edellyttää myös monialaista tietoa rakentamisesta jotta ratkaisun etua, jonka takia se alun perin valittiin, ei menetettäisi.

Elinkaaritehokkuus vaatii suuren kokonaisuuden hahmottamista. Rakennuksen käyttövaiheen pidentäminen edellyttää mittavaa määrää tietoa sekä rakenteista ja niiden osista. Elinkaaritehokkuuden tärkeys lähtee perusoletuksesta, jonka mukaan vähiten ympäristöä kuluttava rakennus on se, jota ei rakenneta ollenkaan. Elinkaaren pituuden maksimoinnilla vältetään vanhaan, pitkäikäiseen rakennuskantaan verrattuna kertakäyttöisten rakennusten suunnittelu ja luonnonvarojen tuhlaus elinkaarijatkumossa. Nykyrakennusten keskimääräinen 50 vuoden elinkaari perustuu ylivoimaisesti useammin materiaalien yhdistelmiin, jotka kestävät rajallisen ajan. Vaikka rakenteille annettaisiin pidempi käyttöikäennuste, on koko rakennuksen huollettavuus tehty niin vaikeaksi, että sen kunto heikkenee muutosten yhteydessä. Tällaista talouskasvuun perustuvaa rakentamisen kulttuuria ei saisi naamioida kestäväksi ajatteluksi. Käyttöaikavoitteiden tulisi perustua ympäristön etuihin, ei esimerkiksi rakennuttajan etuihin.



KUVA 32. Esimerkki modernista itävaltalaisesta puurakentamisesta. (Kauffmann, 2017)

3.6.1. KALEVANHARJUN PÄIVÄKOTI- PITKÄIKÄISTÄ
PERINNERAKENTAMISTA



KUVA 33. Kalevanharjun lastenseimi pian valmistumisen jälkeen. (Tampereen museovirasto)

Kun rakennukselle halutaan taata pitkä ikä, on hyvä ammentaa rakenneratkaisuja vanhasta säilyneestä rakennuskannasta. Elinkaaritehokkaasta rakentamisesta on tässä työssä esimerkkinä Tampereella sijaitseva lähes sata vuotta vanha hirsitalo. Rakennuksen elinkaari ei ole nykyrakentamisen tapaan lähtenyt heti valmistumisen jälkeen kohti vääjämätöntä elinkaaren loppua, vaan on tasaisten huoltovälien jälkeen toiminut entistä paremmin ja ansainnut lisää käyttövuosia.

Kalevanharjun päiväkotia on rakennettu vuonna 1925. Kaupunginarkkitehti Bertel Strömmerin suunnittelema rakennus oli ensimmäinen kunnallinen, varta vasten lastenhuoltotarkoitukseen suunniteltu lastenseimi Tampereella, joka toimii edelleen alkuperäisessä tarkoituksessaan, nykyään viralliselta nimeltään päiväkotina. Rakennuksen bruttoala on 587m², jossa käyttötilat sijaitsevat kellari- ja 1.kerroksessa.

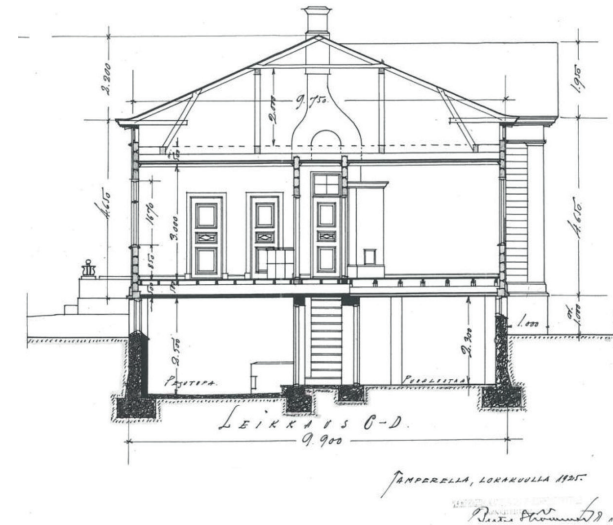
Päiväkotia ei ole ulkonäöltään juurikaan historian saatossa muuttunut. A3inoa paikoin huonokuntoinen osa on rakennuksen viimeisin muutostyö, 15 vuotta sitten toteutettu julkisivumaalaus. Rakennushistoriaselvityksestä on luettavissa, että alkuperäiset



KUVA 34. Kuva vasemmalla ja yllä: Päiväkotirakennus on säilynyt muuttumattomana ja hyväkuntoisena lähes sadan vuoden ajan asiantuntevan huollon, sekä ylläpidettävien rakenteiden ansiosta.

piirustukset vastaavat pääosin nykytilannetta myös sisäosiltaan. Kantava hirsirunko on säilynyt varsin hyvässä kunnossa. Rakennuksen ilmanvaihto toimii painovoimaisesti ja tuulettuva, osittain käyttöön otettu kellari ja harvaan laudoitettu ullakko pitävät huolen rakenteiden hengittävydestä ja kuivumisesta. Aumakatto on suojattu konesaumatulla, ajalle tyyppillisellä peltikatteella. Piiput ja katto on maalattu ja pinnoitettu todennäköisesti 2000-luvun alussa, lukuun ottamatta uutta, korkeaa piippua. Edellisten vuosikymmenten aikana kohteessa on tehty muutama mittavampi korjaus, jossa rakennuksen sisäseinät on levytetty ja ulkoseinät lisälämmöneristetty.

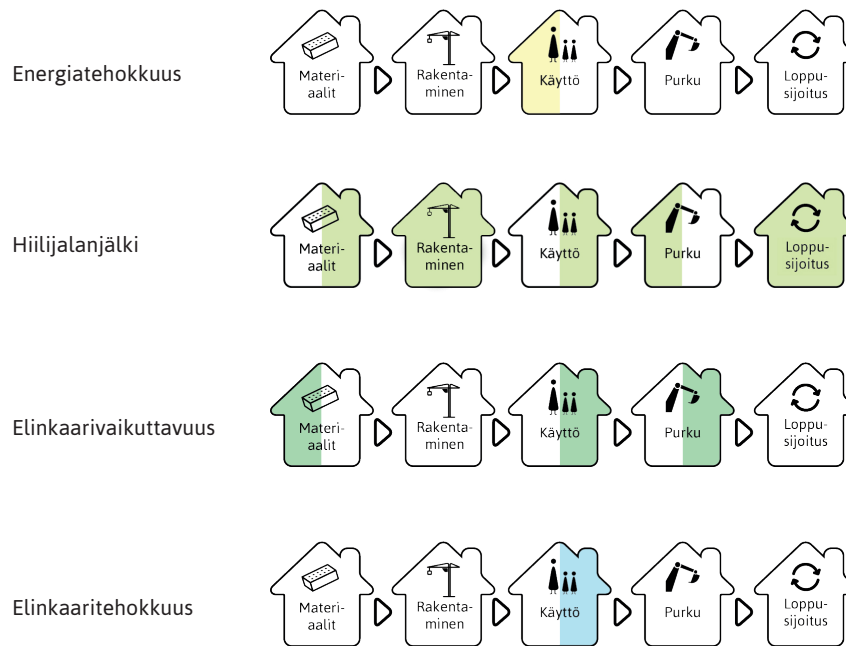
Korjaukset on tehty pääosin hyvin eikä rakennuksen elinkaaren loppu häämötä näköpiirissä. Myös päiväkodin tilalliseen toiminnallisuuteen ollaan oltu tyytyväisiä. Yksinkertaisesti mutta taitavasti jäsennelly pohjaratkaisu mahdollistaa tilajaan helpon ja monipuolisen muunneltavuuden.



KUVA 35. Vanha leikkaupiirustus Kalevanharjun lastenseimestä. (Tampereen museovirasto)

3.7. NELJÄN NÄKÖKULMAN VERTAILU

Elinkaarivertailu on edellä esitetyt neljä näkökulmaa yhteen kokoava kappale. Elinkaarien vaiheet-tarkastelussa vertaillaan diplomityön ekologista elinkaarta, joka sisältää myös elinkaaren alun ja lopun Suomen energiatehokkuus-määräysten mahdollistamaan elinkaareen ja tarkastellaan, kuinka laajasti eri näkökulmat ottavat rakennuksen ympäristövaikutukset huomioon. Elinkaaria vertaillaan myös aikaperspektiivissä, jossa tuodaan esiin molempien lähestymistapojen ekologiset hyödyt ja haitat.



Tarkastellessa eri näkökulmia suhteessa rakennuksen koko elinkaareen voidaan todeta, että energiatehokkuuteen tai muuhun näkökulmaan yksipuolisesti tähtäävä ekologinen rakentaminen saattaa jättää huomiotta ja jopa edistää muilla indikaattoreilla mitattavia ympäristöhaittoja. Energiatehokkuuden tiukat määräykset eivät ota kantaa rakenteiden pitkäikäisyyteen tai materiaalien ekologiseen kestävyyskykyyn. Rakennusteollisuuden on nykyisin mahdollista käyttää ainevarastoja, joiden hupeneminen uhkaa luonnon monimuotoisuutta ja prosessoida niitä tavalla, joka heikentää uudelleenkäyttömahdollisuuksia ja näin lisää luonnonvarojen kulutusta. Lopulta ympäristölle haitallinen materiaali päättyy ekosysteemin hävitettäväksi.

Kestämättömät rakenteet synnyttävät kertakäyttökulttuurin, jossa yhä nopeampisyklisemmän elinkaarirakentamisen aiheuttamat päästöt ylittävät energiansäästöllä saavutetut edut. Energiatehokkuuteen tulee edelleen pyrkiä, mutta ympäristötietoinen rakentaminen ottaa vastuun koko rakennuksen elinkaaresta ja niiden jatkumosta, tähdäten suorituskyvyn parantamisen lisäksi myös haittavaikutusten poistamiseen.



Energiätehoisuus



Hiilijalanjälki

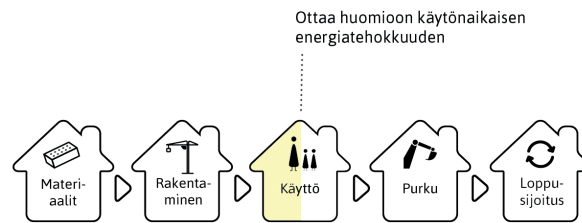


Elinkaarivaikuttavuus

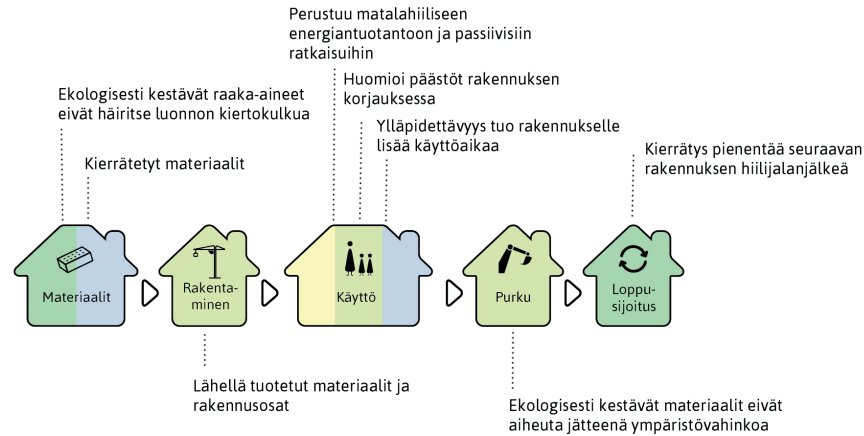


Elinkaritehoisuus

Suomen energiatehoisuus-määräysten edellyttämä elinkaari:

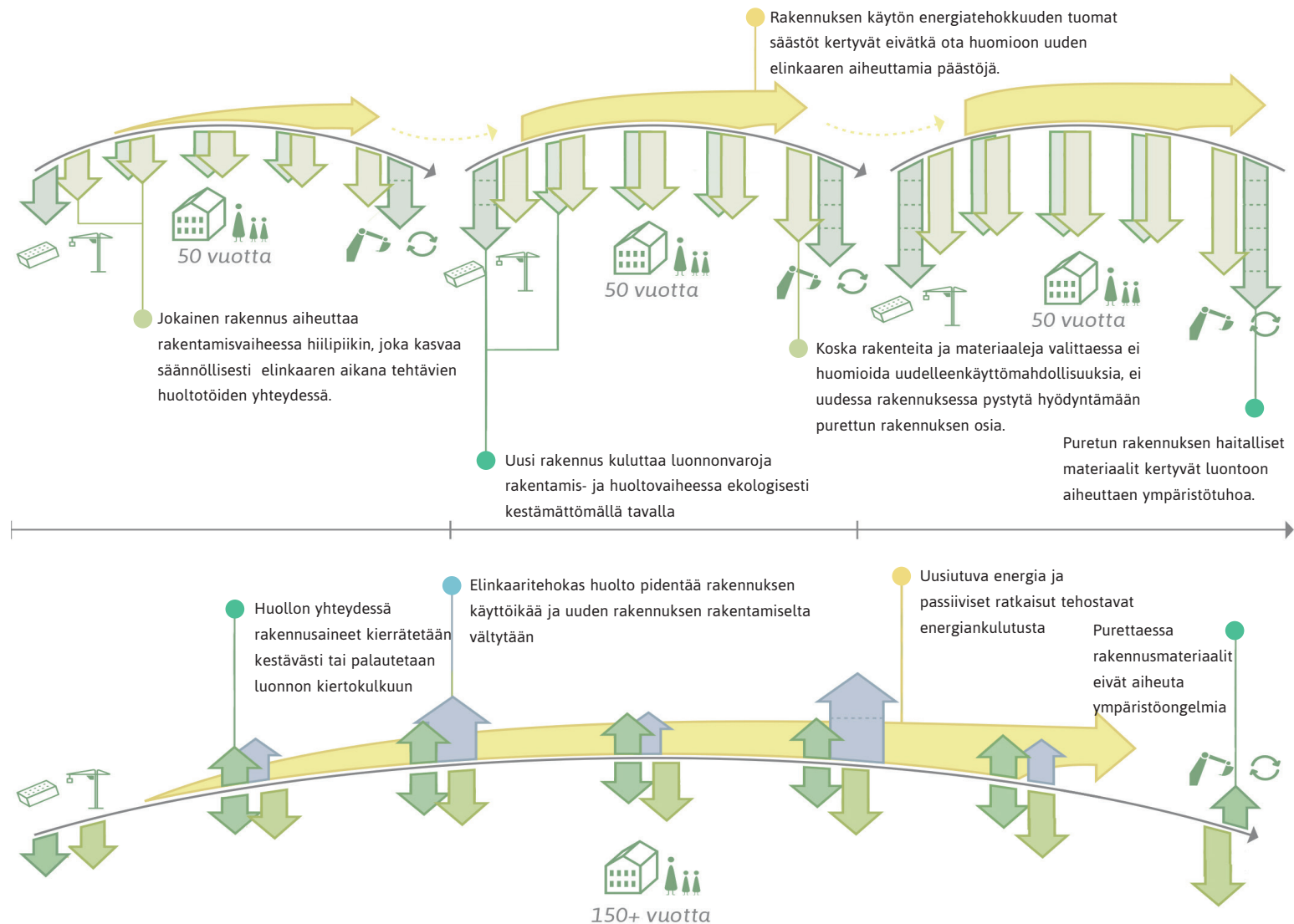


Diplomityön elinkaari:



KUVA 36. Neljän diplomityössä esitetyn ekologisen näkökulman vertailussa hahmottuu energiatehokkaan rakentamisen ekologisuuden suppeus, kun kukin näkökulma sijoitetaan rakennuksen elinkaarta kuvastavalle aikajanalle. Toisaalta myös osoitetaan, että yksikään näkökulmista ei riitä yksinään kattamaan elinkaaren vaiheita ja näin olemaan riittävä ekologisuuden mittari yksinään. Esimerkiksi käyttövaiheen energiatehokkuuden ollessa ainoa ekologisen rakentamisen mittari, saattaa se vaikuttaa negatiivisesti muihin ympäristöystävällisiin ratkaisuihin. Tällöin rakentamisesta koituu monia vielä energiankulutuksen päästöjä suurempia haittoja.

Energiatehokas rakennus elinkaarijatkumossa



Neljän näkökulman ekologinen elinkaari

KUVA 37. Hyöty ja haitta- vertailussa energiatehokas rakennus ja dilpomyön neljä ekologista näkökulmaa huomioiva rakennus. Elinkaarien varrella säännöllisesti toistuvat hiilijalanjälki-nuolet kertovat peruskorjauksesta. Elinkaari- ja huolto-työt pidentävät rakennuksen käyttöikä ja uuden rakennuksen rakentamiselta vältytään. Kun rakennus on mahdollista ylläpitää kestävällä tavalla, voidaan välttää ennenaikainen purku ja ennalta määrätyn käyttöikänsä päähän tulleen rakennuksen korvaaminen. Kuva: JV



Tuotanto



Rakentaminen



Käyttö



Purku



Loppusijoitus

Ekologinen elinkaari hyödyntää uusiutuvaa energiaa ja perehtyy passiivisiin energiansäästö-ratkaisuihin. Rakentamiseen käytetään ensisijaisesti uusiutuvia luonnonvaroja ja kierrätettyjä materiaaleja, jolloin hiilijalanjälki pienenee ja aineet voidaan palauttaa osaksi ekosysteemiä. Yksiaineiset ja huollettavat rakenteet, joista on pitkä käyttökokemus, takaavat rakennukselle pitkän käyttöiän ja jokainen elinkaaren varrella toteutettu korjaustyö antaa lisää laadukkaita käyttövuosia. Rakennus suunnitellaan muuntojoustavaksi, jolloin se pystyy palvelemaan useita käyttötarkoituksia. Kun rakennus puretaan, sen osat pystytään hyödyntämään ekologisesti kestäväällä tavalla, jolloin ympäristökuormaa ei synny. Ekologisen rakennuksen purkupäivää ei määrätä etukäteen ja jokainen rakentamisratkaisu ajaa ympäristön etuja, ei rakennusyhtiöiden talouden.



Energiatehokkuus



Hiilijalanjälki



Elinkaarivaikuttavuus



Elinkaaritehokkuus

4. EKOLOGINEN KOULU

Ekologinen koulu -luku soveltaa neljää ekologista näkökulmaa konkreettiseen suunnitelmaan. Kohde-esimerkinä on yhdistetty aluekoulu ja päiväkotikoulu Laukaalle. Tarkoituksena on esitellä ekologisen suunnittelun monilaisuus sekä näkökulmien keskeiset ristiriidat ja samankaltaisuudet. Ekologiset näkökulmat hierakisoidaan, jotta suunnitteluratkaisujen arviointi ja valinta helpottuisi. Koulusuunnitelma käydään läpi selostaen tehdyt ekologiset ratkaisut kappalekohtaisesti. Lopuksi arvioidaan, kuinka hyvin suunnitelman tavoitteissa onnistuttiin.

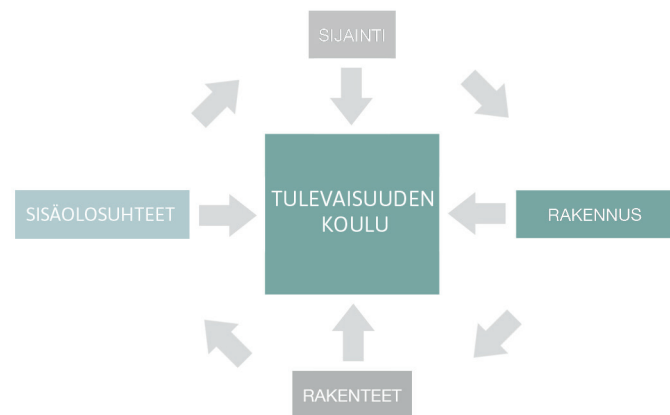
Edellisessä luvussa perusteltiin diplomityön kannalta tärkeät väitteet, joiden mukaan:

1. *Energiatohokkuuden ei tulisi olla ainoa ekologisuuden mittari. Energiatohokkuuden tulisi vähentää päästöjä ensisijaisesti passiivisilla energiaratkaisuilla ja uusiutuvalla energialla.*
2. *Käyttövaiheen lisäksi tulisi huomioida elinkaaren alku- ja loppuvaiheen hiilijalanjälki ja tehostaa päästöistä koituneita hyötyjä kierrättämällä.*
3. *Käytettyjen rakennusmateriaalien tulisi olla mahdollisimman ympäristöystävällisiä, rakennusmateriaalina ja jätteenä.*
4. *Elinkaaren pituus on ekologisesti kestävä rakentamisen prioriteetti elinkaarijatkumotarkastelussa.*

Diplomityön väite on, että ekologinen rakentaminen edellyttää kehittämään energiatohokkuuden rinnalle muita keinoja. Nykypäivän nopeasyklinen rakentaminen yhdistettynä ekologisesti kestävämmien aineiden käyttöön tuottavat valtavan määrän haitallisia ympäristövaikutuksia, joita tämänhetkiset energiatohokkuusmääräykset eivät ota huomioon. (ks. kappale 3.7 Neljän näkökulman vertailu) Suunnitelmassa pyritään erityisesti vastaamaan edellämainittuihin ongelmiin, jolloin rakennuksen keskeisiksi arvoiksi muodostuvat rakennuksen pitkäikäisyys sekä rakennusmateriaalien terveellisyys käyttäjille ja luonnolle.

Perinteinen suunnitteluprosessi etenee lineaarisesti, jossa huomioidaan järjestyksessä sijainti, itse rakennus, rakenteet ja sisäolosuhteet. Ekologisessa rakentamisessa konkreettiset ratkaisut ja niiden arvottaminen tapahtuu syklisessä kokonaisuudessa, jossa otetaan yksittäiset valinnat huomioon suhteessa koko rakennusprojektiin. (kuva 38) Rakennus on aina osatekijöidensä muodostama kokonaisuus. (Moisio, 2015) Erityisen tärkeää onkin arvioida suunnitelmat tapauskohtaisesti, jotta eri ekologisiin näkökulmiin tähtäävien ratkaisujen onnistuminen pystytään optimoimaan. Esimerkiksi energiatohokkuuden passiivisten ratkaisujen huomioimiseen liittyy oleellisesti rakennuksen sijainti, mutta elinkaari- ja jätteenhoidon rakenteet saattavat vaikuttaa sijainnin toimivuuteen, jolloin niitä tulee tarkastella yhdessä.

Diplomityön koulun sijainti on määräytynyt COMBIn tutkimusprojektiin liittyvän oikean Laukaan ekokoulun hankkeen pohjalta. Koulun syrjäinen sijainti ja rakennuksen käyttäjät ovat ohjanneet arkkitehtonista suunnittelua ekologisten arvojen ohella. Laukaan koulun tapauksessa suunnittelua on ohjannut vahvasti perinnerakentaisesta ammennettujen ratkaisut, koska näillä on tiedetty olevan mahdollista taata rakennukselle pitkä käyttöaika.



KUVA 38. Kokonaisvaltainen, syklinen suunnitteluprosessi. (tekijän oma muokkaus, alkuperäinen kuva: Lindberg, 2015)

4.1. SUUNNITELMAN EKOLOGISTEN KEINOJEN HIERARKIA

"Jotta ympäristöystävällisen rakennuksen kokonaisuutta voidaan tarkastella, on hahmotettava tarkasteltavien seikkojen välillä vallitseva hierarkia" (Lindberg, 2015). Näin pysytään määrittämään keskeiset tavoitteet ekologisuuden toteutumiselle.

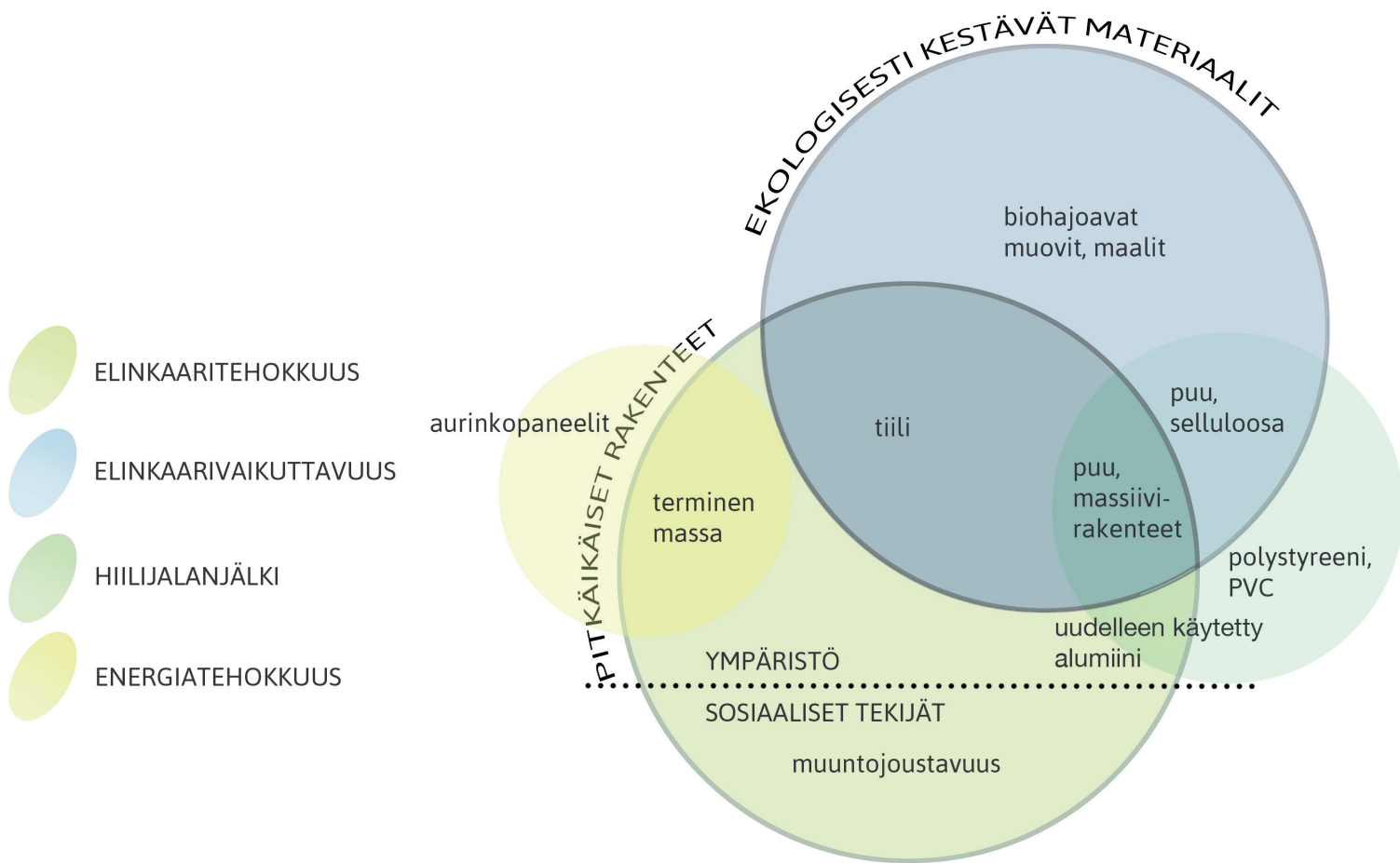
Viereisen sivun kaavio esittää hierarkian työn ekologisista näkökulmista. Kaavion näkökulmat ovat 3. *Ekologinen elinkaari*- kappaleessa esitetyt Energiatehokkuus, hiilijalanjälki, elinkaarivaikuttavuus, sekä elinkaaritehokkuus.

Kaaviosta hahmotuu sekä esitettävän suunnitelman, että koko diplomityön eri näkökulmien tärkeysjärjestys. Elinkaaritehokkuus ja -vaikuttavuus ovat työssä ensisijaisia huomioitavia tekijöitä, sillä näiden nähdään muodostavan koko ekologisen rakentamisen perusta. Hiilijalanjälki ja energiatehokkuus ovat välttämättömiä ekologisessa kokonaisuudessa, mutta niiden ratkaisuissa tulisi välttää ristiriitaisuuksia tärkeimpiin näkökulmiin nähden. Kaavio havainnollistaa keinojen yhtymäkohtia ja ristiriitoja, joilta ei ole mahdollista välttyä. Kysymys on ennemminkin siitä, tuleeko valintatilanteessa päätyä esimerkiksi energia- vai elinkaaritehottomuuteen. Ekologisia mittareita tulee kompensoida keskenään, sillä täydellinen onnistuminen on mahdotonta.

Näkökulmahierarkiasta hahmotuu työn tarkentuvat ratkaisumallit. Energiatehokkuudessa pyritään valitsemaan vaikuttavia keinoja, jotka tässä työssä esitetään ongelman

poistajina, eikä tehostajina. Esimerkiksi passiiviset ratkaisut (terminen massa) ja uusiutuva energia (aurinkopaneelit) ovat energiavaikuttavia ratkaisuja, sillä niiden energiantuotanto ei vaadi sen kulutusta, kuten esimerkiksi koneellinen lämmöntalteenotto. Hiilijalanjäljessä vertaillaan materiaaleja, sillä lähituotanto ja lyhyet kuljetusmatkat eivät ole vertailtavissa muiden näkökulmien kanssa. Hierarkiassa ei näin ollen esitetä kaikkia näkökulmien vaikutusaloja, vaan muutama esimerkki niistä, joita voidaan vertailla muiden näkökulmien kanssa. Varsinainen suunnitteluprosessi on paljon monimutkaisempi, mutta kaavio esittää siitä perusidean.

Kaaviossa on esitettynä myös työn suunnitelmassa käytettävät päämateriaalit ja -rakenteet, jotka ovat massiivipuulementit ja tiili. Kaaviosta voi nähdä, että nämä toteuttavat varsin hyvin näkökulmien vaatimuksia. Tiili ei lähtökohtaisesti ole matalahiilinen tuote, mutta uudelleenkäytettynä se olisi alumiinin tapaan päästätehokkaampi. Massiivirakenteinen puu ei välttämättä ole kaikista energiätehokkain rakenne, mutta koska se onnistuu muiden näkökulmien kohdalla, voidaan se laskea erittäin ekologiseksi rakennusmateriaaliksi. Polystyreeni taas voidaan laskea päästätehokkaaksi (Ruuska, (toim.) 2013) mutta ei elinkaarivaikuttavaksi tai -tehokkaaksi, joten sen käyttöä tulisi välttää.



KUVA 39. Diplomityön ekologiset näkökulmat hierarkiassa. Elinkaaritehokkuus (pitkäikäiset rakenteet) ja elinkaarivaikuttavuus (ekologisesti kestävä materiaalit) ovat työn tärkeimpiä näkökulmia. Kaavio osoittaa muutaman esimerkin avulla näkökulmien yhteiset ja ristiriidassa olevat ratkaisut.

4.2. HANKE JA TILAOHJELMA

Suunnittelualue sijaitsee Laukaan kunnassa Vuonteen kylän alueella, jonne on Jyväskylästä noin 30 kilometrin matka. Vuonteelle rakennettavan uuden ekokoulun "--konseptin tavoitteena on kehittää innovatiivinen kiertotalouteen ja lähipalveluihin perustuva tulevaisuuden kyläkoulu-malli, jossa yhdistyvät terve ja kestävä rakennus, kestävästi tuotettu energiahuolto (lähienergia), lähiruoka ja -liikenne sekä pedagogisen edelläkävijyyden vaatimat tilaratkaisut" (Laukaan kunta, 2015). Kunnan teettämän hankesuunnitelman mukaan ekokoulussa perusopetustilat mitoitetaan ryhmäkokotavoitteen mukaisesti 100 oppilaalle. Hankesuunnitelmassa esitetään myös, että ekokoulun yhteyteen sijoitetaan päiväkotia 36 lapselle. Päiväkotia mitoitetaan siten että sitä voidaan laajentaa 48 lapsen maksimikapasiteettiin. Laukaan ekokoulun tilakaavion mukaan kokonaisbruttoala on 2457 brm².

Diplomityön tilaohjelma perustuu löyhästi ekokoulu-hankkeen ohjelmaan, mutta konseptien eroavaisuus näkyy myös tilallisessa suunnittelussa. Henkilökunnan tiloja on korvattu yleisten työskentely- ja kokoustilojen avulla. Käytävät ja aulat ovat suurempia, mutta niiden koko on pyritty optimoimaan hyötykäytölle sopivaksi, kuten oppimistiloiksi. Rakennusten ekologisuuskonseptien erot vaikuttavat myös tilatehokkuuden tarpeeseen. Työn koulusuunnitelma on opetustoiminnan lisäksi vapautettu myös koulupäivien ajaksi erilaisille vapaa-ajan harrastuksille, kokouksille sekä esimerkiksi vanhempien etätyölle. Koulu pyrkii myös ekologisuuteen, sen konsepti on esitetty neljän näkökulman avulla. Tästä kappaleesta eteenpäin diplomityön suunnitelmaan viitataan *Laukaan kyläkouluna*.

TILAOHJELMA: LAUKAAN KYLÄKOULU

PÄIVÄKOTI	m ²
Leikki-/ ryhmähuone	106,7
Lepuhuone	70
Pienryhmätila	109,5
Pesuhuone - wc	24,3
Varasto	8,1
Kuraeteinen	12
Siivous	4,2
Eteinen	19,8
Kuivaushuone	8,9
YHTEENSÄ	363,5

KOULU

Opetustilat (yleinen)	136,2
Pienryhmätilat	49
Opetusvälinetilat	43,6
Musiikki	67
Maalaamo	42,3
Tekstiilityö/Kuvataide	50
Tekninen työ	94,8
Biologia	67,2
Näyttämö + varasto	48,8
Kokous- ja työpisteet	306
Sali	150,8
Siivous	9,2
Wc-tilat	41,8

Liikuntatilat

sali	328,1
oppilaiden puku- ja pesutilat	49,3
Välinetila	31,3

Ruokasali/Ravintola

sali	120,5
keittiö	72,9
varasto	7,4
sosiaalitilat	17,6

Henkilökunnan tilat

hallinto (terveydenhoito, psykologi)	26,6
puku-pesu- ja wc-tilat	17,8

Porrashuone	47,6
käytävä- ja liikennetilat	115

YHTEENSÄ	1940,8
-----------------	---------------

KAIKKI TILAT YHTEENSÄ

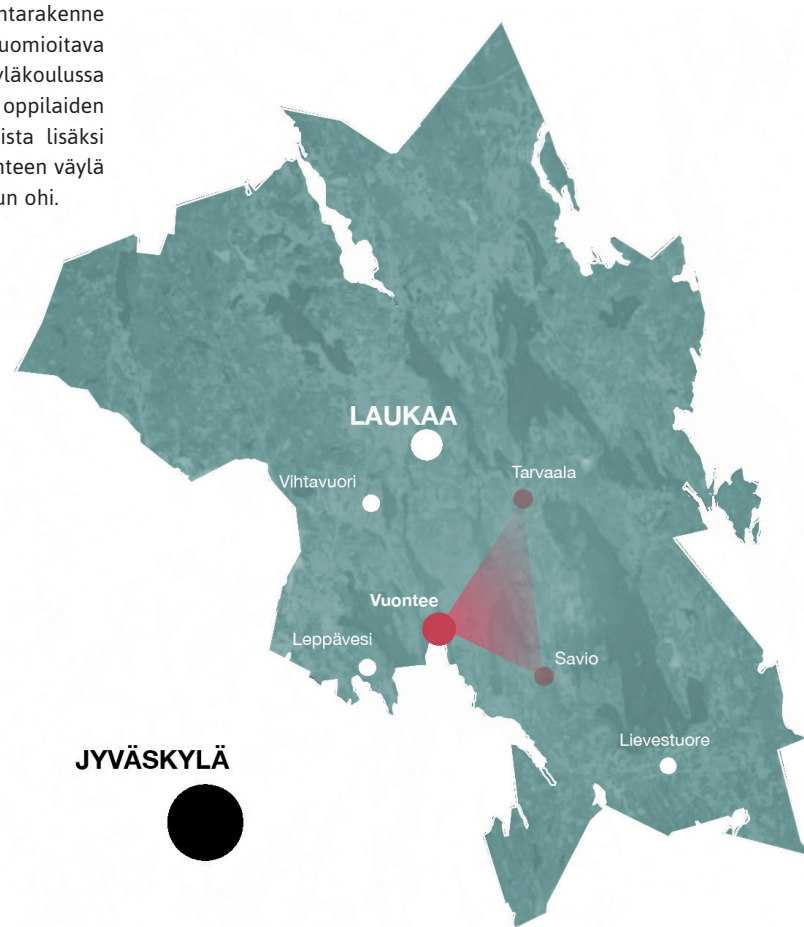
2304,3



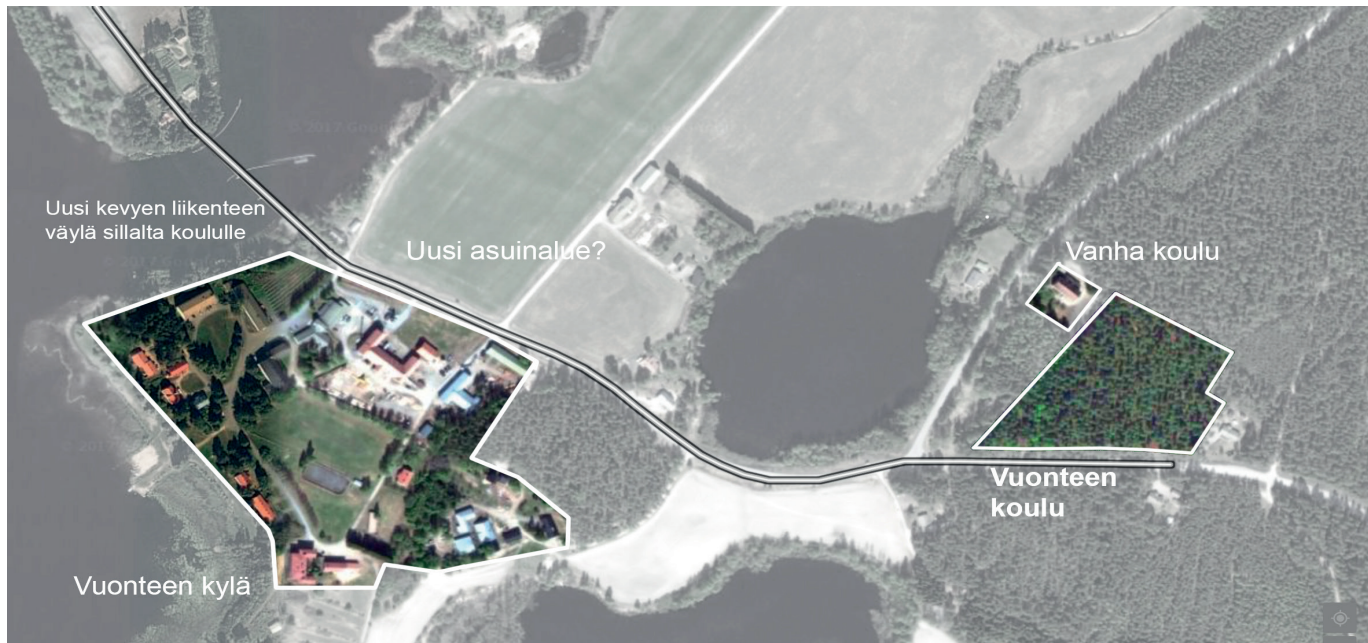
KUVA 40. Näkymä koulun juhlasalista/aulasta.

4.3. YHTEYDET JA TOIMINTA

Laukaan kyläkoulu sijaitsee Vuonteen kylässä Laukaan kunnan eteläosassa. Kunta on pinta-alaltaan laaja, ja Vuonteen kylästä Jyväskylään ja Laukaan keskustaan on lähes yhtä pitkä matka. Laukaan kirkonkylään matkaa on 15 km ja Lievestuoreen taajamaan 15 km. Paikalle suunniteltavan ekokoulun hankesuunnitelman mukaan kunnan perusopetuksen palveluverkkoa uudistetaan aluekoulumallin mukaisesti siten, että Tarvaalan, Savion ja Vuonteen koulujen toiminta päättyy, kun koulut yhdistetään aluekouluksi Vuonteelle. Koulu kerää oppilaansa noin 10 km säteeltä ja 1000 asukasta käsittävältä alalta. Aluekoulumallissa kylien ja taajamien yhdyskuntarakenne edellyttää koulukuljetusten käyttöä, mikä on huomioitava kokonaiskonseptin toteutuksessa. Laukaan kyläkoulussa toimintaan kiinteästi liittyvä lähiliikenne muodostuu oppilaiden koulukuljetusten ja ruoka- ja kiinteistöhuoltopalveluista lisäksi osittain harrastus- ja työliikenteestä. Uusi kevyen liikenteen väylä rakennetaan kulkemaan Vuonteen kylästä uuden koulun ohi.



KUVA 41. Laukaan kunta ja Vuonteen kylä. Vuonteen kouluun yhdistyvät myös Tarvaalan ja Savion koulut. Vuonteelta on lyhyt matka Jyväskylän keskustaan. (Muokattu kuva: Google Maps-karttapalvelu)



KUVA 42. Kyläkoulu sijaitsee kävelymatkan päässä Vuonteen kylästä. Alueelle suunnitellaan uutta asuinluetta ja uutta kevyen liikenteen väylää. (Muokattu kuva: Google Maps- karttapalvelu)

Kylät kiinnostavat asuinpaikkana Laukaalla ja niiden väkimäärä on ollut kasvussa. (Laukaan kunta, 2017) Laukaan kunnassa asuu 18 970 ihmistä ja tilastokeskuksen mukaan kunta kuuluu kasvaviin kuntiin. (Tilastokeskus, 2017) Todennäköistä siis on, että kunta jatkaa kasvuaan Jyväskylän kaupungin ”valuma-alueena”.

Vuonteen kylä on 267 asukkaan kokoinen. Laukaa –Sydäntä ja elinvoimaa –kuntastrategiaan pohjautuen vuonna 2015 laadittiin ja hyväksyttiin koko kunnan maankäytön rakennemalli. Rakennemallissa Vuonteen ja Savion kylät ovat määritetty kasvaviksi kyliksi, joissa on palveluita ja riittävä asukas pohja. Uutta asumista pyritään ohjaamaan kyläalueille, jolloin asuminen keskittyy olemassaolevia ja uusia palveluita ja estää metsä- ja virkistysalueiden pirstoutumista. (Vuonteen seudun kyläyhdistys ry, 2017)

Laukaa on vesistöinen kunta, myös koulun tontin tuntumassa sijaitsee Leppävesi-järven salmi. Kylän läpi kulkee Keiteleen kanava ja sen varrelta löytyy Vuonteen oma satama. Vuonteen alue on kesäisin suosittu luontoharrastajien retkeilykohde.

Alueella on jonkin verran pienyrityksiä, joiden toimintaa myös uusi kyläkoulu aktivoi. Ekokoulun konseptiin kuuluu toimia tärkeänä alueen yhteisenä toimintakeskuksena, joka mahdollistaa harrastetoiminnan ja kylän yhteisten tapahtumien järjestämisen. Tulevaisuudessa koulun ympärille voisi muodostua ekologinen asuinalue sekä siihen liittyvää yritystoimintaa/yrityskylä. (Laukaan kunta, 2015) Vuonteen kylästä uupuvat tällä hetkellä vanhusten terveydenhoito ja harrastustoiminta, jotka on mahdollista järjestää kyläkoulussa.

Vuonteen naapurikylässä Leppävedellä sijaitsee noin 2600 asukkaan asumiskeskittymä. Alueelle on rakennettu lähinnä rivi- ja omakotitaloja. (Jyväskylän seutu, 2017) Näin ollen Leppäveden harrastustoimintaa ja muita palveluita on mahdollista yhdistää myös uudelle kyläkoululle.

4.4. TEEMANA EKOSOSIAALINEN KASVATUS

Laukaalle toteutettavan koulun suunnittelun pääperiaatteina on ollut muun muassa "ekologisen ajattelumallin juurruttaminen yhteisölliseen oppimisympäristöön" (Laukaan kunta, 2015). Uusi opetussuunnitelma puolestaan on korostanut ekososiaalisen kasvatuksen tärkeyttä (ks. kappale 2.2 Tulevaisuuden oppimisympäristöt). Laukaan kyläkoulussa on haluttu tuoda rakennuksen toiminta, ja sitä kautta ekologinen ympäristön huomointi esille oppilaiden ja muiden käyttäjien arjessa.

Rakennuksen toimintaa ja käyttötapoja ohjaa oleellisesti vyöhykkeet, joiden avulla rakennuksen käyttötilan kokoa voidaan muuttaa tarpeen ja esimerkiksi vuodenaikojen aiheuttamien rajoitteiden mukaan. Talvella, kun lämmitystarve on kovimmillaan, on rakennusten avotilojen lämpötilaa mahdollista laskea jos tilojen käyttö on vähäistä. Tällöin rakennusten käyttötila supistuu luokkiin ja lepotiloihin, sekä niitä rajaaviin suojavyöhykkeisiin, joita ovat lämpöä varastoivat sydänmuurit. Luokat voidaan lämmittää matalapäästöisesti pellettitakoilla ja lämpöä eristävät ikkunaluukut eivät päästä lämpöä karkaamaan luokista. Pimeään aikaan, kun ulos ei näe, voidaan ikkunaluukkuja pitää tarvittaessa kiinni vaikka koko päivän. Auringon lämmittäessä voi tavallisten puuikkunoiden kautta lämmittää tilaa passiivisesti päiväsaikaan.

Viherhuoneissa ravintolohenkilökunta voi kasvattaa osan tarvittavista elintarvikkeista. Tämän voi nähdä lisäävän alkutuotannon, ruoan sekä sen valmistajien arvostusta. Lapsilla on myös mahdollisuus konkreettisesti oppia itse, mitä kasvien kasvattaminen vaatii. Viherhuoneet tarjoavat talvellakin tuulensuojaisen oleskelupihan ja keväämmällä viherhuoneet voidaan avata tiiviimmäksi osaksi opetustiloja. Näillä tavoin rakennus elää vuodenaikojen mukaan ja opettaa käyttäjilleen tiettyä joustavuutta, jota ekologisuus ja ympäristön kanssa kestäväällä tavalla toimiminen edellyttää.

Biokaasu on ekologinen energiamuoto ja Laukaan kyläkoulun pääenergialähde, jonka valmistuksessa voidaan hyödyntää paikallisia raaka-aineita. Lisäksi koululla syntyvät biojätteet voidaan hyödyntää biokaasun valmistuksessa.

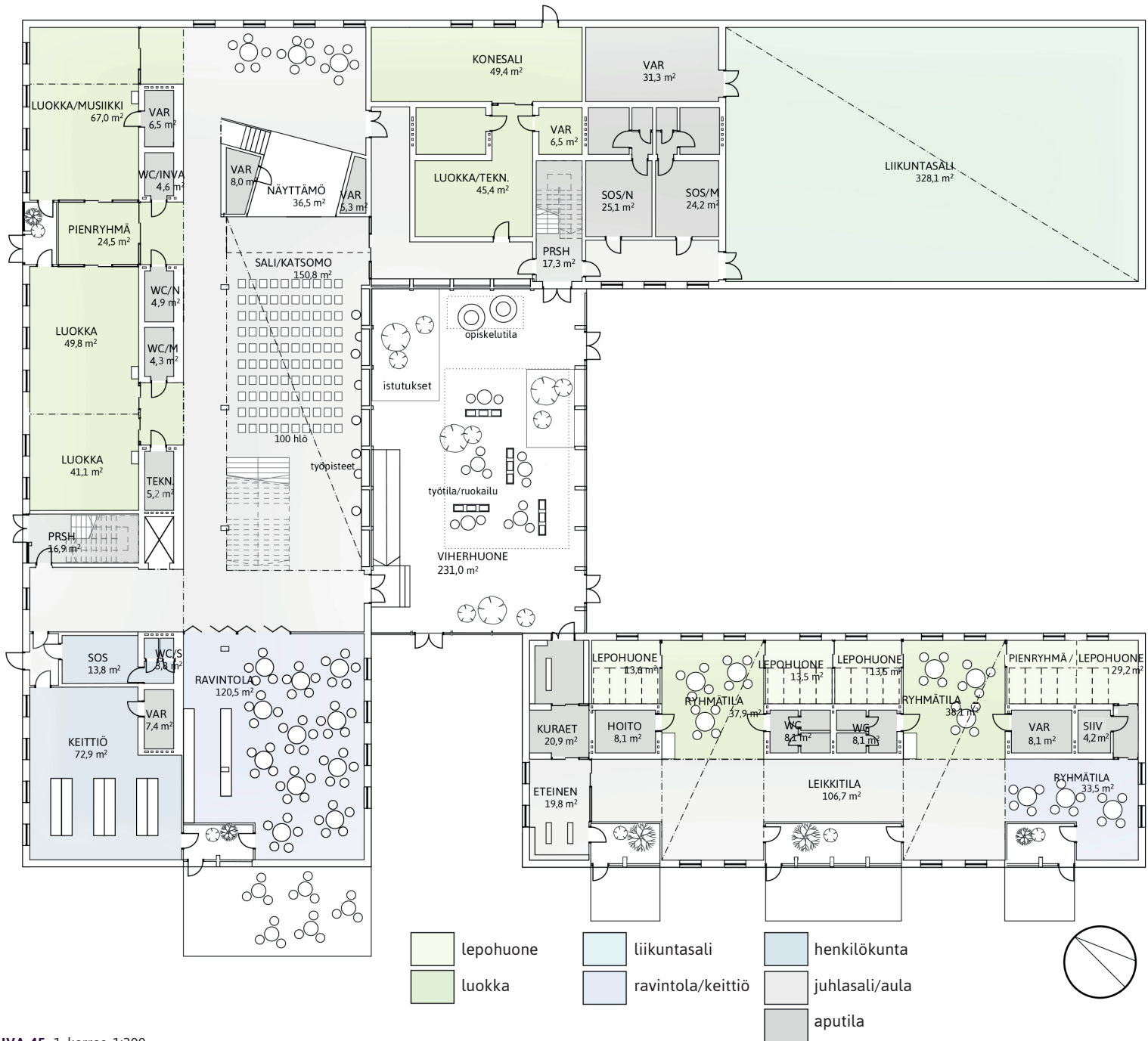
Koulun piha on jätetty suurelta osin rakentamattomaksi, joka helpottaa huleveden käsittelyä ja mahdollistaa lapsille paremman kosketuksen ympäröivään luontoon leikin kautta. Pihalle on järjestetty opetustilaa, jolloin tunnit on helpompi siirtää ulos ja opettaa kokemuksellisesti luokkahuoneen ulkopuolella.



KUVA 43. Näkymä rakennuksia yhdistävästä suuresta viherhuoneesta.



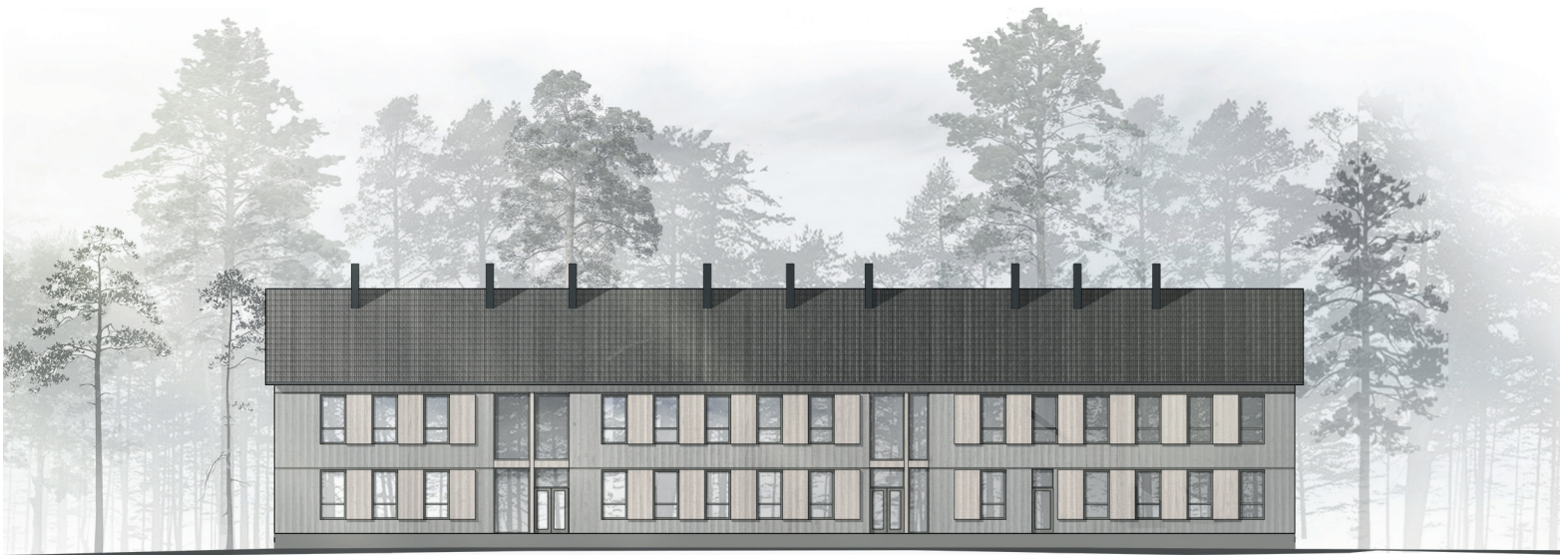
KUVA 44. Pihasuunnitelma 1:1200. Kyläkoulun pihan on tarkoitus olla mahdollisimman luonnonmukainen. Tontin pohjoisosan metsä jää suurilta osin ennalleen, jolloin lasten leikkialuella on myös istuttamatonta metsäkasvustoa.



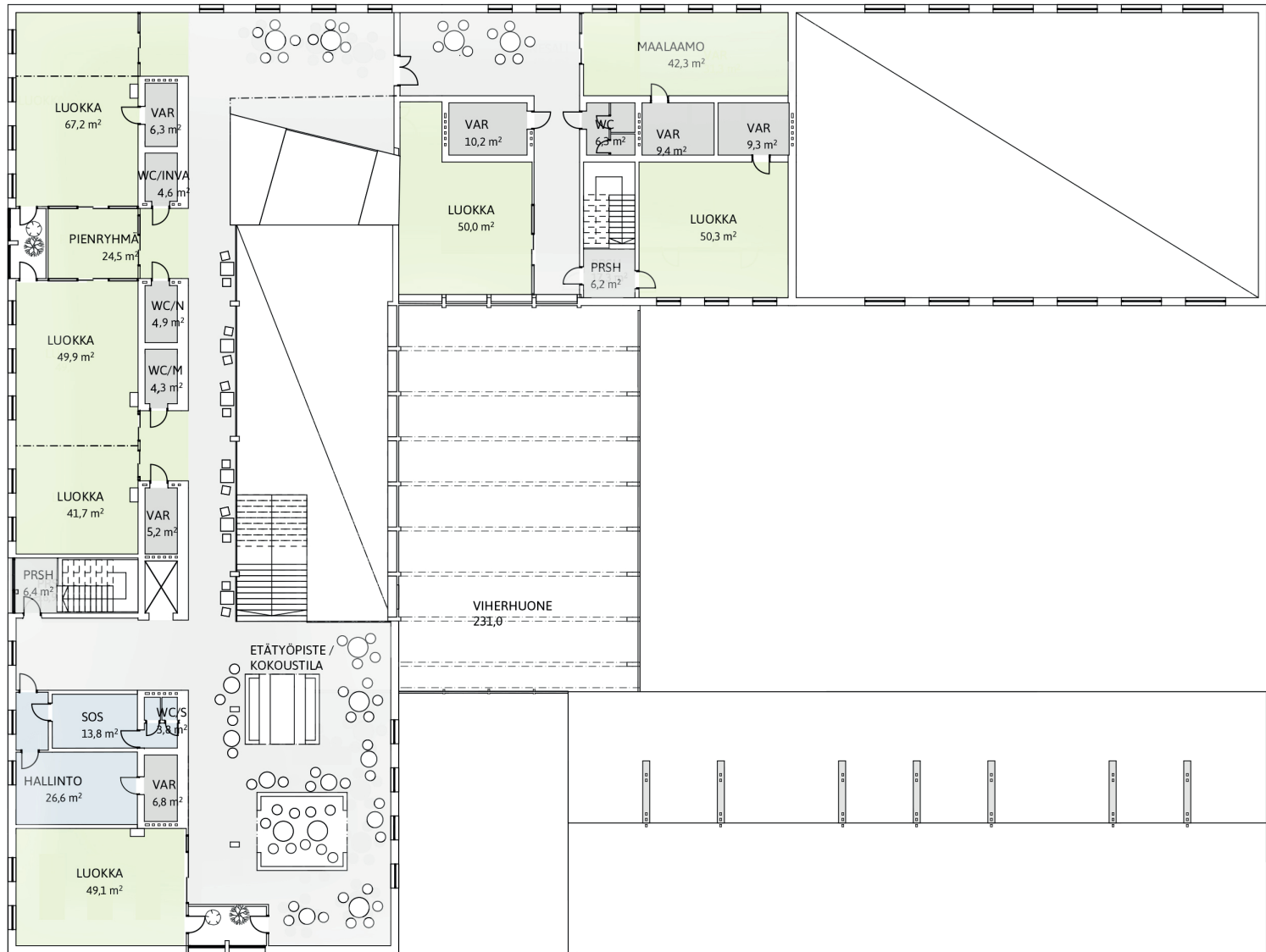
KUVA 45. 1. kerros. 1:300





KUVA 46. Julkisivu lounaaseen 1:350.




KUVA 47. Julkisivu luoteeseen 1:350.

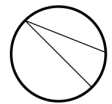


 luokka

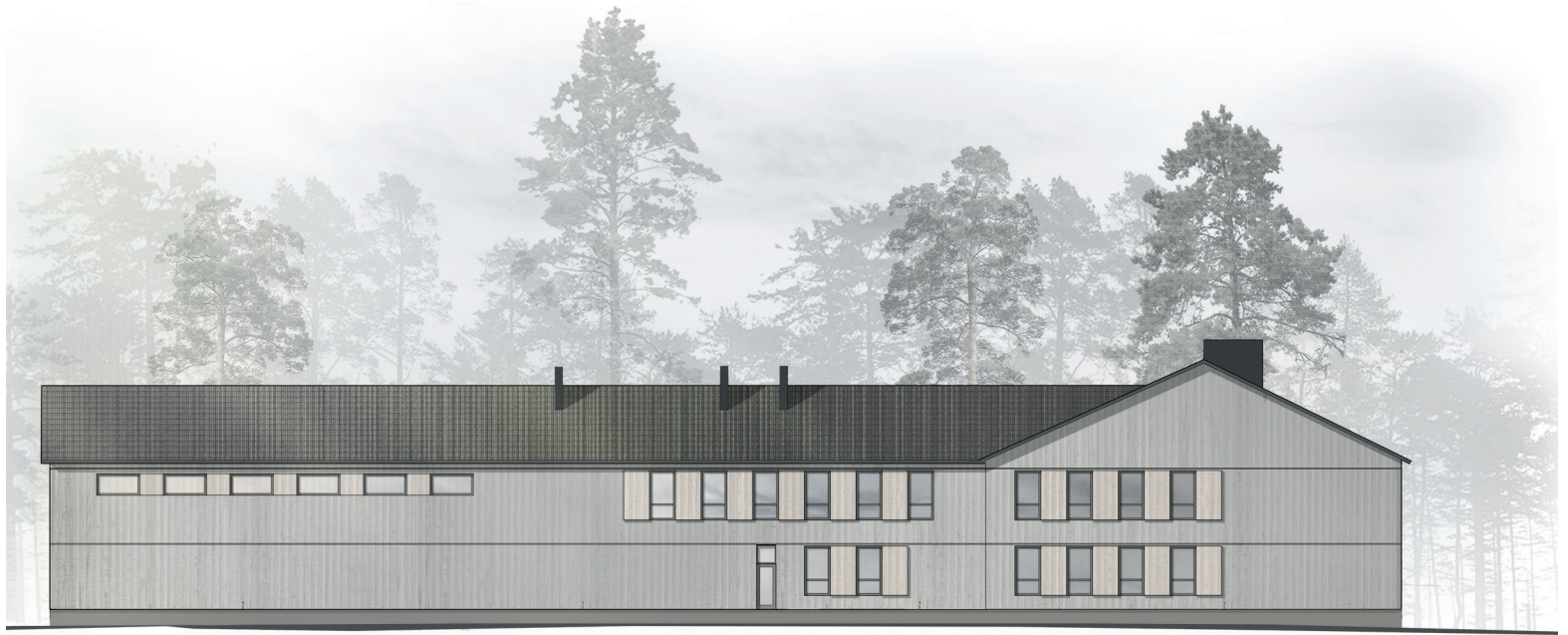
 henkilökunta

 juhlasali/aula

 aputila



KUVA 48. 2. kerros. 1:300



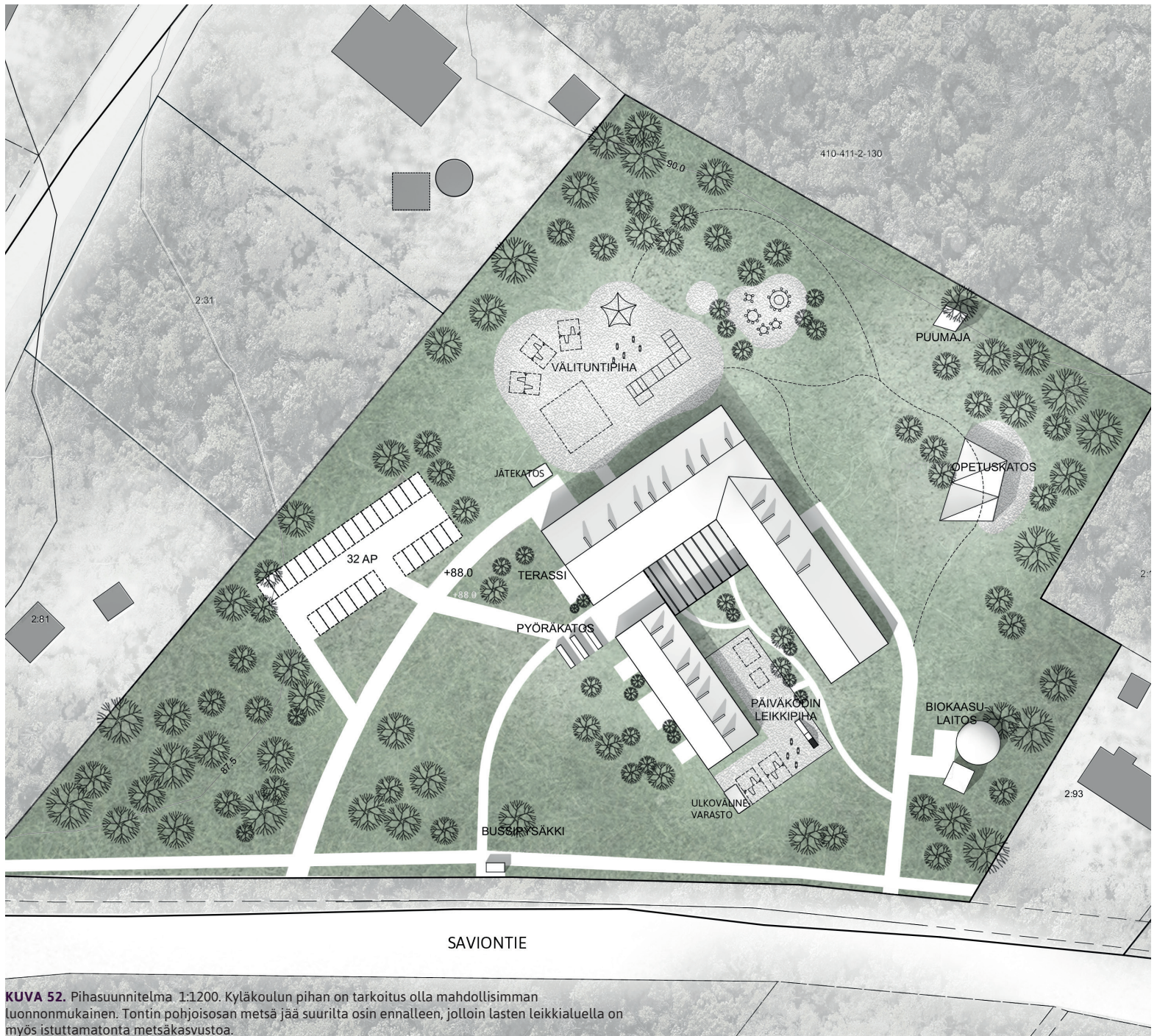
KUVA 49. Julkisivu koilliseen 1:350.



KUVA 50. Julkisivu kaakkoon 1:350.



KUVA 51. Näkymä päiväkodin leikkutilasta.



KUVA 52. Pihasuunnitelma 1:1200. Kyläkoulun pihan on tarkoitus olla mahdollisimman luonnonmukainen. Tontin pohjoisosan metsä jää suurilta osin ennalleen, jolloin lasten leikkialuella on myös istuttamatonta metsäkasvustoa.

4.5. PITKÄIKÄINEN RAKENNUS



Elinkaaritehokas, eli pitkäikäinen rakennus on toteutettu Laukaan koulun tapauksessa suosimalla perinteisiä rakennusmenetelmiä. Elinkaaritehokkuus on 3. luvussa todettu merkittäväksi rakennuksen ekologisuutta parantavaksi ominaisuudeksi, mistä johtuen siihen pyrkiviä ratkaisuja on hyödynnetty keskeisimmissä osissa Laukaan kyläkoulua. Tässä kappaleessa on kerrottu rakennuksen pitkäikäisyyteen tähtäävät keinot koulun suunnittelussa, ja miksi ne ovat ekologisuudessaan esimerkiksi energiatehokkaan rakentamisen perusratkaisuja ensisijaisempia.

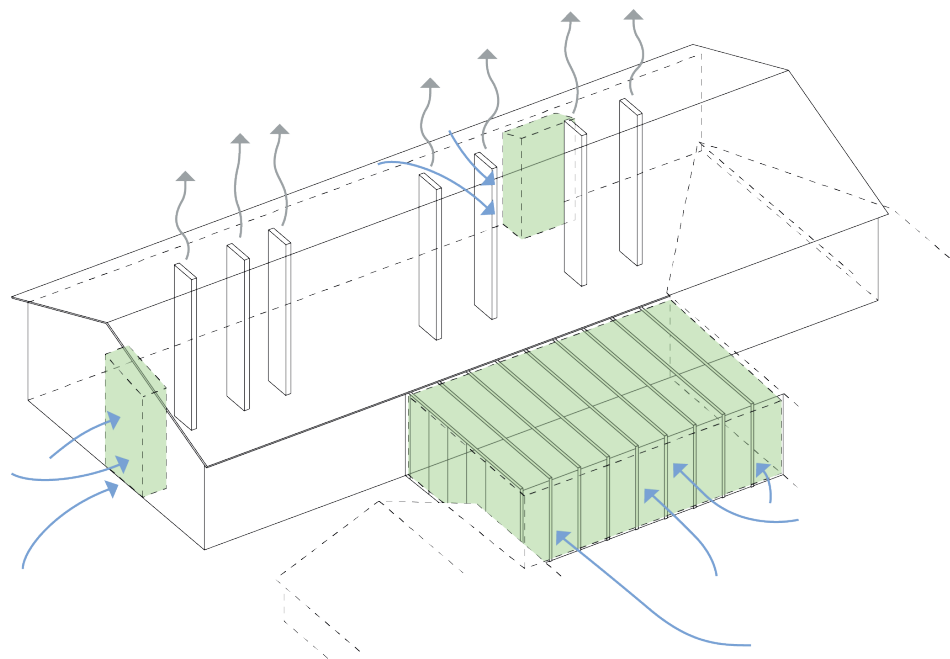
Ilmanvaihto ja lämmitys

Laukaan kyläkoulun kaikki tilat lämmitetään pinta-asennetuilla vesikiertoisilla lämpöpattereilla. Lisäksi luokat voidaan lämmittää tehokkaasti ja tarvittaessa nopeasti pellettitakoilla. Rakennusten käyttämä energia on omavaraista ja vähäpäästöistä, sillä tontilla on oma biokaasulaitos, jolla pystytään tuottamaan suurin osa tarvittavasta lämpö- ja sähköenergiasta.

Laukaan kyläkoulu toimii painovoimaisella ilmanvaihdolla. Koulun ja päiväkodin runkosyvyys on mitoitettu niin, että keskellä sijaiseva hormivöyhyke palvelee kaikkia tiloja tehokkaasti. Jokaisen tilan yhteydessä on poistoilmaluukku suoraan vertikaaliin hormirakenteeseen. Muuratut poistoilmahormit ovat ullakon ansiosta korkeat ja tiilirakenne estää lämmönvarauskykynsä ansiosta ilman virtauksen kääntymisen. Ilma otetaan tilaan ikkunoiden yläpuolella sijaitsevistä tuloilmaventtiileistä. Suuri huonekorkeus helpottaa raikkaan tuloilman sekoittumista sisäilmaan. Lämmityskaudella ilma on myös mahdollista ottaa esilämmitettynä viherhuoneiden kautta. Lämpiminä vuodenaikoina rakennusten kapea runko mahdollistaa myös tehokkaan ristituuletuksen.

Painovoimainen ilmanvaihto tullaan määräyksissä vapauttamaan nykyisestä D3-tasauslaskennasta. (Ympäristöministeriö 1, 2016) Toisaalta edellytetään tuloilman suodattamista, mikä hankaloittaa huomattavasti

painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaa. Laukaan kyläkoulu sijaitsee harvakseltaan liikennöidyn tien varrella, jolloin merkittävää määrää saasteita ja melua ei ole hankaloittamassa ilmanvaihdon toimintaa. Rakennusmateriaalien terveellisyys ei myöskään edellytä vaarallisten päästöjen tehokasta ohjaamista pois huoneilmasta. Lämmöntalteenotosta saatavien energiasäästöjen sijaan suunnitelmassa on otettu huomioon koneelliseen ilmanvaihdon laitteiden aiheuttama hiilijalanjälki sekä kestävämmien materiaalien käytöstä aiheutuva ympäristöhaitta. Laitteiston vaatima huolto ja vaihto lyhyellä aikavälillä kuormittaa luontoa ja saattaa vahingoittaa rakennuksen luonnollista toimintaa. Painovoimainen ilmanvaihto ei vaadi toimiakseen sähköä koneellisen ilmanvaihdon tapaan ja suurempi lämmönkulutus ei aiheuta merkittäviä päästöjä omavaraisenergian ansiosta.



KUVA 53. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate.

Tuulettuvat ja yksiaineiset rakenteet

Laukaan kyläkoulun rakenneratkaisuissa on otettu mallia perinnerakentamisesta, sillä näillä menetelmillä rakennettujen rakennusten on voitu todeta kestävän aikaa. Rakenteet kestävät pidempään, jos esimerkiksi kosteuspitoisuuden sallitaan vaihtelevan ilmankosteuden mukana. Rakenteita, jotka kestävät tällaista muutosta, kutsutaan *hengittäviksi*.

Laukaan kyläkoulun päärakenteina toimivat yksiaineiset, massiiviset puuelementit, joiden rakennusfysikaalista toimintaa ei häiritse liimat, tai muut diffuusion estävät aineet. Koska toiminnaltaan arvaamattomia aineita ei ole käytetty, on rakennusten rakenteet todennäköisemmin elinkaarihokkaita. Puu imee hyvin kosteutta, mutta sen kosteuskapasiteetin takia myös kuivuu nopeasti. Hiilidioksidin määrä ilmassa tasoittuu myös hengittävien rakenteiden läpi, jolloin ilmaa ei tarvitse vaihtaa koneellisesti ja samalla hukata lämpöä. Massiivipuun on tiivistetty ulkoa puukuitulevyllä, jolloin kaikkien

seinämateriaalien kosteustekninen toiminta on samanlaista ja yhtä luonnollisesti toimivaa. Tuulensuojan on erityisen tärkeää olla hengittävä, sillä se ottaa vastaan sisäpuolelta tiivistyvän kosteuden (Kaila, 1997). Myös julkisivuverhoilun lietemaalipinta päästää tiivistyneen kosteuden lävitseen, joka estää maalin ja verhoilun väliin jäävän kosteuden aiheuttamat vahingot.

Yksiaineisia ovat myös märkätiloja ympäröivät seinät, jotka ovat hyvin kosteutta sitovia tiilimuureja. Näin kosteusteknisesti haastavimmat tilat eivät aiheuta vahinkoa rakennukselle. Tiilen tiiveys päästää veden pintakerrokseen, vain höyryn kulkeutuessa rakenteen läpi (Väisänen, 2003).

Tuulettuvat ylä- ja alapohjarakenteet päästävät lävitseen paitsi vesihöyryä, myös ilmaa, jonka tehtävä on kuljettaa mahdollinen kosteus pois rakenteesta. Tilojen sisältämien suurten ilmassojen on tarkoitus myös tasata lämpötilaeroja,

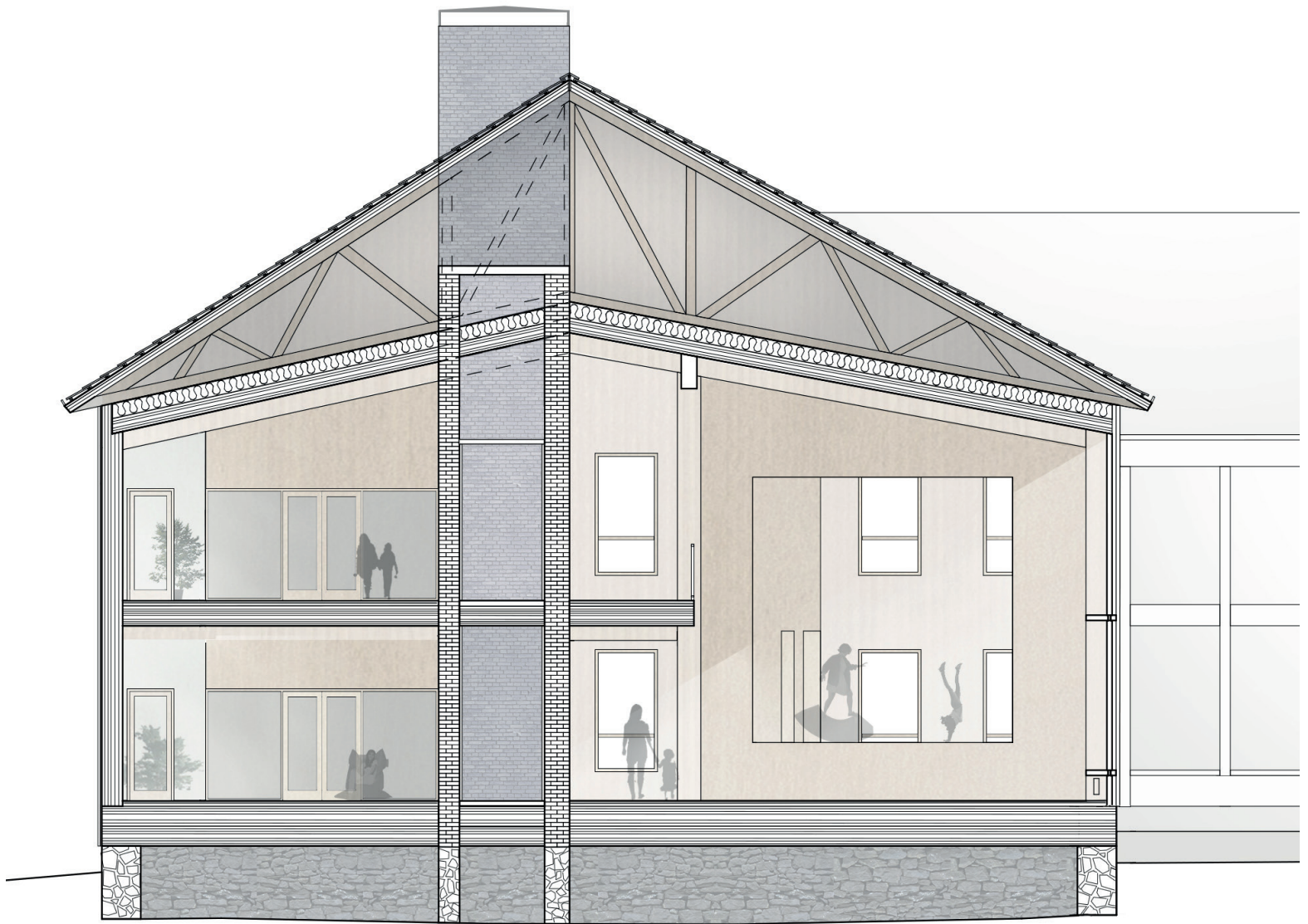
jolloin estetään kosteuden kondensoituminen vesikattoranteisiin. Tuulettuvat rakenteet ovat helpommin ylläpidettävissä ja näin ollen elinkaaritehokkaita (ks. kappale 3.6 *Näkökulma 4: Elinkaaritehokkuus*) sillä niitä on mahdollista huoltaa sisä- ja ulkopuolelta. Massiivipuiset kattoristikot on yhdistetty toisiinsa puuliitoksin, jolloin osien kosteuskäyttäytymisessä ei ole eroa kuten esimerkiksi teräksisiä naulalevyjä käytettäessä.

Energiätehokkuus on hankaloittanut tuulettuvien ja hengittävien rakenteiden toimivuutta, sillä kasvavat lämmöneristekerrokset lisäävät vesihöyrynvastusta ja viilentävät vaipan ulkorakenteita aiheuttaen kondensoitumisriskejä (Vinha, 2012) Laukaan kyläkoulun tapauksessa energiatehokkuuteen pyritään niissä puitteissa, joissa ei aiheuteta haittaa rakenteille. Eristävyyden aiheuttamat haitat, kuten lisääntyvä viilennyksen tarve tai rakennuksen rungon vaurioituminen, nähdään suurempana haittana kuin energiasäästöllä saadut hyödyt. Moniaineiset eristeikkunat on Laukaan koulussa korvattu huollettavilla kolmepuitteisilla tasolasi-puuikkunoilla, joiden eristävyyttä on mahdollista säädellä ikkunaluukuilla. Näin saavutetaan energiatehokkuutta elinkaaritehokkain menetelmin.

Paloturvallisuus

Laukaan kyläkoulun koulurakennus on P2-paloluokan puutalo. Rakennuksen rungon diffuusioavoimuus halutaan säilyttää käyttämällä ensisijaisesti toiminnallista palonsuojausta. Osastokoot ovat pieniä ja jokaisessa on tilavat ulospääsyt. Rakennus on myös mahdollista varustaa sprinklauksella. Porrashuoneet on palosuojattu A1- luokitetuilla savilaatoilla ja poltetulla tiilellä.

Palomääräykset tulevat muuttumaan vuoden 2018 alussa, jolloin puun käyttö rakentamisessa vapautuu entisestään. (Ympäristöministeriö, 2017) Nykymääräyksissä Laukaan koulu vaatisi sisätiloissa 10 minuutin palonsuojaverhouksen, joka on mahdollista korvata myrkyttömällä kvartsihiekkakyllästeellä. Tällöin massiivirakenteen pinta on mahdollista jättää sellaisenaan näkyviin. Massiivirakenteelle on luvattu palotilanteessa 4,5 tunnin kantavuusaika.



KUVA 54. Leikkaus koulun juhlasalista 1:150.

Tilallisesti joustavat pohjaratkaisut

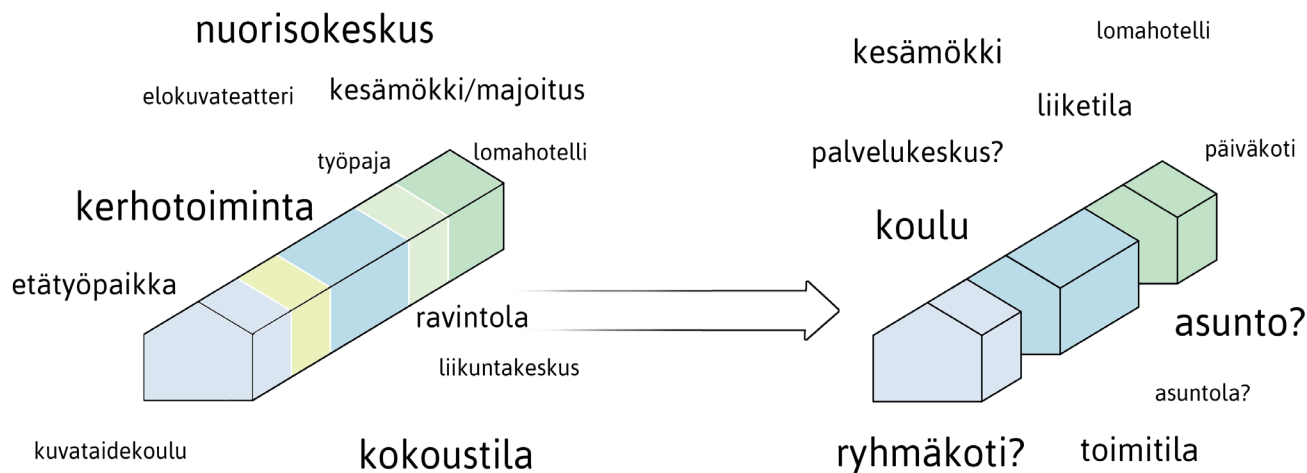
Rakennuksen tilallinen joustavuus on yksi kappaleessa 3.6 *Näkökulma 4: Elinkaaritehokkuus* esitetyistä elinkaaritehokkaista keinoista. Se perustuu helposti muunneltaviin pohjaratkaisuihin ja teknisiin järjestelmiin, jotka lisäävät rakennuksen käyttöä sekä pitkällä, että lyhyellä aikavälillä.

Rakennuksen lyhyen aikavälin monikäyttöisyys on käyttötehokkuutta, joka "kuvaava energiatehokkuutta suhteessa rakennuksen käyttöön niin ajassa kuin käyttäjien lukumäärässäkin" (Lindberg, 2017) Energiatehokkuuden lisäksi lyhyen aikavälin monikäyttöisyyden voi nähdä tilallisena joustavuutena, ja se heijastelee myös pidemmän aikavälin muuntojoustavuutta. Muuntojoustavuus lisää rakennuksen käyttövuosia, ja perustuu vahvemmin rakennuksen rakenteelliseen muunneltavuuteen. Tilallinen joustavuus on elinkaaritehokkuuden sosiaalinen tekijä. Se on esitelty jaoteltuna kaaviossa 4.1 *Ekologisten keinojen hierarkia* - kappaleessa, jossa muuntojoustavuus mainitaan.

Laukaan kyläkoulu on pyritty suunnittelemaan niin, että sen käyttö olisi tehokasta ympäri vuoden ja että sen käyttö kestäisi mahdollisimman pitkään (kuva 55) Laukaan kyläkoulun

konsepti edellyttää rakennuksen olevan monikäyttöinen heti valmistuttuaan, joka edistää rakennuksen käytön muunneltavuutta myös pitkällä aikavälillä.

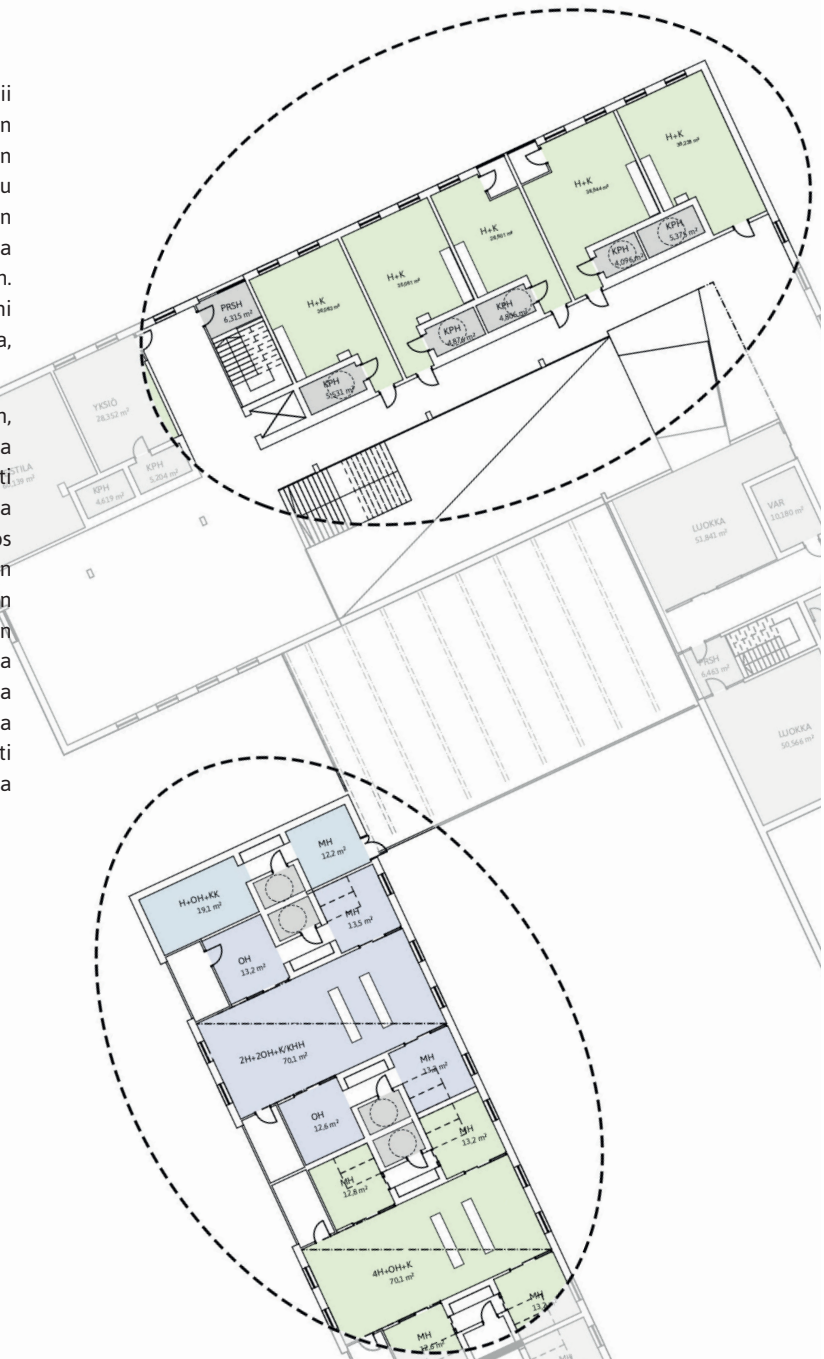
Laukaan koulu toimii opetuksen ohella harrastus- ja vanhusten ruokailu- ja terveydenhoitopaikkana. Koulun ruokala on kaikille avoin ravintola, jonka on tarkoitus lisätä ulkopuolisten rakennuksen käyttöä esimerkiksi ilta-aikaan. Koulun lähialueelta puuttuu nuorisokeskus, joten koulu toimii luontevasti tällaisena opetusajan jälkeen. Kulunvalvonta toimii rakennuksessa luokkakohtaisesti, joten ulkopuolisten on mahdollista käyttää jopa luokkia niiden vapaanaolon puitteissa opetusajaksi. Kesäaikaan päiväkotia on mahdollista hyödyntää esimerkiksi loma-asumiskäytössä. Lepohuoneet on suunniteltu helposti hostellihuoneiksi muutettaviksi. Koulu voi toimia ympäri vuoden vapaa-ajan keskuksena, ja on käyttökelpoinen myös leirimäisessä kesämajoittumisessa.



KUVA 55. Koulun tämänhetkiset ja mahdolliset tulevat käyttötavat.

Pitkäaikaisen muuntojoustavuuden onnistuminen vaatii yksinkertaisuuteen pyrkivien pohjaratkaisujen lisäksi muuttuvien käyttötärpeiden ennakoimiskykyä. Laukaan, kuten monen muun Suomen kunnan tapauksessa asukasrakenteen on ennustettu vanhenevan. (Rapo, 2013) Vaikka kunnan väestömäärän on ennustettu kasvavan, niin saattaa olla, että tulevaisuudessa koulun opetustoiminta supistuu tai päättyy jopa kokonaan. Laukaan koulussa on oppilaita ja päivähoitolapsia valmiiksi pieni määrä, joten on erityisen tärkeää elinkaaritehokkuuden kannalta, että käyttö ei rajoitu vain tähänhetkisiin toimintoihin.

Laukaan kyläkoulun toiminta on jaettu kahteen rakennukseen, sillä sen on nähty helpottavan toimintojen muuttamista esimerkiksi vain osassa tiloja. Tulevaisuudessa päiväkotia voidaan eriyttää omaksi tontikseen ja pienillä muutoksilla ottaa asumiskäyttöön vanhuksille tai tavallisiksi asunnoiksi. Jos koulutoiminta päättyy kokonaan, voi myös koulurakennuksen ottaa palveluasumiskäyttöön. (kuva 56) Myös palveluasumisen ja liiketilojen yhdistäminen samaan rakennukseen on mahdollinen. Laukaan kyläkoulun tiloissa on mahdollista soveltaa tällä hetkellä yleistyvää asumista ja palveluja yhdistävää monitoimitilakonseptia. Rakennusten lähes ainoa pysyvämpi sisätiloja rajaava osa on sydänmuuri, jonka asemointi on suunniteltu palvelemaan mahdollisimman monenlaisia sisätilaratkasuja.



KUVA 56. Vaihteoiset tulevaisuuden pohjaratkaisut

4.6. YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISET MATERIAALIT



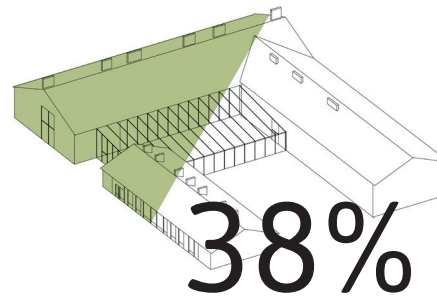
Vihreä kyläkoulu pyrkii käyttämään ympäristöystävällisiä rakennusmateriaaleja, joista on kerrottu kappaleessa 3.3 Elinkaarivaikuttavuus. Useimmat niistä ovat myös pitkäikäisiä, jos niitä käytetään oikein. Ympäristöystävällisten materiaalien käyttö perustuu luonnonvarojen kulutuksesta aiheutuvien haittojen poistoon, jonka takia sitä kutsutaan vaikuttavuudeksi. Tässä kappaleessa käydään läpi elinkaarivaikuttavia materiaaleja suunnitelman näkökulmasta ja kerrotaan, miten niitä käytetään ja mitkä ratkaisut tukevat työn muita ekologisia näkökulmia.

Puu

Puu on uusiutuva luonnonvara, jota Suomesta löytyy runsaasti. Koko vuotuinen asuntotuotantomme olisi mahdollista saada rakennettua puusta, jonka kasvuun Suomen metsissä kului aikaa 10 tuntia. (Puuinfo, 2017) Puurakentamisesta on Suomessa pitkät perinteet, tosin nykyiset ja perinteiset tuotantoprosessit poikkeavat suuresti toisistaan. (Kaila, 1997). Teollinen tuotanto ei osaa hyödyntää puun luonnollisia ominaisuuksia, vaan korvaa niitä lisäaineilla ja kyllästeillä, jotka heikentävät puun kierrätettävyyttä sekä tekevät siitä ympäristölle haitallisen. Laukaan kyläkoulussa on käytetty vain myrkytöntä, ihmiselle ja luonnolle terveellistä puuta.

Puu on Laukaan koulussa eniten käytetty rakennusmateriaali. Sekä koulu- että päiväkotirakennuksen kantavat ulkoseinät ovat massiivipuu-elementeistä rakennettuja. Toisin kuin tyyppillisessä CLT-elementissä, näissä ei ole käytetty liimaa tai muita myrkyllisiä tai puun kosteusteknistä toimintaa haittaavia aineita. Saksalaisen Rombach- yhtiön kehittämän Nur-Holz-elementin puulevyt on kiinnitetty toisiinsa pyökkiruuvein. Elementit on vuorattu ulkopuolelta yleisesti kohteessa käytettävällä, ohuella puukuitulevyllä. Päällä on 40mm paksuinen kuusilaudoitus, joka on maalattu rautaoksidi-pigmentoidulla lietemaalilla. Sisäpinnat ovat verhoilemattomia, palomääräysten vaatiessa ne on mahdollista käsitellä myrkyttömällä Q-treat- vesilasikyllästeellä. Ainoastaan osastoivien- ja märkätilojen seinät on päällystetty savilevyillä. Sisäseinät ja välipohjat ovat niin ikään massiivisia, lattialaudoituksen alla eristystä parantamassa on ohut puukuitulevykerros ja savilaatat. Väli- ja yläpohjat on kannateltu pyökkitapiteilla puupilareilla ja -palkeilla.

Massiivipuu on kaikkien ekologisten näkökulmien kannalta hyvä materiaali. Hyvin rakennettu puutalo saattaa kuluttaa hyvin toteutettuna saman verran tai vähemmän energiaa kuin kivitalo. Puisten rakennustuotteiden valmistus aiheuttaa hyvin



KUVA 57. Nur-Holz- elementeissä puulevyt on kiinnitetty toisiinsa pyökkitapein. (Yle Uutiset, 2015)

vähän hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi puu toimii hiilivarastona kasvuvaiheessa hyödyntämälleen hiilidioksidille. Esimerkiksi puumakotitalo sitoo rakenteisiinsa keskimäärin noin 30 tonnia ilman hiilidioksidia. Se vastaa yhden kuluttajan keskivertoautoilun yli 10 vuoden hiilidioksidipäästöjä. (Puuinfo, 2017)

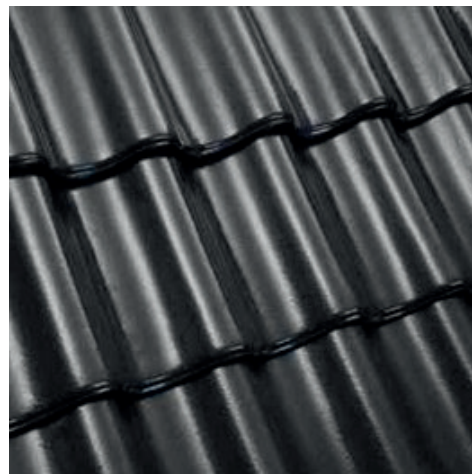
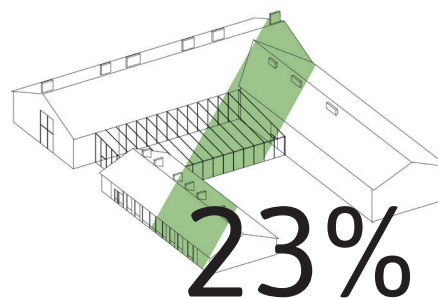
Lisäaineeton ja myrkytön puu on helppo hyödyntää uudestaan, mikä myös pienentää hiilijalanjälkeä. Käyttötehokkaat rakenteet yhdessä puun oikeaoppisen käytön kanssa takaavat materiaalille pitkän käyttöiän. Puuelementeillä ulkoseinien U-arvoksi saadaan 0,18, joka tekee siitä suhteellisen energiatehokkaan rakenteen.

Savitiili

Savitiili valmistetaan polttamalla savesta ja hiekasta. Savi on uusiutumaton, mutta Suomen luonnossa runsaasti esiintyvä luonnonvara. Savi on maaperän pinnalla esiintyvä aine, joka ei ole ympäristölle vaarallinen.

Tiili on paitsi elinkaarivaikuttava, myös Suomessa pitkällä perinteellä käytetty ja valmistettu tuote. Tiiltä on sanottu ensimmäiseksi standardisoiduksi rakennusmateriaaliksi. Pohjoismaissa tiiltä on käytetty noin 1200-luvulta lähtien ja teräsbetoni korvasi muuratun tiilen hallitsevana rakennusmateriaalina vasta viime vuosisadan alussa. Nykyisin tiiltä käytetään eniten vain pintakerroksena betonielementin päällä. (Kaila, 1997)

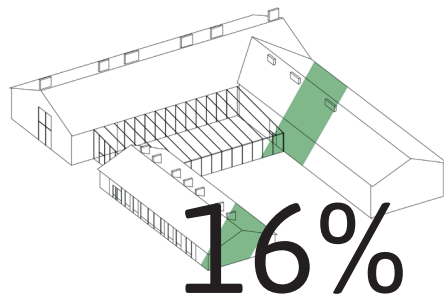
Suurin osa Laukaan kyläkoulun rakennusten kantavista sisäseinistä on muurattua tiiltä. Tiilirakenteet muodostavat sydänmuurivyöhykkeitä rakennuksen keskelle, joka toimii tilanjakajana ja tehokkaana ääneneristäjänä avoimen aulatilän ja yksityisempien luokkatilojen välillä. Tiili vaimentaa huokoisuutensa ansiosta tehokkaasti ääntä, jolloin sen käyttö juhlasalin seinissä parantaa akustiikkaa (Siikanen, 1986). Tiilellä on korkea lämpökapasiteetti, joten se tasaa huoneiden lämpötiloja ja luovuttaa päivällä varastoitunutta lämpöä lämmitysajan ulkopuolella. Jokaisesta muurivyöhykkeestä jatkuu hormi suoraan katolle. Tiilen lämmönkestokyvyn takia se on toimiva pintamateriaali ilma- ja savukanavissa. Koulun ja päiväkodin aputilat sijaitsevat pääasiassa tiilimuurien sisällä. Huokoistettu täystiili imee korkean kosteuskapasiteettinsa ansiosta hyvin pesu- ja wc-tilojen kosteuden. Porrashuoneiden lattioiden puupinnat on päällystetty palonkestävällä tiililaatalla. Myös kyläkoulun katot on tehty keraamisesta, lasitetusta kattotiilestä.



KUVA 58. Bender Savitiili on luonnontuote, joka on valmistettu Saksassa saviliuskeesta. (RT tuotetieto, 2017)

Kattotiilet kestävät muita kateaineita paremmin ilmansaasteita, ja vain paranevat ulkonäöltään vanhetessaan.

Tiilellä on raskaan valmistusprosessinsa takia suuri hiilijalanjälki. Jos kuitenkin otetaan huomioon tiilen koko mahdollinen käyttöikä, on päästöjen suhteellinen määrä huomattavasti pienempi. Tiiltä tulee käyttää oikein ja esimerkiksi suojata ulkotiloissa lämpö- ja jäätymisvaurioilta välttymiseksi ja käyttää pehmeää saumauslaastia. Tällä tavoin tiili säilyy myös purettavana ja uudelleenkäytettävänä, joka pienetää hiilijalanjälkeä entisestään ja tekee tiilestä yhden elinkaarihokkaimmista rakennusmateriaaleista. Tiilen lämmönvaraavuus mahdollistaa sen käytön termisenä massana ja näin ollen energiatehokkaana passiivisena ratkaisuna.



Luonnonkivi

Luonnonkivi kuuluu runsaisiin uusiutumattomiin luonnonvaroihin, sillä sitä on suurin osa maankuoresta. Sen käyttö ei vaadi prosessointia, työläin vaihe on kiven louhinta ja kuljetus rakennuspaikalle. Luonnonkivi on yksi vanhimmista käytetyistä rakennusmateriaaleista, mutta sitä käytetään nykyään rakentamisessa harvoin muussa kuin pintaverhoilussa.

Kyläkoulun rakennusten sokkelit on valmistettu kiilakivistä latomalla. Kestävydessään kivi sopii ihanteellisesti ottamaan vastaan perustukseen kohdistuvan painon. Taidolla rakennettu kivimuuri on käytännössä ikuinen joka rakennuksen perustan muodostavalla osalla on tärkeä ominaisuus.

Suomen maaperän kivilajit ovat maailman vanhimpia ja lujimpia. Sen kuljetus ja louhinta kuluttaa energiaa, mutta on kestävyys- ja ympäristöystävällisyysominaisuudet mukaan laskettuna esimerkiksi betonin ekologisuudessa päihittävä vaihtoehto. Kivi on uudelleenkäytettävissä sellaisenaan tai murskeena. Se ei aiheuta luontoon takaisin päätyessään ympäristöongelmia

Puukuitu

Puukuitulevyt ovat puun ja puuaineisten kasvien kuiduista valmistettuja levyjä, jotka tarttuvat toisiinsa lämmön ja paineen avulla huopautuksella. Puukuitueriste puolestaan valmistetaan murskaamalla paperi hienojakoiseksi massaksi. Puukuidulle on mahdollista antaa lisäominaisuuksia liimoja ja muita lisäaineita käyttämällä mutta ne toimivat myös eristävinä rakenneosina sellaisenaan. (Siikanen, 1986) Puukuitu on elinkaarivaikuttava rakennusmateriaali, sillä se on valmistettu luonnossa runsaasti esiintyvistä uusiutuvista luonnonvaroista.

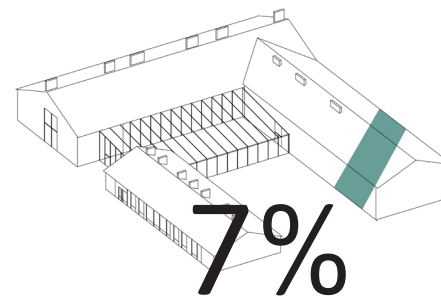
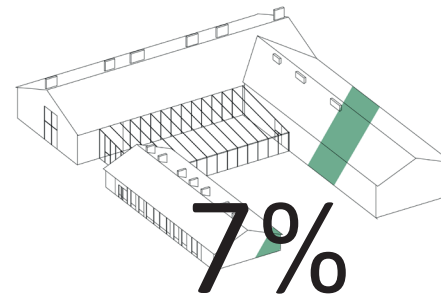
Puukuitu on sen terveellisyyden ja ympäristöystävällisyyden takia ainoa koulussa käytetty lämmöneriste. Tavallisista eristeistä, kuten mineraalivillasta poiketen puukuitulevystä ei irtoa sisäilmaan myrkyllisiä yhdisteitä, vaikka se olisikin siihen kosketuksissa. Puukuidun valmistus ei vaadi raskaita tuotantoprosesseja, joka tekee siitä myös päästöhokkaan rakennusaineen.

Puukuitu on puun tapaan hengittävä materiaali, jota onkin käytetty tästä syystä Laukaan kyläkoulun massiivipuulementtien tuulensuojana yläpohjan eristeenä. Puukuitu sitoo ja vapauttaa hyvin kosteutta, ja erityisesti ulkorakenteissa on tärkeää, että esimerkiksi pintaverhoilu päästää rakenteen kuivumaan. Laukaan koulun tapauksessa hengittävyys on varmistettu lietemaalatulla kuusilaudoituksella. Näin saadaan rakenteesta matalapäästöisyyden lisäksi myös pitkäikäinen.

Lasi

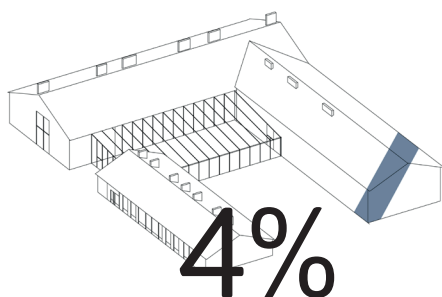
Lasi on keraaminen aine, joka tavallisimmin koostuu kvartsihiekkasta, natriumoksidista ja kalsiumoksidista. Mineraalit sekoitetaan keskenään ja sulatetaan, jonka jälkeen jäähtyvä kvartsihiekkä muodostaa läpinäkyvää lasia. Lasin ominaisuuksia voidaan parantaa lisäämällä metallioksiedeja, jotka kuitenkin ovat edellä mainittuja mineraaleja harvinaisempia ja siksi elinkaarivaikuttavuuden kannalta vähemmän suositeltavia käyttää. (Siikanen, 1986)

Viime vuosisadan alun tyypillisimmät ikkunat olivat kaksilasisia puuikkunoita. Nykyiset energiatehokkaat ikkunat ovat jopa nelilasisia puu- ja alumiinieristeikkunoita, joissa lasien välissä on argon- tai muu jalokaasutäyte, sekä liimamassaa tiivistämässä lasien reunoja. Rakennusten ylikuumenemisen välttämiseksi eristeikkunoissa käytetään lisäaineita ja muovikalvoja lasin pinnassa. Nämä ratkaisut eivät kestä ikkunan perusosien aikaa ja tekevät koko ikkunaelementistä lyhytikäisen ja vaikean kierrättää.



Tavallisessa puupuitteisessa ikkunassa lasin voi korvata uudella ja vanhan käyttää uudelleen sulattamalla. Lisäksi puuosat ovat helposti huollettavissa.

Koska Laukaan kyläkoulussa pyritään ensisijaisesti pitkäikäisyyteen ja ylläpidettävyyteen, on energiatehokkaat ikkunat korvattu kolmilasisilla puuikkunoilla. Ikkunoiden energiatehokkuuteen on haettu ratkaisua ikkunaluukuista, joiden avulla voidaan hyödyntää eristeikkunoita paremmin sisään tuleva auringonlämpö. Viherhuoneiden lasielementit eivät ole lämpöä eristäviä, vaan tasolasit on yhdistetty toisiinsa ohuilla metallikiinnikkeillä.



Savi

Kuten tiili- kappaleessa kerrottiin, savi on ympäristöstävällinen luonnon rakennusmateriaali. Savirakenne on helppo purkaa ja palauttaa luontoon sellaisenaan.

Savi on maailman vanhimpia rakennusmateriaaleja. Vaikka sitä käytetään varsin vähän nykyrakentamisessa, on siitä povattu tulevaisuuden ekologista rakennusmateriaalia. (Kaila, 1997)

Laukaan kyläkoulussa savea on käytetty yläpohjan eristeessä, sillä sen jopa tiiltä parempi kosteudensitomis ominaisuus vähentää kosteuden siirtymistä viileään ullakkotilaan. Hengittävyytensä ansiosta savi ei vaaranna rakenteen kosteusteknistä toimintaa. Myös välipohjissa laualattian alla sijaitseva savilaattakerros sitoo kosteutta erityisesti pesutiloissa, joissa savilaattaa on myös seinissä sitomassa kosteutta. Lisäksi savi toimii hyvin palonkestävyytensä ansiosta osastoivissa rakenteissa pintamateriaalina ja sekoitettuna puukuiteristeeseen. Tavallisissa väliseinissä käytettynä savi eristää tiiviin koostumuksensa ansiosta tehokkaasti ääntä.

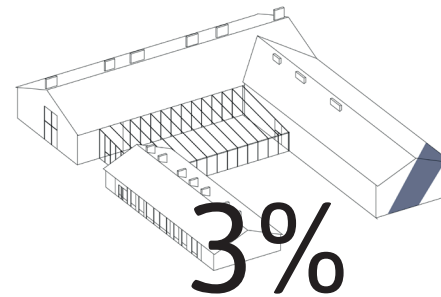
Polttamattomana savi on hiilidioksidipäästöjen kannalta tehokas rakennusmateriaali, sillä sen käyttö ei vaadi välttämättä teollista muokkausta. Se on lisäksi helppo käyttää uudelleen. Sateelta suojattuna savesta on mahdollista saada myös pitkäikäinen rakennusmateriaali.

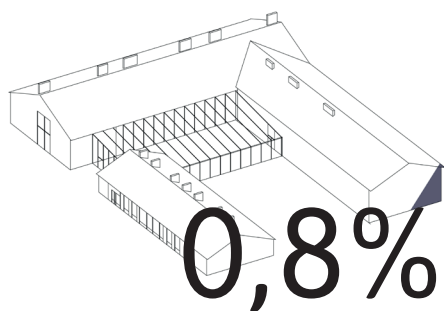
Laasti

Laastia käytetään muurauksessa sekä pintojen tasoittamisessa ja rappaamisessa. Laasti koostuu sideaineista, runkoaineista ja nesteestä. Sideaine sitoo nesteen avulla lujan runkoaineiden, tavallisimpia sideaineita, ovat kalkki, sementti sekä näiden kahden aineen sekoitus, muuraussementti. Kalkki on vuositasojen käytössä ollut sidosaaine, joka valmistetaan kalkkikivestä polttamalla. Kalkkilaasti ei ole uudelleenkäytettävissä, mutta se on purettaessa ympäristölle vaaraton aine. Sementti korvasi kalkin laastin pääainesosana viime vuosikymmenellä ja nykyään kalkkia käytetään lähinnä parantamassa laastin muokattavuutta. (Siikanen, 1986)

Kalkkilaastin pehmeiden takia sitä on käytetty Laukaan kyläkoulun sydänmuurien muurauksessa ja rappauksessa sekä välipohjien tiililaatta-ladonnoissa. Kalkkilaasti ei ole yhtä luja kuin sementtibetoni, jolloin tiilirakenteet ovat purettavissa tiiltä rikkomatta.

Kalkkilaasti on sementti- ja muuraussementtiä ympäristöystävällisempi vaihtoehto. Kalkkilaastin käytön ongelmaksi lasketaan tänä päivänä sen huono säänkestävyys ja vaativammat käyttöolosuhteet, sillä kalkki tarvitsee sekä kostean ilman että vettä kovettuakseen. Sementti on hydraulinen aine, jolloin se vaatii sitoakseen laastin vain vettä. Toisaalta Suomessa jo keskiaikaisissa linnoissa on käytetty kalkkilaastin seassa epäpuhdasta, hydraulisia aineita sisältävää poltettua kalkkia, sekä esimerkiksi tiilijauhoa ja hiiltä (Kaila, 1997). Tällainen hydraulinen kalkkilaasti on kestänyt näihin päiviin asti ja osoittaa näin ympäristöystävällisen kalkin potentiaalinsa pitkäikäisenä, eri sääolosuhteita kestävässä sidosaaineena. Uusien ekologien arvojen on mahdollista ohjata tuotekehittelyä ja innovointia rakennusaineisiin, jotka eivät vahingoita ympäristöä ja ovat silti kestäviä ja matalapäästöisiä valmistusprosessiltaan.





Teräs

Teräs on jalostettu uusiutumattomista ainevarastoista, joita tulisi käyttää mahdollisimman vähän. Teräksen pääraaka-aine on rautamalmi, jota saadaan peruskalliosta louhimalla. Rautaa ei esiinny luonnossa puhtaana ja prosessoidut rautatuotteet eivät hajoa luonnossa vaan kertyvät. Tärkeää onkin että käytetty rauta, esimerkiksi terästuotteen muodossa, säilyy uudelleenkäyttävänä, eli sitä ei tule sekoittaa edes muiden metallien kanssa.

Terästä on käytetty Laukaan koulussa hyvin vähän. Tekniset laitteet, porraskaiteet, sekä ovien ja ikkunoiden detajiiikka vaativat metallien lujuutta, jota teräksellä on myös ilman lisäaineita. Suihkutiloissa teräsaltat keräävät lavuaarin tavoin veden, jolloin pesuhuoneiden märkätilat voidaan rajata suihkukoppeihin. Viherhuoneiden lasielementit on kiinnitetty toisiinsa pienillä teräspidikkeillä. Kaikki teräsosat ovat itsenäisesti purettavissa ja uudelleenkäyttävissä.

Terästä tulee käyttää pitkäikäisyyteen tähtäävissä rakenteissa, jolloin suurin hyöty saadaan siitä, että koko osaa ei tarvitse uusia ja näin säästetään luonnonvaroja. Teräs on oikein käytettynä helppo kierrättää useita kertoja, jolloin sen valmistukseen kuluva energia saadaan kompensoitua ajallisella hyödyllä.

Synteettiset aineet

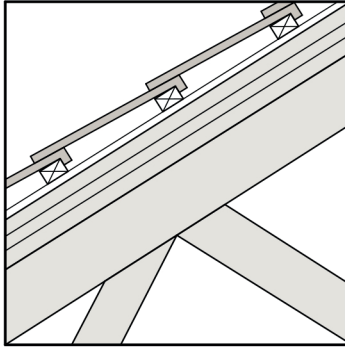
Synteettisten aineiden käyttö on usein rakentamisessa tietyssä määrin välttämätöntä, mutta jos ne ovat myrkyttömiä ja biohajoavia, ne eivät ole ympäristölle haitaksi. Diplomityön suunnitelmassa on pyritty käyttämään synteettisiä aineita mahdollisimman vähän, koska niiden ominaisuuksia on lopulta vaikea arvioida ja tuotantoprosessit vaativat usein paljon energiaa. Esimerkiksi imastointilaitteet tulee vaihtaa useaan kertaan elinkaaren aikana ja ne sisältävät aina ympäristölle vahingollisia materiaaleja. Siksi luonnollinen ilmanvaihto tukee myös materiaalivaikuttavuutta. Laukaan kyläkoulun märkätilat rajautuvat suihkukoppeihin, jolloin vältetään hengittävien rakenteiden toimivuutta estäviä, ympäristölle haitallisilta vedeneristeiltä. Sisätiloissa on huomioitu paloturvallisuus käyttämällä luonnonmukaisia palonestoaineita. Koulutiloissa tavallisesti käytetyt muovimatot on korvattu lautaverhoilulla.

Terveellinen luonnolle, terveellinen käyttäjälle

Koska luonnonmukaiset materiaalit eivät lähtökohtaisesti sisällä myrkyllisiä kemikaaleja, ovat ne ominaisuuksiltaan sisäilmastoystävällisiä. Sisäilman laadun kannalta on tärkeää, että huoneen pinnoilta ja erilaisista rakennusmateriaaleista ei pääse huoneilmaan haitallisia aineita. Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaan sisätiloja suunniteltaessa voidaan tiili, luonnonkivi, keraaminen laatta, lasi, metalli sekä käsittelemättömästä puusta valmistetut laudat ja hirret rinnastaa luokan M1 tuotteisiin. M1 luokitus kertoo materiaalin vähäpäästöisyydestä. Luokituksessa asetetaan vaatimuksia ainoastaan materiaaleista huoneilmaan kulkeutuville kemiallisille päästöille eli emissioille. (Rakennustieto, 2017) Koska Laukaan kyläkoulun rakenteet on tehty kauttaaltaan terveellisistä materiaaleista, ei myöskään pinnoitteen alta voi kulkeutua huonetilaan ihmiselle haitallisia yhdisteitä. Nykyrakentamisessa käytettyjen muovien ja myrkyllisten kemikaalien takia sisäilmaa tulee vaihtaa tilassa useammin kuin terveellisten materiaalien kanssa olisi tarpeellista. Näin ollen materiaalitehokkuus edistää myös energiatehokkuutta.

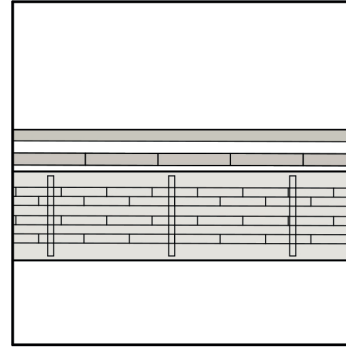
Euroopan komission (2002) Vihreä Vitruvius -julkaisussa on esitetty, että rakenteiden ilmatiiveys sekä sisäilmassa lisääntyneet saastelähteet ovat syynä kasvaviin sisäilmaongelmiin. Energiatehokas rakentaminen on tässä kohtaa selkeästi ristiriidassa paitsi ekologisen, myös käyttäjälle terveellisen rakentamisen kanssa. Luonnollisten materiaalien potentiaali ja välttämättömyys rakentamisessa tulisi nostaa U-arvoa tärkeämmäksi seikaksi ja etsiä ratkaisuja, jotka säästävät energiaa ihmisen terveydestä tinkimättä.

RAKENNELEIKKAUKSET 1:25



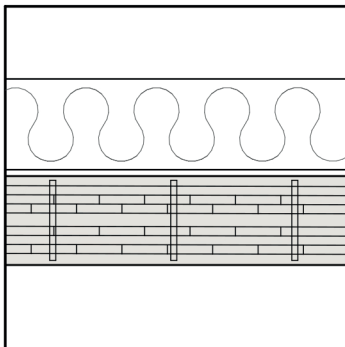
VESIKATTO

- lasitettu savitiili
- kattoruoteet
- tuuletusrimat 30 mm
- uritettu lautakatto 120 mm
- kattoristikko 200 mm



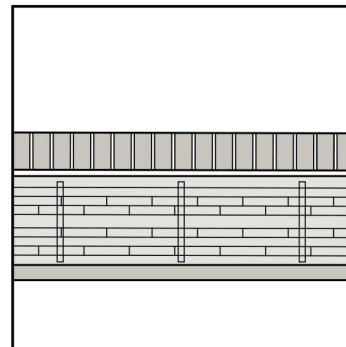
VÄLIPOHJA

- lautalattia 40 mm
- koolaus 40 mm
- savilaatta 40 mm
- puukuitulevy 20 mm
- massiivipuulementti 290 mm



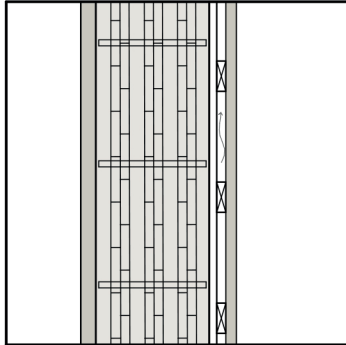
YLÄPOHJA

- savikyllästetty puukuitueriste 320 mm
- puukuitulevy 20 mm
- massiivipuulementti 290 mm



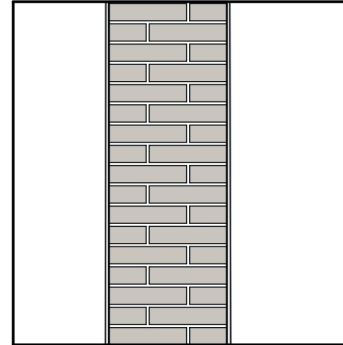
OSASTOIVA VÄLIPOHJA

- tiililadonta + kalkkilaasti 123 mm
- puukuitulevy 20 mm
- massiivipuulementti 290 mm
- savilevy 50 mm + savilaasti



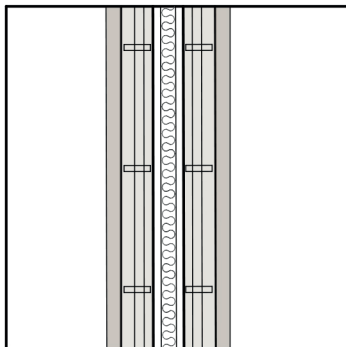
OSASTOIVA ULKOSEINÄ

- kuusilautoitus 45 mm + lietemaali
- tuuletusrako 30 mm
- puukuitulevy 25 mm
- massiivipuulementti 375 mm
- savilevy 50 mm + savitasoite



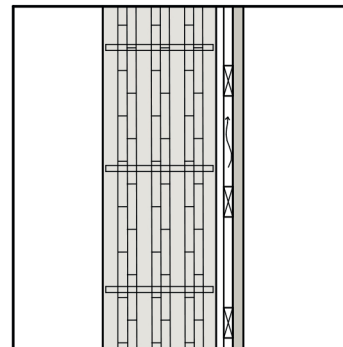
SYDÄNMUURI

- valkoinen kalkkilaastislammaus
- 1,5 tiilen syvyinen muurattu tiiliseinä 380 mm + hormit
- valkoinen kalkkilaastislammaus



OSASTOIVA VÄLISEINÄ

- savilevy 50 mm + savitasoite
- massiivipuulementti 100 mm
- savilevy 25 mm
- savikyllästetty puukuitueriste 50 mm
- savilevy 25 mm
- massiivipuulementti 100 mm
- savilevy 50 mm + savitasoite



ULKOSEINÄ

- kuusilautoitus 45 mm + lietemaali
- tuuletusrako 30 mm
- puukuitulevy 25 mm
- massiivipuulementti 375 mm

4.7. PÄÄSTÖTEHOKKUUS



Jokainen rakennus aiheuttaa päästöjä, siksi vähähiilisyys tai varsinkaan päästötön rakennus ei ole diplomityön suunnittelman tavoite. Sen sijaan, että päästöjä kompensoitaisiin matalapäästöisen energian käytöllä, keskitytään siihen, miten rakennusmateriaalien kohdalla voitaisiin minimoida hiilijalanjälkeä sen tuotannon eri vaiheissa. Lisäksi päästöt tehokkuus pyrkii saamaan tuotetuista päästöistä mahdollisimman suuren hyödyn irti rakennusosan elinkaaren lopussa.

Rakennusmateriaalit, joilla on pieni hiilijalanjälki, eivät välttämättä ole ympäristöystävällisiä. Samoin kaikki pitkäikäiset tai materiaalivaikuttavat aineet eivät ole rakennusosiksi prosessoitaessaan matalapäästöisiä. Kierrättäminen laajentaa päästöt tehokkaiden, ekologisesti kestävien materiaalien määrää. Esimerkiksi teräs, joka on yksiaineisena pitkäikäisestävää ja vähän käytettynä luonnonmukainen, edellyttää päästöt tehokkuuden toteutumisessa kierrätystä. Tiilituotanto on korkeapäästöistä, mutta tiilen kestävyden mahdollistaman uusiokäyttöisyyden avulla sen hiilijalanjälki voidaan jakaa useamman rakennuksen kesken, jos purku ja kierrätys toteutetaan huolella.

Useat biokierrätettävät, luonnolliset materiaalit ovat myös matalapäästöisiä. Massiivipuulementit, jotka muodostavat suurimman osan Laukaan kyläkoulun rakennusmateriaaleista, eivät vaadi raskaita tuotantoprosesseja. Lisäksi puu toimii hiilidioksidivarastona käyttönsä ajan. Biokierrätettävillä materiaaleilla olisi suuri käyttöpotentiaali tulevaisuuden rakentamisessa, sillä Pohjoismaiden 60 sellaisenaan rakentamiseen käyttökelpoisesta kasvilajista käytämme säännöllisesti vain kolmea (Berge, 2009) .

Jokaisen rakennusaineen ekologisuutta lisää sen uudelleen käyttö, sillä luonnonvarojen säästäminen ja käyttämättä jättäminen on aina paras vaihtoehto. Massiivipuurakenteita on niiden yksiaineisuuden ja ansiokkaan liitossuunnittelun ansiosta helppo purkaa ja käyttää uudelleen seuraavassa kohteessa. (kuvat 58 ja 59) Kierrättäminen on tehokkain tapa vähentää hiilidioksidipäästöjä, sillä mikään korkeapäästöinen uusi materiaali tai rakennusosa ei vaadi uudelleen käytettynä normaalista tuotantoon kuluvaa energiaa. Materiaalin kierrätys toimii erityisen hyvin metalleihin, joiden kohdalla prosessointi ei heikennä niiden laatua alkuperäisestä (Berge, 2009). Kierrätyksen voi laskea myös eduksi elinkaaren lopussa, kun purkujäte



KUVA 59. Massiivipuulementtejä on onnistuneesti purettu uudelleen käyttöön hallirakennuksissa. (Kauppinen, 2016)

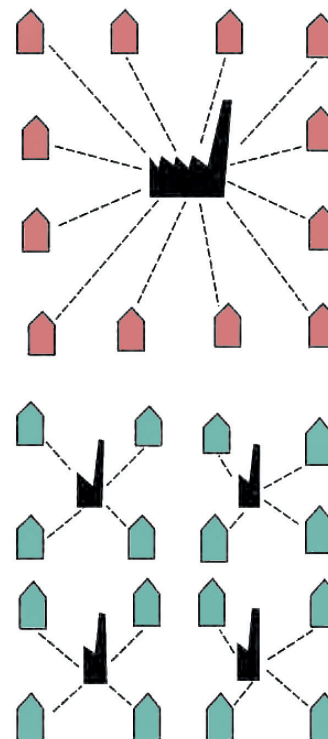


KUVA 60. Vanhat hirsirakennukset on suunniteltu purettaviksi ja siirrettäviksi. (Trifile Oy, 2016)

käsitellään seuraavaa käyttötarkoitusta varten. Jotta rakenteet on helppo purkaa, tulee niiden olla elinkaaritehokkaita. (ks. kappale 3.6 Näkökulma 4: Elinkaaritehokkuus)

Kun rakennuksessa käytetään ainoastaan ympäristölle haitattomia rakennusaineita, ovat rakennuksen lähtökohdat ekologisesti kestävä. Taloudellisten ja ekologisten tavoitteiden ollessa ristiriidassa voidaan kuitenkin joutua tekemään kestävämpiä ratkaisuja. Esimerkiksi lyhytikäisten ja ympäristölle haitallisten materiaalien vahingollisuutta voidaan vähentää keinoilla, jotka pienentävät myös hiilijalanjälkeä. Jos materiaali on kierrätettävissä kannatettavasti, se voidaan käyttää uudelleen alkuperäiseen tai sitä vastaavaan tarkoitukseen ja pienentää suhteellista ympäristöhaittaa. Tätä ei silti tulisi nähdä oikeutuksena haitallisten rakennusaineiden käyttöön, vaan välttämättömänä tehokeinona aiheutuvien haittojen pienentämiseksi.

Laukaan tulevaisuuden vihreässä kyläkoulussa on käytetty innovatiivista puulevelementtiä, jossa ristiinkiinnitetyt levyt on yhdistetty puutapeilla. Tuotetta ei vielä valmisteta Suomessa, ja jotta kyläkoulun hiilijalanjälki ei kasvaisi kohtuuttoman suureksi, olisi hyvä löytää elementteille valmistaja Suomesta. Kuljetusmatkojen huomioiminen tukee paikallista yritystoimintaa ja on keino, jolla voidaan merkittävästi pienentää koko rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeä. (kuva 60) Tämä pätee myös kierrätyskäyttöön, sillä toistaiseksi esimerkiksi puutavaran uudelleenkäyttö ei ole päästöjen kannalta aina kannattavaa jatkokäsittelypaikkojen määrän vähäisyydestä johtuvien pitkien kuljetusmatkojen takia. (Yle Uutiset, 2017)



KUVA 61. Paikalliset yritykset luovat vähemmän tarvetta kuljetukselle. (Berge, 2009)

4.8. ENERGIAVAIKUTTAVAT RATKAISUT



"Energiataloudelliseen lopputulokseen pyrittäessä etsitään mahdollisimman yksinkertaisia keinoja, jotka toimivat ilman monimutkaista ja häiriöaltista tekniikka." (Erat, Björkholtz, 1982) Passiiviset ratkaisut eivät ole vain vastaus energian tehokkaaseen käyttöön vaan koko rakennuksen toimivuudelle. Huolellisella suunnittelulla voidaan ottaa auringon lämpö talteen ylikuumentamatta tilaa. Kun energiaa hyödynnetään passiivisesti, sen tuotanto ei aiheuta päästöjä ja on ekologisesti kestävä. Rakenteellista energiatehokkuutta, joka ottaa muut ekologiset näkökulmat huomioon, voi kutsua energiavaikuttavaksi, sillä se vähentää aktiivisten ratkaisujen tarvetta. Energiavaikuttavuutta on myös uusiutuva energia, joka ei kuluta rajallisia ainevarastoja ja voi olla kokonaan päästötöntä. Energiavaikuttavuus pyrkii näin ollen poistamaan energiankulutuksen ongelmat käyttämällä vähäpäästöistä energiaa sekä hyödyntämällä rakennuksen ja ympäristön luonnollista yhteistoimintaa. Passiiviset ratkaisut eivät ole vain vastaus energian tehokkaaseen käyttöön vaan koko rakennuksen toimivuudelle.

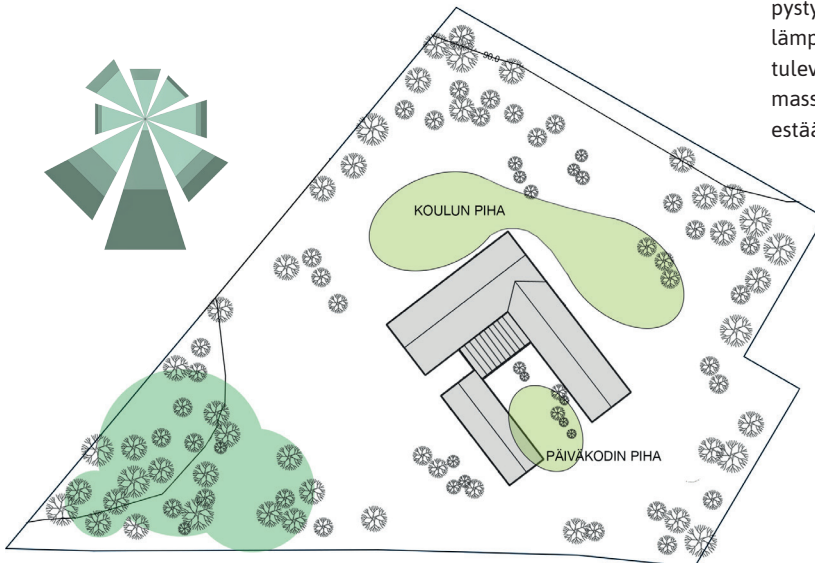
Rakennuksen sijoittelu ja muoto

Rakennuksen asemoinnilla ja muodolla on suuri merkitys passiivisen energian hyödyntämiseen. Haasteena on suojata rakennus tuulelta mutta varmistaa silti samasta suunnasta tarvittava auringonsaanti.

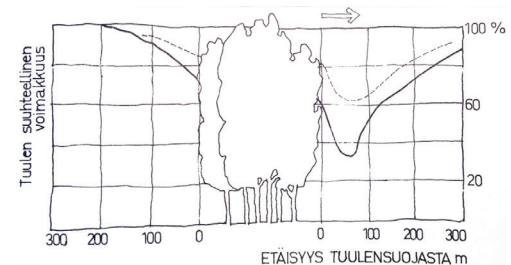
Laukaan kyläkoulun tontti on tasaista, lähinnä mäntymetsäistä hiesumaata. Tontille osuu ajoittain puuskainenkin lounais- ja etelätuuli, jolta lounaiskulman ryhmitetyt havu-istutukset suojaavat pihaa ympäri vuoden. Olevia mäntyjä kuitenkin kaadetaan tontin eteläpuolelta auringon saannin varmistamiseksi. Lehtipuita istutetaan päiväkotirakennuksen eteen suojaamaan

suuria ikkunoita kesän kuumalta auringonpaisteelta. Koululaisten leikkipiha sijoittuu rakennusmassan taakse. Piha on suuri ja saa pohjoispuolen sijainnista huolimatta aurinkoa. Päiväkotilasten piha on suojaisella sisäpihalla viherhuoneen välissä.

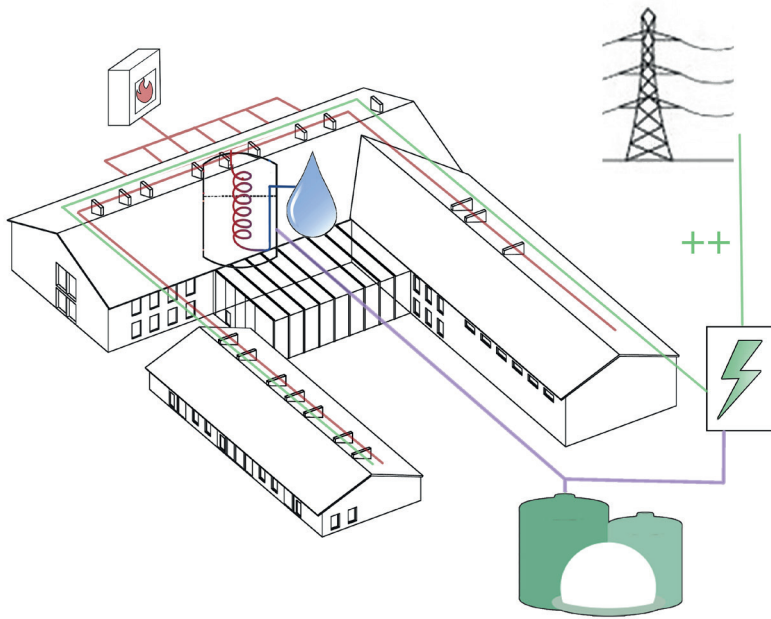
Eteläjulkisivuun lankeaa lämmityskaudella 2-3 kertainen määrä auringonsäteilyä pohjoisjulkisivuun verrattuna. (Erat et al. 1982) Eteläjulkisivun lämpötila on korkeampi, joka vähentää lämpöhäviöitä pohjoiseen verrattuna. Vuonteen koulu on pyritty asettamaan tontille niin, että suurimmat ikkunapinnat ovat etelään suunnattuina. Näin voidaan varmistaa, että rakennus pystyy hyödyntämään auringonenergiaa varastoimalla sen lämpöä rakenteisiin. Rakennusten kapea runko päästää sisään tulevan luonnonvalon syvälle sisätilaan. Rakennuskompleksin massat sulkevat sisäänsä leikkipihan ja niitä yhdistävä viherhuone estää kiihtyvien tuulenpuuskien syntymisen rakennusten välissä.



KUVA 62. Vuonteen koulun sijoittelussa on otettu huomioon tuuliriuusun osoittama suojauksen tarve ja toisaalta tarvittava auringon saanti.



KUVA 63. Puiden vaikutus tuulen nopeuteen eri etäisyyksillä. (Erat et al.,1982)



KUVA 64. Vuonteen koulun pääenergiälähteet.

Rakennuksen tilasuunnittelun vaikutus energian kulutukseen

Combin arkkitehti-tutkimusryhmän mukaan energiatehokkuuden avulla ei pystytä osoittamaan arkkitehtuurisen suunnittelun vaikutuksia rakennuksen eologisuuteen. (Lindberg, 2017) Sen sijaan tila- ja käyttäjätehokkuus ovat energiatehokkuuteen välillisesti vaikuttavia ratkaisuja, joiden vaikutus perustuu rakennuksen tai tilan koon pienentämiseen ja käytön tehostamiseen.

Laukaan kyläkoulun tilatehokkuuteen on pyritty suunnittelemalla rakennukset mahdollisimman hukkatilattomiksi, yksinomaan käytäviksi hyödynnettäviä tiloja on vähän. Avotilat ja luokat on selkeästi eroteltu toisistaan, mutta luokkavyöhyke soveltuu pienten ja isojen ryhmien käyttöön avautuvilla lasiseinillä. Päiväkodin puolella lepohuoneet avautuvat yhteistilaan, jolloin leikki- ja toimintatila voidaan kasvattaa ja supistaa päivän aikana. Näin samat tilat palvelevat useaa toimintaa ja säästävät neliöiden määrää. Lämpimään vuodenaikaan lisätilaa tuovat lämmittämättömät viherhuoneet, joihin avotilat avautuvat. Kesäaikaan siis tiloja voidaan merkittävästi kasvattaa kuluttamatta lisää lämmitysenergiaa. Rakennuksen käyttötehokkuudesta on jo puhuttu kappaleessa 4.5 Pitkäikäinen rakennus.

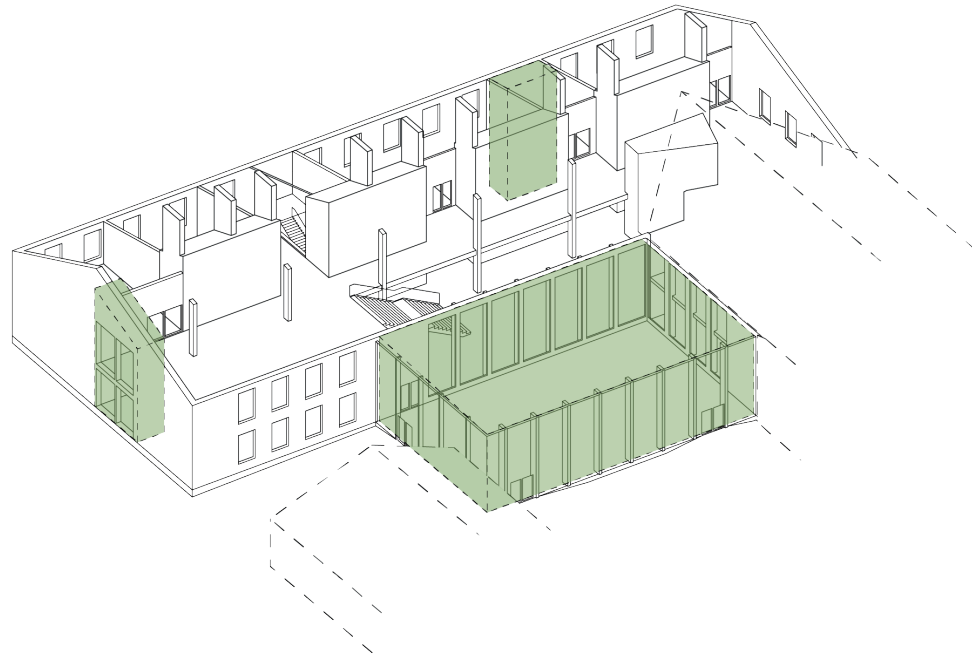
Uusiutuva energia

Vuonteen koulu käyttää lähes ainoastaan omavaraista, uusiutuvaa energiaa, joten kulutuksen määrästä huolimatta käyttöenergian hiilijalanjälki on hyvin pieni. Vuonteen lämpö ja sähkö saadaan pääosin tontille sijoitettavasti biokaasulaitoksesta. Biokaasuagregaatti seuraa sähkönkulutusta, ja pyrkii tuottamaan sitä koulun tarpeen mukaan. Ylijäämän voi syöttää valtakunnan verkkoon, ja vastavuoroisesti myös alijäämä otetaan ostoenergiana tai kesäaikaan aurinkopaneeleista. Hukkalämpö voidaan varastoida lämmönvaihtimen avulla päärakennuksessa sijaitsevaan vesivaraajaan.

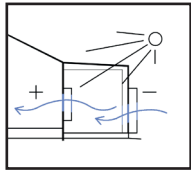
Luokat lämpeävät automaatiolla toimivilla pellettitakoilla, joka on turvallinen ja helppohuoltainen lämmitystapa. Takka syttyy ja sammuu asetetun huonelämpötilan mukaan.



KUVA 65. Tilojen laajeneminen ja supistuminen monipuolistaa käyttöä ja näin ollen tehostaa käyttöä. Käytävät on mitoitettu riittävän leveiksi esimerkiksi opiskelukäyttöön, jolla on voitu välttää hukkatilojen suurta määrää.

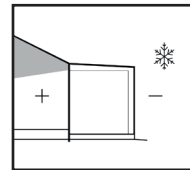


Viherhuoneet



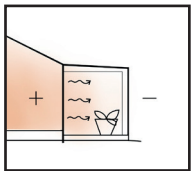
KESÄTUULETUS

Tehokas sisäilmanvaihto avatun viherhuoneen kautta estää lämpöpiikit kuumalla ilmalla. Lasikatto vähentää auringonsäteilyn liiallista pääsyä sisätilaan.



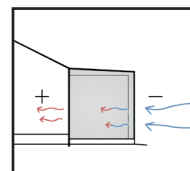
VALONLÄHDE TALVELLA

Kylmällä ilmalla rakennusten ikkunat suljetaan luukuilla. Jos ikkunoita pidetään kiinni valoisaan aikaan, tulee viherhuoneista valoa rakennusten avotiloihin ja luokkiin. Näin vähennetään keinovalon käyttöä.



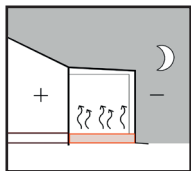
LÄMPÖHÄVIÖIDEN HYÖDYNTÄMINEN

Suuret ikkunat ja pääulko-ovet on sijoitettu viherhuoneen sisään, jotta rakennusten merkittävimmät lämpövuodot tulevat hyödynnetyksi.



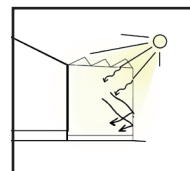
PUSKURIVYÖHYKE

Viherhuoneet esilämmittävät sisään tulevan korvausilman lämmityskaudella. Lisäksi ne suojaavat tuulenpuuskilta, jotka läpäistessään rakenteet aiheuttaisivat vedon tunnetta ja lisääisivät lämmityksen tarvetta.



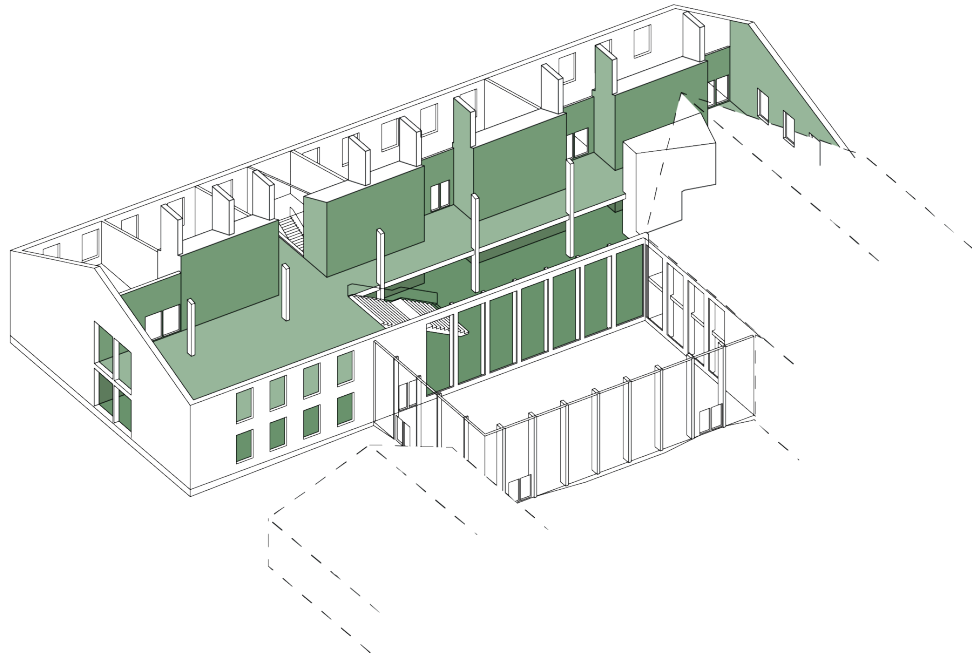
VARAAVA LATTIA

Kivilattia varaa auringon lämpösäteilyä ja vapauttaa sen yöllä tilan viilentyessä.

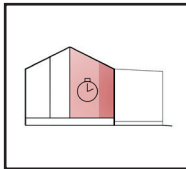


LÄMMÖN- JA VALONKERÄÄJÄ

Aurinkoisella ilmalla lasirakenteet hyödyntävät kasvihuoneilmiötä ja viherhuoneiden lämpötila nousee kylmää ulkoilmaa korkeammaksi.

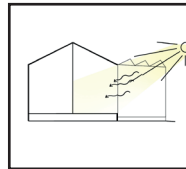


Avotilat



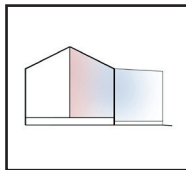
HIDASTAA LÄMPÖTILAVAIHTELUA

Suuri ilmamassa hidastaa lämpötilan muuttumista tilassa, jolloin välttyään lämpö- ja kylmäpiikeiltä eri vuodenaikoina. Tämä säästää lämmitys- ja viilennystarvetta.



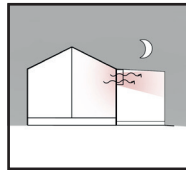
LÄMMÖN- JA VALONKERÄÄJÄ

Etelään avatuvat ikkunat hyödyntävät auringonsäteilyä, jolla voi saavuttaa huomattavia energian säästöjä. Avotilan muodon ansiosta valo saapuu syvälle rakennuksen runkoon.



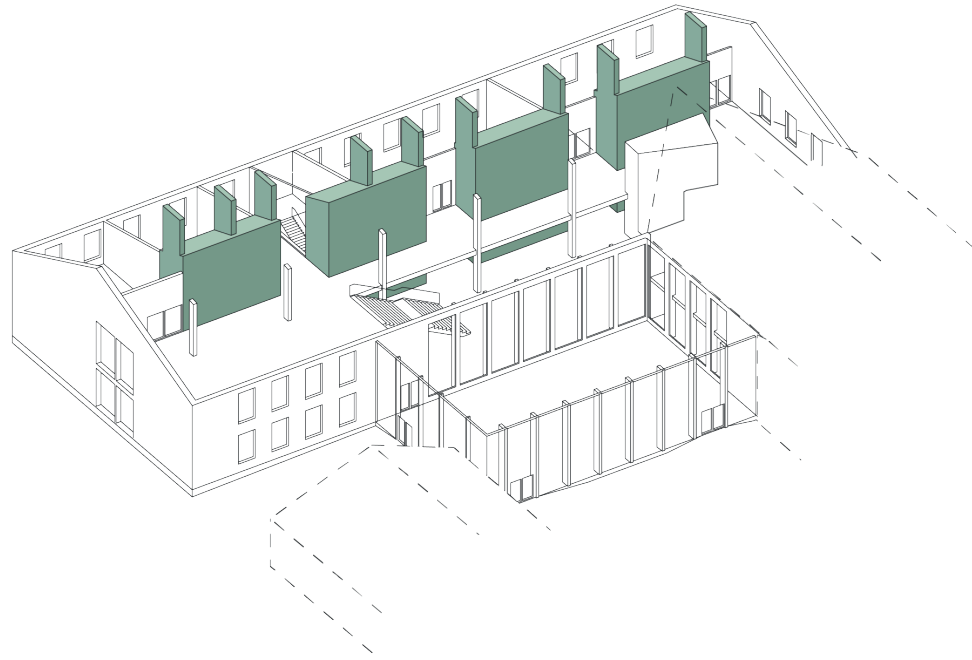
PUSKURIVYÖHYKE

Avotila estää kylmän tai kuuman ulkoilman pääsyn suoraan luokkiin.

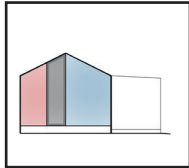


YÖVILENNYS

Kaikki tilat viilennetään avaamalla avotilan viherhuoneeseen avautuvat yläikkunat yöksi. Energiatehokas vaippa aiheuttaa viilentämistarpeen jo keväällä.

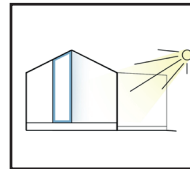


Sydänmuurit



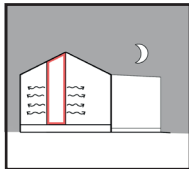
PUSKURIVYÖHYKE

Sydänmuuri toimii bufferina luokkien ja avotilan välillä, jolloin lämmitys voidaan rajata luokkahuoneisiin avotilan ollessa vähemmällä käytöllä.



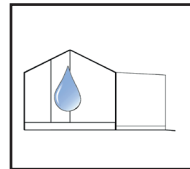
HIDASTAA LÄMPÖTILAVAIHTELUA

Massiivisten rakenteiden hyväksikäyttö edellyttää lämpötilan muuttumisen sallimista, mutta niiden avulla vältetään suurilta vaihteluilta. Tiiliseinä varastoi tehokkaasti lämpöä, jolloin estetään lämpöpiikeiltä kesäaikaan.



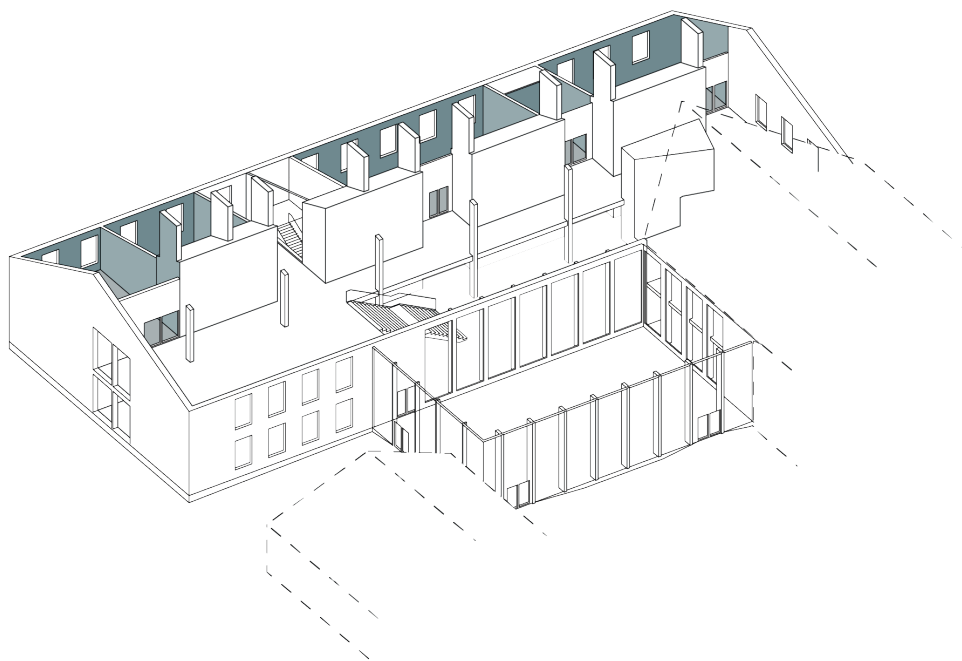
LÄMMÖNVARAAJA

Tiilimuuri varaa lämpöä ja luovuttaa esimerkiksi pellettitakan lämpöä luokkaan yöllä. Tällöin tila ei ehdi viilenemään täysin vaikka lämmitystä vähennettäisiin käyttäjän ulkopuolella.

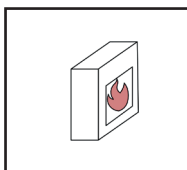


MIELLYTTÄVÄ SISÄSILMA

Alhaisen vesihöyrydiffuusiokertoimensa ja huokoisuutensa ansiosta tiiliseinä säätelee tilojen kosteustasapainoa ympäri vuoden.

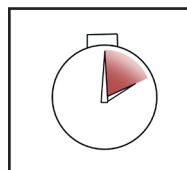


Luokkahuoneet



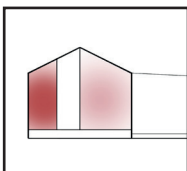
PELETTILÄMMITYS

Luokkien pellettikat nostavat tilojen lämpötilaa nopeasti vaikka ne olisivat käytön ulkopuolella lähes lämmittämättömiä. Pellettikatka kuluttaa vähän energiaa sen luovutukseen nähden.



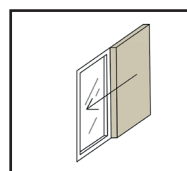
NOPEASTI SÄÄDETTÄVÄ LÄMPÖTILA

Luokkien pieni koko tekee ne nopeasti ja vähällä energialla lämmitettäviksi ja lämpötilaltaan helposti hallittaviksi.



ENERGIANSÄÄSTÖ VYÖHYKKEISYDELLÄ

Luokat pysyvät tiiviissä käytössä ympäri vuoden, mutta avotiloja lämmitetään tarpeen mukaan. Luokkien rajaaminen suojavyöhykkeen taakse säästää lämmitysenergiaa.



IKKUNALUUKUT

Luokkien ikkunoiden eristävyttä voi säätää ikkunaluukuilla. Talvella, kun lämpötila on alhaalla ja ulkona pimeää, ikkunaluukut ovat kiinni. Lämpimään vuodenaikaan luukut viilentävät tilaa ja varjostavat liialta auringolta. Luukkujen avulla ikkunoiden U-arvo on mahdollista nostaa eristeikkunoiden tasolle. Lisäksi ne säilyttävät passiivisen lämpöenergian hyödyntämisominaisuuden.

4.9. EKOLOGISUUDEN TOTEUTUMINEN SUUNNITELMASSA

Suunnitelmaosuus pyrittiin toteuttamaan periaattein, joissa rakennuksen pitkä käyttöaika ja rakennusaineiden ympäristöystävällisyys toteutuvat mahdollisimman hyvin. Käytön energiatehokkuus ja materiaalien päästöt huomioitiin ekologista kokonaisuutta tukevalla tavalla.

Pitkäkäyttöisyys toteutettiin elinkaaritehokkain keinoin, joissa otettiin huomioon rakenteiden ylläpidettävyys ja purettavuus. Elinkaaritehokkuudelle ei ole mittatyökalua, mutta todisteita sen toteutumisesta työn suunnitelmassa on mahdollisuus kerätä empiirisesti vanhasta rakennuskannastamme. Nykyrakentaminen on keskittynyt rakennuksen ja sen osien suorituksen laskennalliseen mittaamiseen, mutta ei enää huomioi mitattavien tekijöiden oleellisuutta ekologisuudessa. Se, että energiatehokkuudessa on mahdollista onnistua paperilla ei riitä asettamaan energian säästämistä pitkäkäyttöisyyttä tärkeämmäksi ekologiseksi keinoksi.

Viereisen sivun ympyräkaaviot on tehty työn elinkaarivaikuttavuudesta. (kuva 66) Yläpuolinen kaavio esittää koulusuunnitelmassa käytetyt rakennusmateriaalit ja niiden osuuden kokonaisuudessa. Kaaviosta on nähtävissä, että suunnitelmassa on käytetty ympäristölle ystävällisiä aineita. (ks kappale 4.6 *Ympäristöystävälliset materiaalit*) Alapuolella olevaan kaavioon on koottu rakennusaineet, joita nykyrakentaminen hyödyntäisi vastaavassa kohteessa (Puuinfo, 2016) Aineista lähes puolet on ympäristölle haitallisia jossain vaiheessa rakennuksen elinkaarta.

Materiaalien hiilijalanjälki on mahdollista laskea tarkasti, mutta koska rakennusaineiden päästöt eivät ole työn ensisijainen mittari, ei laskelmia ole liitetty tähän kappaleeseen. Kaikkien rakennusaineiden päästöihin pystytään vaikuttamaan lähtituotannolla ja kierrättämällä, joka vaikuttaa merkittävästi laskelmiin. Hiilijalanjälkilaskennalla pystytään tehostamaan valittujen rakennusaineiden tuotantoa, mutta sen ei tule yksin ohjata niiden valintaa.

Energiatehokkuus ei myöskään toiminut työtä ohjaavana näkökulmana. Sen merkittävyys nykyrakentamisessa on kuitenkin suuri, josta johtuen suunnitelmasta toteutettiin lämpöhäviön tasauslaskenta. (ks. liite) Teknisten laitteiden

puuttumista ei tulla todennäköisesti huomioimaan tulevissa määräyksissä, mutta laskennasta on havaittavissa, että myöskään vaipan U-arvot eivät yllä voimassaolevien määräysten tasolle. Vaikka koulusuunnitelma on tehty ekologisia arvoja noudattaen, ei sen rakentamiselle olisi mahdollista saada lupaa. Kosteusvaurioherkän lisälämmöneristämisen, kertakäyttöisten rakennusosien ja rakennuksen luonnollista toimintaa vaarantavien teknisten laitteiden lisääminen suunnitelmaan tekisi rakennuksesta nykymääräysten valossa ekologisemman. Tämä todistaa energiatehokkuuden olevan pahimmassa tapauksessa vain numeroita paperilla, ei todellista ekologisuutta.

Ekologisen suunnittelun asema arkkitehtuurissa

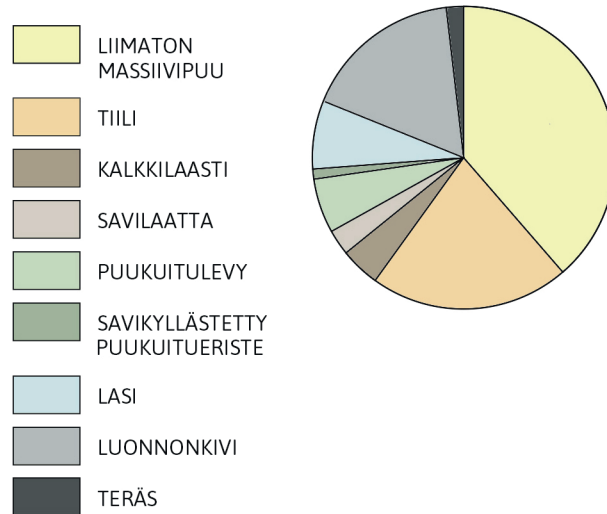
Nykyrakentaminen on vapauttanut arkkitehtuurin koskemaan vain tilallisia kokemuksia, ei rakennuksen fysikaalista toimivuutta tai terveellisuutta. Vapaat pohjaratkaisut ja teknisen toimivuuden huomioimattomuus ei ole kuitenkaan kaukonäköistä. Hyvän arkkitehtuurisuunnittelun tulisi nähdä osana kunnianhimoista tavoitettaan myös sen ekologisen vastuullisuuden toteutuminen. Lopulta arkkitehtonisetkin ratkaisut kärsivät, kun energiatehokas, mutta ekologisesti kestävä teknologia sanelee suunnittelua.

”Arkkitehtuurin tyylin näkökulmasta kestävä (asunto)-rakentamisen kompleksisuus on mahdollisuus uudelle luovalle suunnittelulle, jossa arkkitehtuurin merkitys tekniset, taloudelliset, toiminnalliset, kulttuuriset, sosiaaliset sekä kokemukselliset tekijät yhdistävänä toimintana korostuu.” (Hedman et al., 2010)

Suunnittelijoiden tulisi toimia aktiivisemmin ekologisen rakentamisen kyseenalaistajana ja eteenpäinviejänä. Ekologisuus ei ole välttämätön paha, vaan sen integrointi suunnitteluun voi luoda uudenlaisia estetiikkaihanteita. Todellisessa, moninäkökulmaisessa ekologisuudessa arkkitehdilla on paljon vaikutusmahdollisuuksia, sillä silloin kyse on itse rakennuksesta, sen materiaaleista ja luonnollisesta toiminnasta ympäristön kanssa.

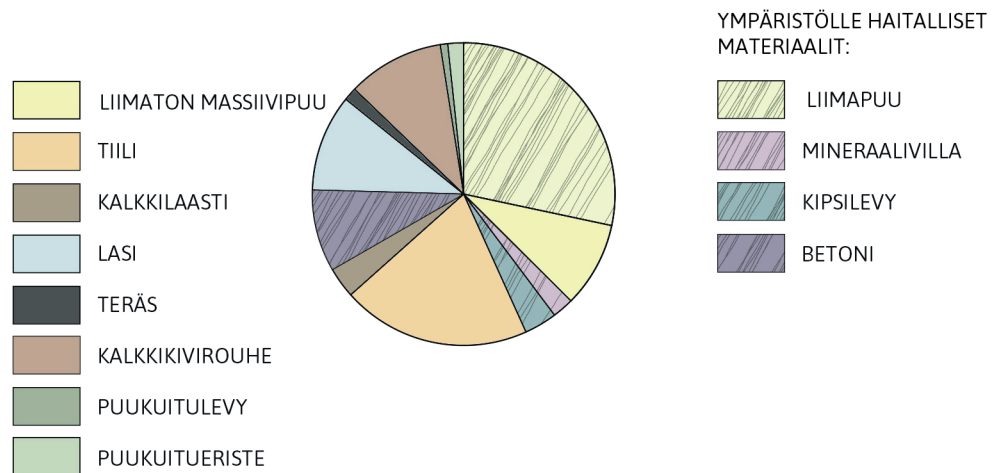
LAUKAAN KYLÄKOULU SUUNNITELMAN ELINKAARIVAIKUTTAVILLA MATERIAALEILLA

KOKONAISMASSA 4560,832 t



LAUKAAN KYLÄKOULU ENERGIATEHOKKAILLA NYKYPÄIVÄN MATERIAALEILLA

KOKONAISMASSA 3590,015 t



KUVA 66 Laukaan kyläkoulun rakennusmateriaalit verrattuna vastaavaan rakennukseen, jossa ulko- ja väliseinät sekä ylä-, ala-, ja välipohjat on vaihdettu nykyisin suositeltuihin 2. kerroksisen puukerrostalon ratkaisuihin (Puuinfo 2016).

5. YHTEENVETO

Nykyinen energiatehokkuuteen keskittyvä rakentaminen ei palvele ympäristön kannalta kestävän kehityksen tavoitteita. Elinkaaritarkastelu tuo esiin moninaiset tavat vaikuttaa rakentamisen ekologisuuteen. Laukaan kyläkoulu osoittaa, miten tapauskohtaisella suunnittelulla, jossa otetaan työn neljä ekologista näkökulmaa huomioon, saavutetaan nykyrakentamisesta poikkeavaa, ekologisesti kestävää rakennettua ympäristöä. Puhtaasti ympäristötietoisiin arvoihin nojaavat innovaatiot ja vanhasta hyväksi todetut opit voisivat yhdessä luoda arkkitehtuuria, jolla on paikka tulevaisuuden rakentamisessa.

Kaikki näkökulmat välttämättömiä ekologisessa rakentamisessa

Nykyrakentaminen on eksynyt ekologisuuteen tähtäävästä tavoitteestaan. Teoriassa tärkeä energian säästäminen toteutetaan ratkaisuilla, jotka ovat vahingollisia muiden tässä työssä esitettyjen ekologisten näkökulmien kannalta.

Yksi ekologisuuden indikaattori ei riitä. Jokainen päätös tulisi punnita usean näkökulman avulla, jotta sen lopullinen vaikutus saadaan selville. Tärkeää on tunnistaa ratkaisuihin sisältyvät ristiriidat, joilta kokonaisvaltaisessa ekologisessa rakentamisessa ei voida välttyä. Yhden näkökulman kannalta täydellisesti onnistuminen tarkoittaa todennäköisesti merkittäviä menetyksiä muiden kohdalla. Energiatehokkuuteen tähtäävät ratkaisut tulisi valita ekologisuuden kokonaiskuva tiedostaen.

Elinkaari on oikeinkäytettynä hyvä väline ekologisen rakentamisen tarkasteluun. Elinkaariarvioinnissa oleellista on havaita, että jokaisen näkökulman kohdalla on mahdotonta onnistua täydellisesti. Rakentaminen tuottaa päästöjä, nollahiilistandardeihin yllämme vain laskennallisella kompensatiolla. Sen sijaan tulee todeta, mitkä osuudet ympäristöhaitoista ovat tehostettavissa ja mitkä poistettavissa kokonaan. Energiankulutus ei tulevaisuudessa ole suuri ongelma yhtä varmasti kuin luonnonvarojen hupeneminen, joita ekosysteemimme tuottaa rajallisen määrän. Lisäksi edes energiatehokkuudesta saadut päästöhyödyt eivät säily, kun rakennamme lyhytikäisiä rakennuksia raskaasti prosessoiduilla materiaaleilla. Näin ollen elinkaarivaikuttavilla ja -tehokkailla ratkaisuilla pystymme puuttumaan nykyisen rakentamisen suurimpiin epäkohtiin.

Laukaan koulusuunnitelmassa tehdyt ratkaisut kuvastavat työn määrittämää ekologisten näkökulmien hierarkiaa. Elinkaariarvioinnin avulla suunnitelmasta tuli elinkaaritehokas rakennus, jossa on käytetty lähes pelkästään ympäristölle ja luonnon kiertokululle vaarattomia, elinkaarivaikuttavia rakennusaineita. Päästötehokkuus suunnattiin tuotantoprosesseihin, kierrätettyjen rakennusaineiden suosimiseen ja kuljetusmatkoihin. Energiatehokkuudessa pyrittiin poistamaan energiankulutuksen haittoja käyttämällä uusiutuvaa energiaa ja passiivisia ratkaisuja, jotka eivät vaadi laitteita toimiakseen.

Nykyistä rakentamista tulisi ohjata ekologisilla arvoilla, joita ei mitata talouskasvulla vaan ympäristön tilan asettamalla vaatimuksilla. Kun tutkimustyö ja monialainen asiantuntijoiden yhteistyö kohdennetaan oikein, on mahdollista kehittää rakennusmenetelmiä ja materiaaleja, joissa mahdollisimman moni työn näkökulmista toteutuu. Ekologisesti kestävään rakentamiseen pyrkivät monialaiset näkökulmat auttavat valitsemaan menetelmien kirjosta vastuullisesti, kaikki seuraukset tiedostaen.

6. LÄHTEET

6.1. PAINETUT KIRJALLISET LÄHTEET:

Berge, Bjørn. 2009. The Ecology of Building Materials. Second edition. Oxford: Architectural Press. 427s. ISBN: 978-1-85617-537-1.

Bokalders, Varis; Block, Maria, 2010. The Whole Building Hnadbook- How to design Healthy, Efficient and Sustainable Buildings. United Kingdom. Butler Tanner and Dennis. Alkuperäinen painos; Byggekologi kunskaper för ett hållbart byggande. Tukholma: AB Svensk Byggtjänst. 480s. ISBN 978-91-7333-362-7.

Erat, Bruno; Björkholtz, Dick, 1982. Luonnonmukainen talo. Rakentajan kustannus Oy.

Euroopan komissio, 2002. Vihreä Vitruvius - Ekologisen arkkitehtuurin periaatteet ja käytäntö. Edita Prima Oy, Helsinki.

Kaila, Panu, 1997. Talotohtori- Rakentajan pikkujätttiläinen. WSOY.

Lappalainen, Markku, 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja. Suunnittelu ja rakentaminen. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Siikanen, Unto, 1986. Rakennusaineoppi. Rakennuskirja Oy, Helsinki.

Siikanen, Unto, 2007. Puurakentaminen. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Väisänen, Päivi, 2003. Tiili -Perustietoa arkkitehtiopiskelijalle. TKK arkkitehtiosasto rakennusoppi 2003.

6.2. PAINAMATTOMAT KIRJALLISET LÄHTEET JA VERKKOLÄHTEET:

Andersson, Albert; Kimmo Lylykangas; Kiuru, Jari; Nieminen, Jyri; Päätaalo, Juha, 2015. Rakenteellinen energiatehokkuus. Saatavissa: http://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/oppaat-ohjeet/ret_opas_20150917.pdf (14.04.2017)

Archdaily, Woodcube. Saatavissa: <http://www.archdaily.com/421676/woodcube-architekturagentur> (13.04.2017)

Lylykangas, Kimmo 2013. Kestävä rakentaminen. Rakennusvirasto, Helsingin kaupunki.

Arkkitehtiutiset, 2016. Arkkitehtien ääni lakiuudistuksessa.. 12/2016..

Euroopan komissio, 2015. European Parliament & the Council of the European Union 2010: Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings, Article 9, 1. (a) Saatavissa; http://ec.europa.eu/smart-regulation/roadmaps/docs/2016_ener_023_evaluation_energy_performance_of_buildings_directive_en.pdf (26.04.2017)

EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI, 2008. 2008/98/EY, annettu 19 päivänä marraskuuta 2008, jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&rid=1> (26.04.2017)

European Parliamentary Research Service Blog, 2016. Saatavissa: <https://epthinktank.eu/2016/11/24/outcomes-of-cop-22-climate-change-conference/> (17.04.2017)

Energiavirasto. Energiatehokkuus. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/energiatehokkuus> (12.04.2017)

Fufa, Selamawit Mamo; Schlanbusch Dahl, Reidun; Sørnes, Kari; Inman, Marianne; Andresen, Inger, 2016. A Norwegian ZEB Definition Guideline. ZEB Project report 29 – 2016. SINTEF Academic Press.

FinZEB-hanke, 2015. Granlund Oy, loppuraportti 31.3.2015

GBC Finland, 2013. Rakennuksen elinkaarimittarit – esite. Green Building Council Finland.

Hakanen, M. 1993. Kestävän kehityksen periaatteet asumisen ja yhdyskunnan suunnittelussa. Otaniemi. TKK Arkkitehtiosasto.

Hedman, Markku; Helamaa, Anna; Kiviranta, Merja; 2010. Arkkitehtuurin keinot kestäväan asuntorakentamiseen.

Helsingin Sanomat, 2016. Palkitut arkkitehdit kritisoivat nykyrakentamista: ”Styrokseista ja muoveista on hirveitä kokemuksia, mutta silti jatketaan samoilla menetelmillä”. Julkaistu: 8.12.2016. Saatavissa:<http://www.hs.fi/kulttuuri/art-2000004997480.html> (13.04.2017)

Helsingin Sanomat, 2017. Päin seinää. Saatavissa:<http://www.hs.fi/kuukausiliite/art-2000005110690.html> (13.04.2017)

Hirvonen, Ritva, (toim) 2000. SUOMEN ENERGIAVISIO 2030- Suomenkielinen tiivistelmä. Saatavissa: http://www.vtt.fi/files/projects/energy_book_series/ev_2030_tiivistelma.pdf (14.04.2017)

Huttunen, Marko, 2008. Porvoon Tuomiokirkon sakastin kattorakenteet- nykyaikainen muunnelma keskiaikaisesta kattotuoliperinteestä. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/puulehti/puu-lehti-12008/puulehti081www.pdf> (13.04.2017)

IBA Hamburg: Woodcube. Saatavissa: <http://www.iba-hamburg.de/en/themes-projects/the-building-exhibition-within-the-building-exhibition/smart-material-houses/woodcube/projekt/woodcube.html> (13.04.2017)

Jyväskylän seutu, 2017. Leppävesi. Saatavissa: http://www.jyvaskylanseutu.fi/sivu.php/laukaa/laukaa_leppavesi (03.05.2017)

Keto, Matias, 2010. Energiamuotojen kerroin-Yleiset perusteet ja toteutuneen sähkön- ja lämmöntuotannon kertoimet. Raportti Ympäristöministeriölle. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BA6ABCFF7-55FA-412C-A0C7-FEE5CC0A2F24%7D/30744> (13.04.2017)

Kram, T; Gielen, D.J; Bos, A.J.M; de Feber, M.A.P.C; Gerlagh, T; Groenendaal, B.J; Moll, H.C; Bouwman, M.E; Daniëls, B.M; Worrell, E; Hekkert, M.P; Joosten, L.A.J; Groenewegen, P; Govers, T, 2001. The Matter Project - Integrated energy and materials systems engineering for GHG emission mitigation. Saatavissa: <ftp://ftp.ecn.nl/pub/www/library/report/2001/c01017.pdf> (13.04.2017)

Kubic.org. Effectiveness versus Efficiency. Saatavissa: <http://www.kubic.org/lighter/effective.htm> (14.04.2017)

Kuittinen, 2014. RAKENNUSTEN ILMASTOVAIKUTUSTEN VERTAILU- Katsaus 2000-luvulla tehtyihin tutkimuksiin. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Rakennusmateriaalien%20ilmastovertailu%202014-10-20.pdf> (14.04.2017)

Landsdorf, Robin, 2016. AIKA ENNEN ELINKAARIAJATTELUA- Asunto Oy Kapteeninkatu 11 esimerkkinä ekologisesti kestävästä rakentamisesta. Aalto-yliopisto. Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu. Arkkitehtuurin laitos, diplomityö.

Laakso, Tuula; Peltola, Joanna; Kalso, Seija; Vartiola, Timo; Ahonen, Seppo, 2016. Asuntojen rakennusmateriaalien sekä niiden ja sisäilman mikrobien myrkyllisyys karjun siittiötestissä. Saatavissa: <http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-15-01.pdf> (13.04.2017)

Laukaan kunta, 2015. Laukaan ekokoulu hankesuunnitelma 15.09.2015.

Laukaan kunta, 2017. Savio-Vuonteen kyläselvitys
Saatavissa: <https://www.laukaa.fi/tietoa-laukaasta/kaavoitus/vireilla-olevat-muut-suunnitelmat-ja-hankeet/savio-vuonteen-kylaselvitys> (03.05.2017)

Lechner, N. 2015: Heating, Cooling, Lighting - Sustainable Design Methods for Architects, 4. painos, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, ISBN 978-1-118-58242-8, 702 s.

Lindberg, Taru, 2015. Vihreä asuinkerrostalo.Selvitys ekologisen asuinkerrostalon passiivisista suunnitteluratkaisuista energiatehokkuuden ja hiilijalanjäljen näkökulmista. Tampereen teknillinen yliopisto, diplomityö.

Lindberg, Taru, 2017. Käytön ja tilasuunnittelun yhteisvaikutus energiatehokkuuteen. COMBIn WP2 -työpaketin alustavat tutkimustulokset. Tampereen teknillinen yliopisto.

Lylykangas, Kimmo; Nieminen, Jyri, 2009. Passiivitalon määritelmä. Passiivi.info – ohjeita passiivitalon arkkitehtisuunnitteluun. Suomen Asuntomessut. Saatavissa: http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf (13.04.2017)

Löfroos, Jonas. 2013. Vaatimukset ekologisesti kestäväälle rakennukselle – Rakennussuunnittelu aineen kiertokulun ehdoilla. Aalto-yliopisto, diplomityö.

Markku, Seppo, Hellsten, Anneli. Tulevaisuuden koulu... nyt, tila opettaa. Arkkitehdit SAFA H&M-arkkitehdi. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020703.pdf> (12.04.2017)

Mattila, Lars-Erik. 2014. Tulevaisuuden kerrostalo. Aalto-yliopisto, diplomityö. Markku, Seppo, Hellsten, Anneli. Tulevaisuuden koulu... nyt, tila opettaa. Arkkitehdit SAFA H&M-arkkitehdit Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020703.pdf> (12.04.2017)

Moisio, Malin, 2017. Arkkitehtoniset suunnitteluratkaisut ja energiatehokkuus. COMBIn WP2 -työpaketin alustavat tutkimustulokset. Tampereen teknillinen yliopisto.

MRL 115 a §, Lähes nollaenergiarakennuksen määritelmä.

Opetushallitus, 2014. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Määräykset ja ohjeet 2014:96.Passivhaus. The Passivhaus Standard. Saatavissa: <http://www.passivhaus.org.uk/standard.jsp?id=122> (12.04.2017)

Pasanen, Panu; Korteniemi, Juho; Sipari, Anastasia, 2011. Passiivitalon asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki Tapaustutkimus kerrostalon ilmastovaikutuksista. Sitran selvityksiä 63.

Peda.net, Ruusupuiston uutiset. Tutkimus luo suuntaviivat digiloikalle. Uutisarkisto 1/2016. Saatavissa: <https://peda.net/jyu/ruusupuisto/uutisarkisto/2016-1/digiloikka> (12.04.2017)

Puunifo, 2017. Puurakentaminen ja ekologinen kestävyys. Saatavissa: Puuinfo.fi, <http://www.puuinfo.fi/node/1505> (03.05.2017)

Rakennuslehti, 2016. Miksi koulut homehtuvat Suomessa? – asiantuntijat vastaavat. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/2016/04/miksi-koulut-homehtuvat-suomessa-asiantuntijat-vastaavat/> (11.04.2017)

Rakennusteollisuus RT ry 1: Lähes nollaenergiarakennus. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Rakennusteollisuus-RT/Rakentamisen-kehittaminen/Tutkimushankkeita-rakentamisen-energiatehokkuudesta/Lahes-nollaenergiatalo-nZEB/> (11.04.2017)

Rakennusteollisuus RT ry 2: Kestävä rakentaminen on vastuullista rakentamista. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/> (12.04.2017)

Rakennusteollisuus RT ry 2015: Rakennusten elinkaari kestävä rakentamisen lähtökohtana. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/> (6.10.2015)

Rakennustieto, 2017. Rakennusmateriaalien päästöluokitus M1. Saatavissa: <http://m1.rts.fi/rakennusmateriaalien-paastoluokitus-m1> (03.05.2017)

RakMK D2: Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012.

Rapo, Markus, 2013. Väestöennuste kunnittain 2012–2040. Saatavissa: http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yvrm_vaenn_2012-2040_2013_9843_net_p2.pdf (04.05.2017)

RT 18-10922. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Julkaistu 12.05.2008.

Ruuska, (toim.) 2013. Carbon footprint for building products -ECO2 data for materials and products with the focus on wooden building products. VTT-tutkimus. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T115.pdf> (04.05.2017)

Suomen luonnonsuojeluliitto, 2013. Energiaremontti kannattaa. Saatavissa: <https://www.sll.fi/luonnonsuojelija/lehtiarkisto/2013/4-2013/energiaremontti-kannattaa> (14.04.2017)

Säynäjoki, Eeva ; Heinonen, Jukka ; Säynäjoki, Antti ; Ala-Mantila, Sanna ; Pääkkönen, Laura, 2014. Työkaluja vähähiiliseen aluerakentamiseen - MALTTI – matalahiilisen aluekehityksen tukityökalu. Saatavissa: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/13361/isbn9789526057293.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (14.04.2017)

Talja, Asko, 2014. Rakennusten suunnittelu uudelleenkäyttöä ja kierrätystä varten. VTT:n tutkimusraportti.

Tampereen teknillinen yliopisto 2014: Tutkimussuunnitelma, Comprehensive Development of Nearly Zero-Energy Municipal Service Buildings (COMBI).

Telegraph, 2015. British energy firms charge most for electricity in Europe - why? Saatavissa: <http://www.telegraph.co.uk/finance/personalfinance/energy-bills/11941251/British-energy-firms-charge-most-for-electricity-in-Europe-why.html> (13.04.2017)

Tilastokeskus, 2009, 1. Rakentamisen toimialakatsaus III/2008

Tilastokeskus, 2009, 2. Energiatilasto, Vuosikirja 2009.

Tilastokeskus, 2013. Jätteiden käsittelyssä tapahtunut muutos. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/jate/2011/jate_2011_2013-05-17_tie_001_fi.html 14.04.2017)

Tilastokeskus, 2017. Myönnettyjen rakennuslupien kuutiomäärä kasvoi marras-tammikuussa vuodentakaisesta Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ras/2017/01/ras_2017_01_2017-03-24_tie_001_fi.html (16.04.2017)

Yle kysely, 2016. Sadoissa kouluissa on ollut sisäilmaongelmia. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-8879339>. (28.04.2017)

Yle Uutiset, 2016. Lapsia tungetaan liian pieniin tiloihin – Vanhemmat vastustavat koulujen yhdistämistä Helsingissä. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-8604954> (20.01.2017)

Yle Uutiset, 2017. Puusta tuli yllättävä ongelma purkujätteen kierrätyksessä – "Tuhoittoman kallista" Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-8604954> (20.04.2017)

Ympäristöhallinto, 2013. Elinkaariarviointi, jalanjäljet ja panos-tuotosmalli. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/Elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotusmalli#Elinkaariarviointi%20\(LCA\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/Elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotusmalli#Elinkaariarviointi%20(LCA)) (12.04.2017)

Ympäristöministeriö, 2013. Ekologien kestävyys. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Kestava_kehitys/Mita_on_kestava_kehitys#Ekologinen%20kestavyys (14.04.2017)

Ympäristöministeriö, 2014. Korjausrakentamiselle energiatehokkuusmääräykset. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Korjausrakentamiselle_energiatehokkuusma\(28165\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Korjausrakentamiselle_energiatehokkuusma(28165)) (14.04.2017)

Ympäristöministeriö 1, 2016: Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Luonnos 7.10.2016. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Korjausrakentamiselle_energiatehokkuusma\(28165\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Ymparistolehti/2013/Korjausrakentamiselle_energiatehokkuusma(28165)) (14.04.2017)

Ympäristöministeriö 2, 2016: Tiekartta rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen vähentämiseksi valmisteilla. 11.11.2016. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Tiekartta_rakennusmateriaalien_hiilijala\(40813\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Tiekartta_rakennusmateriaalien_hiilijala(40813)) (14.04.2017)

Ympäristöministeriö, 2017: Rakennusten paloturvallisuutta koskevan ympäristöministeriön asetuksen uudistaminen. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/standardisointi/2017/2-jantunen-uedet-maaraykset.pdf> (14.04.2017)

Ympäristön ja kehityksen maailmankomissio, 1987. Meidän yhteinen tulevaisuutemme: Ympäristön ja kehityksen maailmankomission raportti. Yhteenveto, Ympäristöministeriö.

Zero Carbon Hub, 2017. Britannian nollahiili-standardi. Saatavissa: <http://www.zerocarbonhub.org> (13.04.2017)

Vakkuri, Riikka, (toim.) 2011. Purkubetoni hyödynnetään, mutta vielä yksipuolisesti. Betoni-lehti. Saatavissa: <http://www.kontukoski.com/Betoni%2002-2011.pdf> (13.04.2017)

Vinha, Juha, 2012. Matalaenergiarakentamisen haasteet rakenteiden toimintaan. 24.05.2012. TTY, rakennustekniikan laitos.

Vinha, Juha, 2014. Uudet energiamääräykset ja niiden vaikutukset. TTY, Rakennustekniikan laitos. 08.05.2014.

VTT, 2010. Asuntojen rakentamis- ja korjaustarve -rakennetaanko ja korjataanko Suomessa asuntoja riittävästi. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/files/news/2010/AsuntojenjakorjaamistarveOPPajakkala.pdf> (26.04.2017)

Vuolle, 2012. Rakennusten energiatodistus ja sen E-luvun laskenta 1.6.2013 alkaen. Equa Simulation Finland Oy. Saatavissa: http://energiatodistus.motiva.fi/energiatodistustenlaatijat/tapahtumat/et_vuolle_verkkoon_19032013.pdf (26.04.2017)

Vuonteen seudun kyläyhdistys ry, 2017. Kyläsuunnitelma. Saatavissa: <https://www.vuontee.fi/kylainfo/kylasuunnitelma/> (03.05.2017)

6.3. SUULLISET LÄHTEET

Maunulan päiväkotit, 2017. Millainen on tulevaisuuden hyvä päiväkotit ja koulu? – keskustelutilaisuus. 24.01.2017.

6.4. KUVALÄHTEET

Kuva tekijän oma, jos ei muuta mainintaa.

Kuva 1 : FinZEB-hanke, 2015. Granlund Oy, loppuraportti 31.3.2015

Kuva 2 : GBC Finland, 2013. Rakennuksen elinkaarimittarit – esite. Green Building Council Finland.

Kuva 3 : Yle uutisgrafiikka, 2016. <http://yle.fi/uutiset/3-8879339> (Ladattu: 14.04.2013)

Kuva 4 : Kuntalehti, 2017. <http://kuntalehti.fi/kuntauutiset/sivistys/oppilaat-arvioivat-koulujen-sisailmaa-helsingissa/> (Ladattu: 14.04.2017)

Kuva 5 : Arkkitehtuurikierros, 2017. <http://paulijokinen.fi/arkkitehtuurikierros-1950-luvun-pohjois-haagassa/> (Ladattu: 14.04.2017)

Kuva 6 : Pudasjärven kaupunki, 2016. http://www.iltalehti.fi/perhe/2016081722152267_pr.shtml (Ladattu 14.04.2017)

Kuva 7 : Turpeinen, Tytti, 2016. OPPIMINEN & TILA- Fyysisen oppimisympäristön vaatimukset uuden opetussuunnitelman näkökulmasta. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Kuva 8 : Rakennetun omaisuuden tila, 2011. http://roti.web31.neutech.fi/wp-content/uploads/2015/12/ROTI_2011_kokonaan_sivuittain.pdf (Ladattu: 14.04.2017)

Kuva 9 : eTool, 2013. <http://etoolglobal.com/eblog/environment/en-15978/> (Ladattu: 14.04.2017)

Kuva 11 : Andersson, Albert; Kimmo Lylykangas; Kiuru, Jari; Nieminen, Jyri; Pääatalo, Juha, 2015. Rakenteellinen energiatehokkuus. Saatavissa: http://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/oppaat-ohjeet/ret_opas_20150917.pdf (14.04.2017)

Kuva 12 : Lechner, N. 2015: Heating, Cooling, Lighting - Sustainable Design Methods for Architects, 4. painos, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, ISBN 978-1-118-58242-8, 702 s.

Kuva 13 : Tilastokeskus, 2017. Findikaattori- energian kulutus. <http://www.findikaattori.fi/fi/25> (Ladattu 14.04.2017)

Kuva 14 : Pasanen, Panu; Korteniemi, Juho; Sipari, Anastasia, 2011. Passiivitason asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki. Tapaus tutkimus kerrostalon ilmastovaikutuksista. Sitran selvityksiä 63.

Kuva 15 : Steffen, Will, 2015: Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. In: Science 347:6223.

Kuva 16 : Zero Carbon Hub, 2017. Britannian nollahiili-standardi. Saatavissa: <http://www.zerocarbonhub.org> (13.04.2017)

Kuva 17 : Zero Carbon Hub, 2017. Britannian nollahiili-standardi. Saatavissa: <http://www.zerocarbonhub.org> (13.04.2017)

Kuva 18 : Talja, Asko, 2014. Rakennusten suunnittelu uudelleenkäyttöä ja kierrätystä varten. VTT-tutkimusraportti. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/VTT-R-00736-14.pdf> (14.04.2017)

Kuva 19 : Säynäjoki, Eeva ; Heinonen, Jukka ; Säynäjoki, Antti ; Ala-Mantila, Sanna ; Pääkkönen, Laura, 2014. Työkaluja vähähiiliseen aluerakentamiseen - MALTTI – matalahiilisen aluekehityksen tukityökalu.

Kuva 20 : Talja, Asko, 2014. Rakennusten suunnittelu uudelleenkäyttöä ja kierrätystä varten. VTT:n tutkimusraportti.

Kuva 21 : Fufa, Selamawit Mamo; Schlanbusch Dahl, Reidun; Sørnes, Kari; Inman, Marianne; Andresen, Inger, 2016. A Norwegian ZEB Definition Guideline. ZEB Project report 29 – 2016. SINTEF Academic Press.

- Kuva 22 : Fufa, Selamawit Mamo; Schlanbusch Dahl, Reidun; Sørnes, Kari; Inman, Marianne; Andresen, Inger, 2016. A Norwegian ZEB Definition Guideline. ZEB Project report 29 – 2016. SINTEF Academic Press.
- Kuva 23 : Bokalders & Block, 2010. The Whole Building Hnadbook- How to design Healthy, Efficient and Sustainable Buildings.
- Kuva 24 : Tilastokeskus, 2013. Jätteiden käsittelyssä tapahtunut muutos. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/jate/2011/jate_2011_2013-05-17_tie_001_fi.html 14.04.2017)
- Kuva 25 : Landsdorf, Robin, 2016. AIKA ENNEN ELINKAARIAJATTELUA- Asunto Oy Kapteeninkatu 11 esimerkkinä ekologisesti kestävästä rakentamisesta. Aalto-yliopisto. Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu. Arkkitehtuurin laitos, diplomityö.
- Kuva 26 : Archdaily. Woodcube. Saatavissa: <http://www.archdaily.com/421676/woodcube-architekturagentur> (Ladattu: 13.04.2017)
- Kuva 27 : Archdaily. Woodcube. Saatavissa: <http://www.archdaily.com/421676/woodcube-architekturagentur> (Ladattu: 13.04.2017)
- Kuva 28 : Mattila, Lars-Erik. 2014. Tulevaisuuden kerrostalo. Aalto-yliopisto, diplomityö. Markku, Seppo, Hellsten, Anneli. Tulevaisuuden koulu... nyt, tila opettaa. Arkkitehdit SAFA H&M-arkkitehdit Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020703.pdf> (12.04.2017) Alkuperäinen kuva: Säynäjoki, Antti; Heinonen, Jukka ja Junnila, Seppo (2012): A scenario analysis of the life cycle greenhouse gas emissions of a new residential area. Environmental research letters 7/2012 034037
- Kuva 29 : Löfroos, Jonas. 2013. Vaatimukset ekologisesti kestäväälle rakennukselle – Rakennussuunnittelu aineen kiertokulun ehdoilla. Aalto-yliopisto, diplomityö.
- Kuva 30 : Paroc, 2017. Rapatut ulkoseinät. <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/rakennusten-eristaminen/uudisrakentaminen/ulkoseinat/rapatut-ulkoseina> (Ladattu 14.04.2017)
- Kuva 31 : Rakentaja.fi, 2017. https://www.rakentaja.fi/artikkelit/794/vesikiertoisen_lattialämmityksen_asennus.htm (Ladattu 14.04.2017)
- Kuva 32 : Kauffmann, Hermann, 2017. Architekten Hermann Kauffmann ZT GmbH. http://www.hermann-kauffmann.at/index.php?pid=2&kid=2&prjnr=10_05 (Ladattu 25.04.2017)
- Kuva 33 : Tampereen museovirasto. Haettu 05.05.2013.
- Kuva 35 : Tampereen museovirasto. Haettu 05.05.2013.
- Kuva 38 : Lindberg, Taru, 2015. Vihreä asuinkerrostalo.Selvitys ekologisen asuinkerrostalon passiivisista suunnitteluratkaisuksista energiatehokkuuden ja hiilijalanjäljen näkökulmista. Tampereen teknillinen yliopisto, diplomityö.
- Kuva 57 : Yle Uutiset, 2015. Onko tämä tulevaisuuden kerrostalo?Saatavissa: <http://yle.fi/aihe/artikkeli/2015/04/10/onko-tama-tulevaisuuden-kerrostalo> (03.05.2017)
- Kuva 58 : RT tuotetieto, 2017. Bender Tvilling Savitiili. Saatavissa: <http://www.rttuotetieto.fi/rakennustuotteet/runkorakennustuotteet/vesikatteet/tiilikatteet/savitiilikatteet-ja-tarvikkeet/24596/bender-tvilling-savitiili> (03.05.2017)
- Kuva 59 : Kauppinen, Sirpa, 2016. CLT- ja hirsirakentaminen säästää luontoa ja vähentää homeriskejä. Saatavissa: <http://www.sirpakauppinen.fi/node/1012> (03.05.2017)
- Kuva 60 : Trifile Oy, 2016. Hirsityö, hirsitalon korjaus ja siirto. Saatavissa: <http://www.trifile.fi/hirsityot.html> (03.05.2017)
- Kuva 61 : Berge, Bjørn. 2009. The Ecology of Building Materials. Second edition. Oxford: Architectural Press. 427s. ISBN: 978-1-85617-537-1.
- Kuva 63 : Erat, Bruno; Björkholtz, Dick, 1982. Luonnonmukainen talo. Rakentajan kustannus Oy.

7. LIITTEET

Liite: Lämpöhäviöiden tasauslaskelma

Rakennuskohde	Laukaa koulu, Saviontie 640, 41330
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	Jutta Vuorinen,
Päiväys	08.05.2017
Tulos: Suunnitteluratkaisu	EI TÄYTÄ VAATIMUKSIA

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	27000	rak-m³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	2800	m²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	2400	m²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	0	m²
Rakennusluokka (1-9)	6	
Rakennuksen kerrosmäärä	2	kerrosta

Laskentatuloksia

- Julkisivujen pinta-ala on 2,236 m2
- Ikkunapinta-ala on 24 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
- Ikkunapinta-ala on 31 % julkisivujen pinta-alasta
- Lämpöhäviö on 148 % vertailutasosta (lämpimät tilat)
- Lämpöhäviö on 0 % vertailutasosta (puoliämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m² [A]		U-arvot, W/(m² K) [U]			Lämpöhäviöiden tasaus Ominaislämpöhäviö, W/K [Hjoht = A*U]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
<i>Lämpimät tilat</i>							
Ulkoseinä	0.00	0.00	0.17	0.60	0.17	0.00	0.00
Hirsiseinä	1,804.26	1,540.00	0.40	0.60	0.19	721.70	292.60
Yläpohja	1,950.00	1,950.00	0.09	0.60	0.09	175.50	175.50
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)		1,950.00	0.09	0.60	0.16	175.50	312.00
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva 1)		0.00	0.17	0.60	0.16	0.00	0.00
Alapohja (maanvastainen 2)		0.00	0.16	0.60	0.17	0.00	0.00
Muu maanvastainen rakennusosa 2)		0.00	0.16	0.60	0.16	0.00	0.00
Ikkunat	420.00	684.26	1.00	1.80	1.17	420.00	800.21
Ulko-ovet ja tuuletusluukut 3)		12.00	1.00	-	1.65	12.00	19.80
Kattoikkunat / -kuvut	0.00	0.00	1.00	1.80 / 2.00	1.00	0.00	0.00
Lämpimät tilat yhteensä	6,136.26	6,136.26				1,504.70	1,600.11
<i>Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset</i>							
Ulkoseinät			0.26	0.60			
Hirsiseinä			0.60	0.60			
Yläpohja			0.14	0.60			
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0.14	0.60			
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva 1)			0.26	0.60			
Alapohja (maanvastainen 2)			0.24	0.60			
Muu maanvastainen rakennusosa 2)			0.24	0.60			
Ikkunat			1.40	2.80			
Ulko-ovet ja tuuletusluukut 3)			1.40	-			
Kattoikkunat / -kuvut			1.40	2.80			
Puoliämpimät tilat yhteensä							

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)				
Pinta-alat				
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	kyllä	ei		
	x			
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa				
- lämpimissä tiloissa	x			
- Puoliilämpimissä tiloissa	x			
Rakennusosien U-arvot				
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	kyllä	ei		
	x			
Rakennusvaipan ilmanpitävyys				
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	x		4.00	4.00 W/K
- Ipuoliilämpimissä tiloissa	x		4.00	4.00 W/K
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus				
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa		x	3,256.52 W/K	4,816.21 W/K
- puoliilämpimissä tiloissa	x		0.00 W/K	0.00 W/K
Tarkistuslistan yhteenveto				
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	kyllä	ei		
		x		
Lisäselvitykset				
Rakennuksen vuotoilma				
Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnitteluarvoa. Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Alle 100m ² loma-asunnon rakennusvaipan ilmanvuotoluvulle q50 ei ole vaatimusta eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan tasauslaskennassa käyttää rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnitteluarvona rakennusvaipan ilmanvuotoluvun vertailuarvoa.				
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde				
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Alle 100 m ² loma-asunnon ilmanvaihdon LTO:lle ei ole vaatimuksia eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan tasauslaskennassa käyttää LTO:n vuosihyötysuhteen suunnitteluarvona LTO:n vuosihyötysuhteen vertailuarvoa.				

- Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällön osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.
- Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.
- Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

Energiätehokkuus hallitsee nykyistä ekologisuuteen tähtäävää rakentamista niin kansainvälisesti kuin Suomessa. Uudet, tekeillä olevat kansalliset rakennusmääräykset vahvistavat suuntausta entisestään, kun Euroopan Unionin energiatehokkuusdirektiivin tavoitteet lähes nollaenergiarakentamisesta konkretisoituvat.

Tämän työn tavoitteena on tuoda esille arkkitehtuurin eri näkökulmat, joita energiatehokkuuden rinnalle tarvitaan ekologisen rakentamiskulttuurin saavuttamiseksi. Työssä käytetään elinkaaritarkastelua välineenä jokaisen näkökulman merkittävyyden osoittamiseksi. Lopulta näkökulmien ohjaamat ekologiset ratkaisut esitellään suunnitelmassa, joka on teoreettinen vaihtoehto Laukaalle rakenteilla olevalle ekokoululle.

Diplomityö on osa Tampereen teknillisen yliopiston vetämää Tekes-rahoitteista COMBI-hanketta, joka tutkii lähes nollaenergiarakentamista palvelurakennusten näkökulmasta. Työ sisältyy Arkkitehtonisten ratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen -työpakettiin.

