

Vesa Fredriksson

MATERIAALITEHOKKUUS PIENTALORAKENTAMISESSA

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2015

MATERIAALITEHOKKUUS PIENTALORAKENTAMISESSA

Fredriksson, Vesa
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2015
Ohjaaja: Uusitorppa, Mari
Sivumäärä: 43
Liitteitä: 3

Asiasanat: rakentaminen, materiaalitehokkuus, hiilijalanjälki, pientalo

Opinnäytetyössä tutkittiin materiaalitehokkuutta ja siihen keskeisesti vaikuttavia asioita erityisesti pientalorakentamisen näkökulmasta. Kirjallisuusselvityksen avulla selvitettiin miten materiaalitehokkuus voidaan ottaa huomioon rakentamisen eri vaiheissa, niin suunnittelussa kuin työmaalla. Opinnäytetyössä selvitettiin myös minkälaiset lait ja säädökset vaikuttavat materiaalitehokkuuteen. Näiden lisäksi selvitettiin rakennusmateriaalien vaikutusta ekologisuuteen sekä mietittiin konkreettisia käytännön toimia materiaalitehokkuuden parantamiseksi pientalorakentamisessa.

Suunnitteluvaiheessa tehdään materiaalitehokkuuden kannalta merkittävimmät päätökset. Merkittävässä roolissa ovat valittavat rakennusmateriaalit, rakennustapa, rakennusratkaisut ja tilojen monikäyttöisyys. Nämä asiat vaikuttavat rakennukseen koko sen elinkaaren ajan. Pientalon rakennustyömaalla materiaalitehokkuuden kannalta keskeiset asiat ovat rakennusmateriaalien kuljetus, varastointi ja siirto sekä työn laatu. Rakennusaikaisten jätteiden käsittelyllä on myös suuri merkitys. Kaatopaikalle menevän sekajätteen määrä tulisi minimoida ja kiinnittää huomiota rakennusmateriaalien kierrätykseen ja uusiokäyttöön.

Opinnäytetyössä materiaalitehokkuutta arvioitiin kolmella erilaisella pientaloratkaisulla. Korjausrakentamisen osuus kokonaisrakentamisesta kasvaa koko ajan, joten korjausrakentaminen valittiin yhdeksi tarkastelun kohteeksi. Korjausrakentamisen osalta tutkittiin kesällä 2014 suoritetun omakotitalon peruskorjauksen suoritusta materiaalitehokkuuden kannalta. Omatoimi- eli paikallarakentamisen osuus on nykypäivän pientalorakentamisessa Suomessa jäänyt vähäiseksi. Tämän vuoksi kyseistä rakennustapaa ei otettu mukaan tarkasteluun, vaan keskityttiin talopakettitoimitukseen, joka toimii rakennustapana yli 70 prosentissa pientalotyömaista. Talopakettitoimituksen osalta selvitettiin haastatteluiden perusteella Kastelli-talot Oy:n toimintatapoja erityisesti materiaalitehokkuuden kannalta. Tämän lisäksi suoritettiin ohjeellinen hiilijalanjäljen laskenta eräälle Kastelli-talojen mallille. Edellä mainittujen lisäksi pohdittiin myös elementtirakentamisen toimintamallia.

Työn edetessä ilmeni selkeästi, että suurilla työmailla materiaalitehokkuus on nykypäivänä huomioitu hyvin ja sille on pääasiallisesti luotu hyvät toimintaedellytykset. Pientalotyömailla materiaalitehokkuudessa on kuitenkin vielä paljon tehtävää. Esimerkiksi jätteiden käsittely ja kierrätys riippuu täysin rakennuttajan omasta aktiivisuudesta. Valitettavan usein rakennuttajat kuitenkin tuntevat, että kierrätykseen ja lajitteluun käytetty aika ei ole taloudellisesti kannattavaa.

MATERIAL EFFICIENCY IN SMALL-HOUSE CONSTRUCTION

Fredriksson, Vesa

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

March 2015

Supervisor: Uusitorppa, Mari

Number of pages: 43

Appendices: 3

Keywords: construction, material efficiency, carbon footprint, small house

The purpose of this thesis was to study how material efficiency is currently taken care in small house building and what things affects to material efficiency. It was also studied how material efficiency can be taken into account in planning stage and at the construction site. Study also covers the laws that affects to material efficiency and the ways how to improve it.

Planning phase is critical from material efficiency point of view, because there are done decisions like, the choice of materials, production methods and structural solutions. These things affects to small house during its whole life cycle. At the construction site the critical things are transporting and warehousing of building materials and the quality of working. Treating of wastes affects also to material efficiency at the building stage.

Earlier the most common way to build a small house in Finland, was to build it by yourself and with own materials. This way of building is now a days in marginal role in Finland. Most of the small houses are in some level prefabricated. This is the reason why prefabricated houses were used as references in this study. The renovation of houses is taken real big part of whole construction industry currently and its part is increasing all the time. This is why also renovation target was studied in this study, even it can't be straight compared to redevelopment.

The results showed that the material efficiency is well taken care in bigger construction sites, but in small house sites there are still lot to do. In small house site the developer is totally responsible how well material efficiency materializes in construction site. Waste handling and recycling is also quite hard to organize when the amount of waste is not so big.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Materiaalitehokkuuden käsite rakentamisessa.....	6
1.2	Rakentamisen materiaalitehokkuuteen liittyvät lait ja säädökset	7
1.2.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki	7
1.2.2	Kansallinen jätelainsäädäntö	8
1.2.3	EU:n jätedirektiivi	9
1.2.4	Jäteverot ja kaatopaikka-asetus	10
1.3	Käsitteet	11
2	MATERIAALITEHOKKUUS JA JÄTTEET.....	13
2.1	Rakentamisen jätemäärät	13
2.1.1	Korjausrakentamisen jätemäärät	17
2.2	Jätteiden lajittelu, uudelleenkäyttö ja kierrätys.....	18
3	MATERIAALITEHOKKUUS RAKENTAMISESSA.....	19
3.1	Materiaalimenekki ja materiaalihukka.....	19
3.2	Materiaalitehokkuus suunnittelussa	19
3.3	Materiaalitehokkuus työmaalla.....	21
3.4	Materiaalivalinnat	22
3.4.1	Puu	23
3.4.2	Betoni	24
3.4.3	Tiili	25
3.4.4	Eristeet	26
3.4.5	Kumi ja muovituotteet.....	27
3.4.6	Rakennuslevyt	28
3.5	Materiaalitehokkuus pientalorakentamisessa.....	28
3.6	Rakentamisen materiaalitehokkuuteen liittyvät ongelmat ja esteet	30
3.6.1	Uudisrakentamisvaihe	30
3.6.2	Ylläpito- ja korjausvaihe	31
4	PILOTTIKOHTEIDEN TARKASTELU.....	32
4.1	Taustaa	32
4.2	Korjausrakentaminen	33
4.2.1	Suunnittelu	33
4.2.2	Logistiikka ja kuljetukset	33
4.2.3	Tilojen muunneltavuus	34
4.2.4	Jätemäärät ja materiaalihukat	34

4.3	Talopaketti	35
4.3.1	Suunnittelu	35
4.3.2	Logistiikka ja kuljetukset	36
4.3.3	Tilojen muunneltavuus	36
4.3.4	Jättemäärät ja materiaalihukat	36
4.3.5	Hiilijalanjälki	37
4.4	Moduulirakentaminen	38
4.4.1	Suunnittelu	38
4.4.2	Logistiikka ja kuljetukset	39
4.4.3	Tilojen muunneltavuus	39
4.4.4	Jättemäärät ja materiaalihukat	39
5	YHTEENVETO	39
	LÄHTEET	42
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Materiaalitehokkuuden käsite rakentamisessa

Materiaalitehokkuudella tarkoitetaan periaatetta tai toimintatapaa, jonka avulla ehkäistään materiaalihävikkiä ja vähennetään syntyvän jätteen määrää. Materiaalitehokkuus on siis kilpailukykyisten tuotteiden ja palvelujen aikaansaamista pienenevin materiaalipanoksin siten, että haitalliset vaikutukset vähenevät elinkaaren aikana (Motivan www-sivut 2015).

Materiaalitehokkuus vaikuttaa monin tavoin rakentamisen ekologiseen kestävytyteen. Välittömin vaikutus on luonnonvarojen kulutukseen: eli toiminta vähentää uusiutumattomien ja uusiutuvien luonnonvarojen kulutusta. Lisäksi materiaalitehokkuus vaikuttaa haitallisten päästöjen määrään, eli kaasumaisiin päästöihin ilmakehään, nestemäisiin päästöihin vesistöihin ja kiinteisiin jätteisiin.

Materiaalitehokas toiminta siis vähentää syntyvän rakennus- ja purkujätteen määrää sekä lisää sen kierrätystä. EU-lainsäädännössä on määritelty niin sanottu jätehierarkia eli jätehuollon etusijajärjestys. Jätehierarkian toteuttamiseksi ehdotetaan toimia, joilla tähdätään jätteen kierrätykseen ja muun hyödyntämisen lisäämiseen sekä jätteen kaatopaikkakäsittelyn vähentämiseen. Jätehierarkia on viisiportainen. Ensisijaisena tavoitteena on ehkäistä jätteen syntymistä. Jos jätettä kuitenkin syntyy, on se valmistettava se uudelleenkäyttöä varten tai mahdollisuuksien mukaan kierrätettävä rakennusosina tai materiaalina. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jäte on pyrittävä hyödyntämään muilla tavoin kuten esimerkiksi energiana. Vasta viimeisenä vaihtoehtona tulisi turvautua loppusijoittamiseen kaatopaikalle tai jätteenpoltoon ilman energiahyödyntämistä (EU:n jätedirektiivi 2008/98, 11§).

Opinnäytetyössä on tarkasteltu korjausrakentamiskohdetta, perinteistä talopakettia ja tilaelementtitoimitusta. Valinta kohdistui näihin rakennustapoihin koska Suomessa perinteinen ns. pitkästä tavarasta rakentamisen osuus on kutistunut jo hyvin pieneksi ja esimerkiksi vuonna 2013 talopakettitoimituksena toteutettujen pientalojen osuus

oli yli 76 prosenttia (pientaloteollisuuden www-sivut 2015). Myös korjausrakentamisen osuus myös kasvaa talonrakentamisen toimialalla koko ajan.

1.2 Rakentamisen materiaalitehokkuuteen liittyvät lait ja säädökset

1.2.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Korkein rakentamisen ohjauskeino on Maankäyttö- ja rakennuslaki. Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) säädetään mm. kunnan rakennusjärjestyksestä sekä rakennusluvasta ja – ilmoituksesta. Lain perusteella on tehtävä selvitys rakennusjätteen määrästä, laadusta ja lajittelusta. Purkamisen lupahakemuksessa tulee lisäksi selvittää edellytykset huolehtia syntyvän rakennusjätteen käsittelystä sekä käyttökelpoisten rakennusosien hyväksikäytöstä. Purkutyö on järjestettävä niin, että luodaan edellytykset käyttökelpoisten rakennusosien hyväksikäyttämiseksi ja huolehditaan syntyvän rakennusjätteen käsittelystä.

Rakennuksen rakentamiseen on oltava rakennuslupa.

Rakennuslupa tarvitaan myös sellaiseen korjaus- ja muutostyöhön, joka on verrattavissa rakennuksen rakentamiseen, sekä rakennuksen laajentamiseen tai sen kerrosalaan laskettavan tilan lisäämiseen.

Muuta kuin edellä säädettyä rakennuksen korjaus- ja muutostyötä varten tarvitaan rakennuslupa, jos työllä ilmeisesti voi olla vaikutusta rakennuksen käyttäjien turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 125§).

Maankäyttö- ja rakennuslakia täydentävät maankäyttö- ja rakennusasetus sekä Suomen rakentamismääräyskokoelma. Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään rakentamista koskevat yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettely ja viranomaisvalvonta. Tarkemmat rakentamista koskevat säännökset ja ohjeet on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat perinteisesti koskeneet uuden rakennuksen rakentamista. Asetuksena annetut ja Suomen rakentamismääräyskokoelmaan kootut rakentamista koskevat säännökset ovat velvoittavia.

1.2.2 Kansallinen jätelainsäädäntö

Rakennustyömaiden toimia jäte- ja ympäristöasioissa säätelee jätelaki (646/2011) ja valtioneuvoston asetus jätteistä (179/2012). Uuden jätelainsäädännön yhtenä tarkoituksena on panna täytäntöön EU:n jätedirektiivissä asetetut tavoitteet kansallisella tasolla.

Jätelainsäädännön jätehierarkiassa ensisijaisena tavoitteena on jätteen synnyn ehkäisy, sen jälkeen jätteen uudelleenkäyttö tai hyödyntäminen materiaalina, jätteen hyödyntäminen energiana ja vasta viimeisenä jätteen sijoittaminen kaatopaikalle tai poltto ilman energiahyödyntämistä.

Kaikessa toiminnassa on mahdollisuuksien mukaan noudatettava seuraavaa etusijajärjestystä: Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä se. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä (Jätelaki 646/2011, 8§).

Uudessa valtioneuvoston asetuksessa erilliskerättävien rakennusjätteiden määrää lisättiin. Ennen erilleen piti kerätä betoni-, tiili-, kivennäislaatta-, keramiikka- ja kipsijätteet, kyllästämättömät puujätteet, metallijätteet sekä maa-aines-, kiviaines- ja ruoppausjätteet. Nyt pitää kerätä erilleen myös lasijätteet, muovijätteet sekä paperi- ja kartonkijätteet. Vaarallinen jäte kerätään edelleen erilleen muista. Vanhassa valtioneuvoston päätöksessä ollut jätteen vähimmäismäärä 5 tonnia poistui, joten nyt erilliskeräysvelvoite koskee myös pieniä jätemääriä. Tämä vaikuttaa erityisesti pien-
talorakentamiseen.

Rakennus- ja purkujätteen haltijan on järjestettävä jätteen erilliskeräys siten, että mahdollisimman suuri osa jätteestä voidaan jätelain 8§:n mukaisesti valmistella uudelleenkäyttöön taikka muutoin kierrättää tai hyödyntää. Jätelain 15 §:ssä säädetyn edellytyksin on tällöin järjestettävä erilliskeräys ainakin seuraaville jätelajeille:

- 1) betoni-, tiili-, kivennäislaatta- ja keramiikkajätteet
- 2) kipsipohjaiset jätteet
- 3) kyllästämättömät puujätteet
- 4) metallijätteet

- 5) lasijätteet
- 6) muovijätteet
- 7) paperi- ja kartonkijätteet
- 8) maa- ja kiviainesjätteet

Tuottajan velvollisuudesta järjestää käytöstä poistettujen pakkausten erilliskeräys ja kierrätys säädetään jätelain 6 luvussa ja jätelain nojalla annetuissa säännöksissä. Tavoitteena on, että 1 ja 2 momentissa tarkoitettu toimin vuonna 2020 hyödynnetään muutoin kuin energiana tai polttoaineksi valmistamisessa vähintään 70 painoprosenttia rakennus- ja purkujätteestä, kallio- tai maaperästä irrotettuja maa- ja kiviaineksia sekä vaarallisia jätteitä lukuun ottamatta (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012, 16§).

1.2.3 EU:n jätedirektiivi

Rakentamisen jätteisiin ja kierrätysmateriaalien kasvavaan käyttöön vaikuttaa myös EU:n vuonna 2008 antama jätedirektiivi. Se velvoittaa jäsenvaltiot tehostamaan jätteen kierrätystä. Pyrkimyksenä on edistää jätteen uudelleenkäyttöä ja kierrätystä sekä vähentää jätteen päätymistä kaatopaikalle. Jätedirektiivin mukaan vuoteen 2020 mennessä on lisättävä vaarattoman rakennus- ja purkujätteen valmistelua uudelleenkäytettäväksi ja materiaalihyödyntämistä vähintään 70 prosenttiin. Direktiivi edellyttää myös jäsenmailta entistä täsmällisempää rakennusjätteiden määrän seurantaa.

1. Jäsenvaltioiden on toteutettava tarvittavat toimenpiteet tuotteiden uudelleenkäytön ja uudelleenkäytettäväksi valmistelun edistämiseksi erityisesti kannustamalla uudelleenkäyttö- ja korjausverkostojen perustamista ja tukemista sekä taloudellisten ohjauskeinojen, hankintaperusteiden, määrällisten tavoitteiden tai muiden toimenpiteiden käyttöä.

Jäsenvaltioiden on toteutettava toimenpiteitä laadukkaan kierrätyksen edistämiseksi, ja tätä tarkoitusta varten niiden on otettava käyttöön jätteen erilliskeräysjärjestelmiä, mikäli se on teknisesti, ympäristön kannalta ja taloudellisesti toteutettavissa sekä aiheellista tarvittavien laatuvaatimusten täyttämiseksi kyseisillä kierrätyksen aloilla.

Jollei 10 artiklan 2 kohdasta muuta johdu, vuoteen 2015 mennessä on perustettava erilliskeräysjärjestelmät ainakin seuraaville: paperi, metalli, muovi ja lasi.

2. Tämän direktiivin tavoitteiden saavuttamiseksi ja luonnonvaroja tehokkaasti hyödyntävään Euroopan kierrätysyhteiskuntaan siirtymiseksi jäsenvaltioiden on toteutettava tarvittavat toimenpiteet, joiden tarkoituksena on seuraavien tavoitteiden saavuttaminen:

- a) vuoteen 2020 mennessä jätemateriaalien, kuten ainakin paperin, metallin, muovin ja lasin, joka on peräisin kotitalouksista ja mahdollisesti muista lähteistä, siinä määrin kuin nämä jätevirrat ovat samankaltaisia kuin kotitalousjätteissä, valmistelua uudelleenkäytettäväksi ja kierrätystä on lisättävä vähintään 50 painoprosenttiin niiden kokonaisuudesta.
- b) vuoteen 2020 mennessä vaarattoman rakennus- ja purkujätteen, jäteluettelon luokassa 17 05 04 määriteltyä luonnosta peräisin olevaa ainesta lukuun ottamatta, valmistelua uudelleenkäytettäväksi, kierrätystä ja muuta materiaalien hyödyntämistä, mukaan luettuina maantäyttötoimet, joissa jätettä käytetään korvaamaan muita materiaaleja, on lisättävä vähintään 70 painoprosenttiin (EU:n jätedirektiivi 2008/98, 11§).

EU:n jätedirektiivin vaatimusten pohjalta on käynnistetty useita kansainvälisiä ja kansallisia ohjelmia, joiden tavoitteena on tukea vaatimusten onnistunutta suorittamista. Yksi tällainen on Suomessa toimeenpantu rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämisen toimenpideohjelma, RAMATE. Ohjelman tavoitteena on purkaa esteitä materiaalitehokkuuden lisäämisen tieltä ja sen painopiste on tiedon, osaamisen ja uusien liiketoimintamallien lisäämisessä.

Ohjelman puitteissa on luotu lista rakentamisen materiaalitehokkuuden tavoitetilasta vuonna 2020.

- Materiaalitehokkaat käytännöt ovat juurtuneet osaksi rakennusalan arkipäivää
- Korjaushankkeet suunnitellaan ja toteutetaan huolella välttäen turhaa purkamista ja ylikorjaamista
- Tieto syntyvästä rakennusjätteestä kulkee esim. sähköiseen valtakunnalliseen järjestelmään
- Rakennusjätteiden ja purkutuotteiden markkinat toimivat
- Muunneltavuus tärkeä laatutekijä uudisrakennuksissa (rakennusteollisuuden www-sivut 2015).

1.2.4 Jäteverot ja kaatopaikka-asetus

Jätteitä pyritään ohjaamaan hyödynnettäväksi tai kierrätettäväksi myös jäteverolla. Jäteveroa suoritetaan kaatopaikalle menevästä jätteestä jäteverolain (1126/2010) mukaisesti. Jäteveron eräänä tavoitteena on vähentää kaatopaikalle menevän jätteen

määrää parantamalla jätteen hyötykäytön taloudellisia edellytyksiä. Jätevero on nostettu asteittain nykyiseen 50 euroon per tonni.

Veroa on suoritettava 40 euroa tonnilta jätettä, joka toimitetaan kaatopaikalle ennen 1 päivää tammikuuta 2013.

Veroa on suoritettava 50 euroa tonnilta jätettä, joka toimitetaan kaatopaikalle 1 päivänä tammikuuta 2013 ja sen jälkeen (Jäteverolaki 1126/2010, 5§).

1.3 Käsitteet

Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki tarkoittaa tuotteen, toiminnan tai palvelun aiheuttamaa ilmastokuormaa eli sitä, kuinka paljon kasvihuonekaasuja tuotteen tai toiminnan elinkaaren aikana syntyy.

Jätehierarkia

Jätehierarkia tarkoittaa EU:n jätestrategiassa määriteltyä jätehuollon tavoitteiden tärkeysjärjestystä.

Keskiraskas korjaus

Korjausrakentamisessa käytetty määritelmä jossa rakennuksen ulko- ja/tai sisäpintojen uusimisen lisäksi uusitaan LVIS-tekniikkaa.

Materiaalimenekki

Materiaalimenekillä tarkoitetaan työmaalla kuluvan materiaalin määrää

Moduulimitat

Moduulimita on rakennustekniikassa käytettävä kuvitteellinen liittymismitta. Moduulimitajärjestelmän avulla voidaan määrittää ja varmistaa esivalmistettujen rakennusosien yhteensopivuus asennusvaiheessa. Moduulimitoitus vähentää tarvetta paikallamittauksiin ja auttaa vakioiman rakennusosien ja tarvikkeiden mittoja (RT 03-10525 1993, 3).

Purkupuu

Rakennusten ja rakenteiden purkamisesta syntyvä puujäte, joka sisältää muovipinnoitteita tai muita epäpuhtauksia, eikä näin ollen kuulu kierrätyspuuhun (Tilastokeskuksen [www-sivut 2014](#)).

Puujäte, jätepuu

Jätepuulla tarkoitetaan rakennus-, purku- ja korjaustoiminnassa syntyvää jätepuuta, joka sisältää liima-, maali-, kyllästys- tms. aineita. Jätepuu kuuluu biopolttoaineisiin, jos se ei sisällä halogenoituja orgaanisia yhdisteitä ja raskasmetalleja puunkyllästysaineilla tai pinnoitteilla tehtyjen käsittelyjen seurauksena enempää kuin luonnonpuu. Poikkeuksena on painekyllästetty puu, joka on vaarallista jätettä (Metsäteollisuuden [www-sivut 2014](#)).

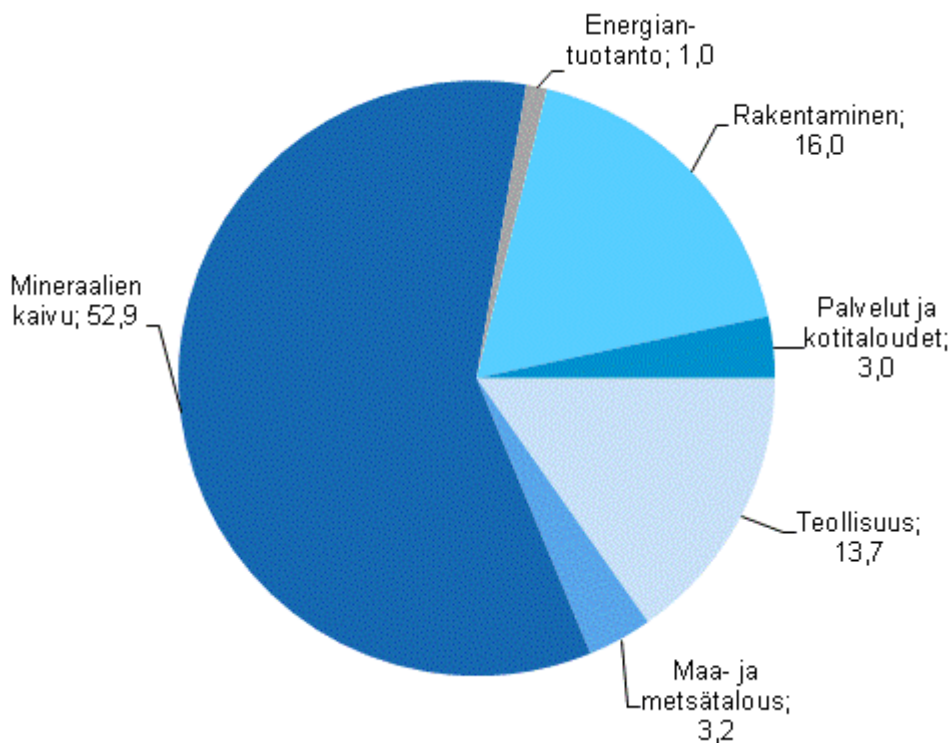
Vihreä betoni

Vihreän betonin valmistuksessa pyritään tuottamaan mahdollisimman vähän hiilidioksidipäästöjä. Vihreän betonin valmistuksessa minimoidaan kaikki syntyvät hiilidioksidipäästöt. Betonireseptit suunnitellaan aina kohdekohtaisesti, asiakkaan tarpeiden mukaan. Vihreän betonin hiilijalanjälki on pääsääntöisesti 20 - 50 % perinteistä betonia pienempi (Ruduksen [www-sivut 2015](#)).

2 MATERIAALITEHOKKUUS JA JÄTTEET

2.1 Rakentamisen jätemäärät

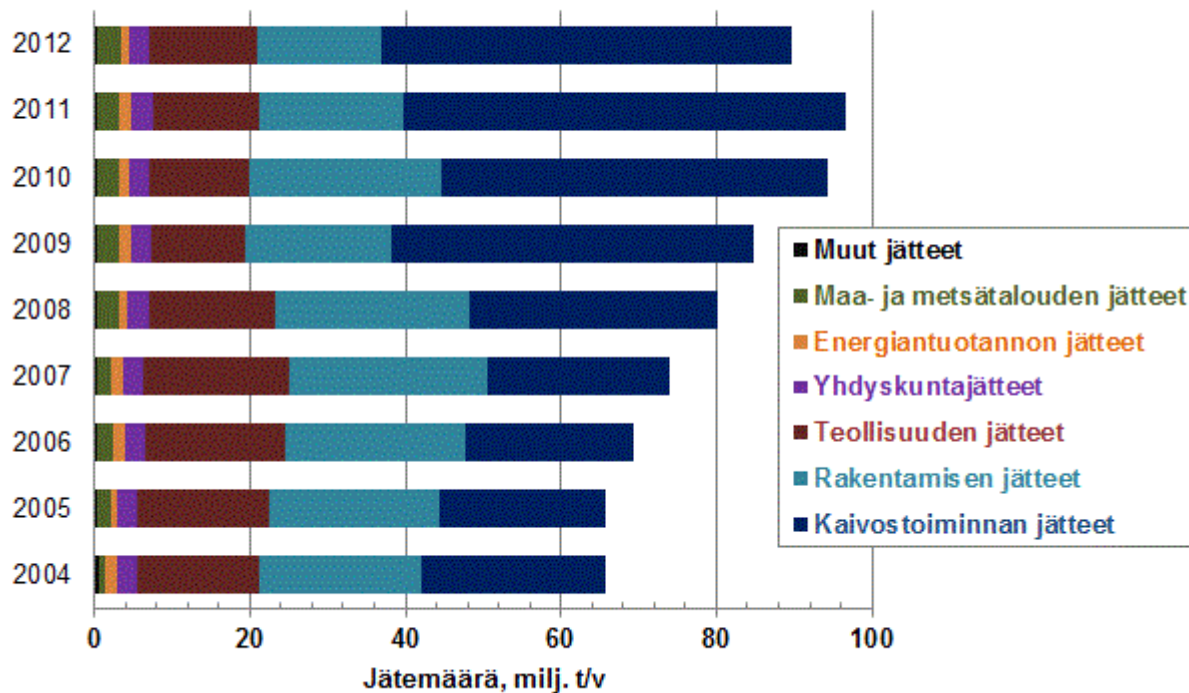
Viimeisimmät saatavilla olevat jätetilastot ovat vuodelta 2012. Tällöin rakentamisen toimialan tuottama jätemäärä Suomessa oli 16,0 miljoonaa tonnia, kun kaikkien jätteen yhteismäärä oli hieman alle 90 miljoonaa tonnia (Kuva 1).



Kuva 1. Jättemäärät sektoreittain vuonna 2012, miljoonaa tonnia (jätetilasto 2012)

Vuonna 2007 rakentamisen jätemäärä oli 25,5 miljoonaa tonnia. Vuosittainen rakennusjättekertymä on suoraan verrannollinen rakentamisen määrään. Jättemäärän kasvun taittumisen syy vuonna 2009 ja uudelleen vuonna 2011 oli ainakin osittain taloudellinen taantuma (Kuva 2).

Jättekertymät sektoreittain (Lähde: Tilastokeskus; Kuva: SYKE)



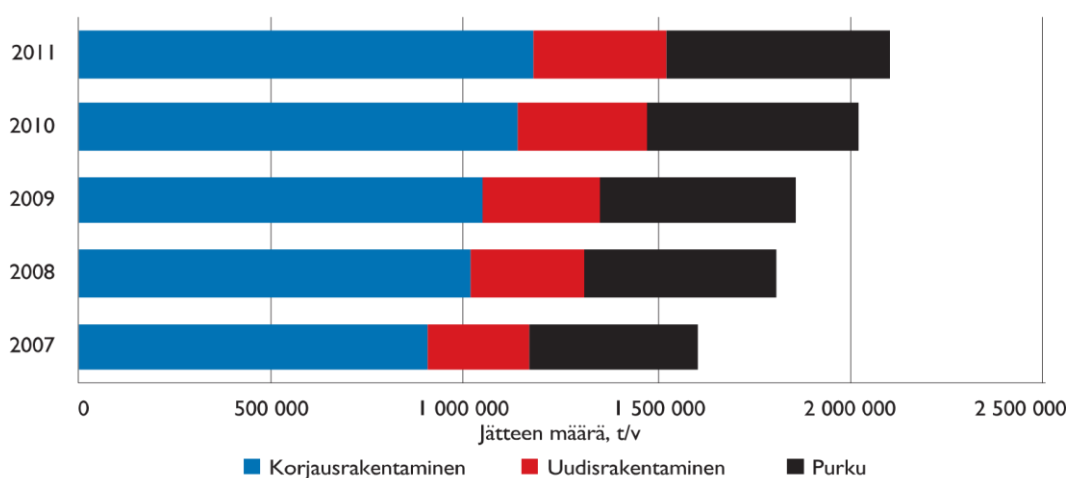
Kuva 2. Jättekertymät sektoreittain vuosina 2004 – 2012 (Jätetilasto 2012)

Rakentamisen toimialan jätemäärästä 97 prosenttia oli mineraaleja eli lähinnä maa-aineksia vuonna 2011. Suurin osa mineraalien kaivuun jätteistä voidaan käyttää kuitenkin sellaisenaan tai jatkojalostuksen kautta maanrakentamisessa (Suomalainenkivi www-sivut 2015, Huhtinen, Lilja, Sokka, Salmenperä & Runsten 2007, 21).

Tarkasteltaessa erikseen talonrakentamisen toimialaa, johon kuuluvat uudisrakentaminen, korjausrakentaminen ja purku, havaitaan jätemäärien olleen pienimmillään vuonna 2007 ja korkeimmillaan vuonna 2011. Jättemäärän painopiste on siirtynyt vahvasti korjausrakentamiseen jonka osuus vuonna 2011 oli 56 prosenttia. Uudisrakennustyömailla syntyi ainoastaan 16 prosenttia ja purkutyömailla 27 prosenttia kokonaisjätemäärästä (Kuva 3) (Tilastokeskuksen www-sivut 2015).

Materiaalitehokkuuden parantamisessa on siis paljon tehtävää erityisesti korjausrakentamiskohteissa. Syitä materiaalitehokkuuden puutteisiin erityisesti korjausrakentamisen osalla saattaa olla esimerkiksi se, että käytännön rakennustyömailla jätehuollon vastuut osapuolten välillä saattavat olla huonosti määritellyt. Toinen vaikuttava syy saattaa olla se, että kohteissa olevista uudelleen käytettävistä materiaaleista ei

saada tietoa riittävän ajoissa ennen kohteen aloitusta. Tällöin puretut materiaalit päätyvät herkästi sekajätteeksi etteivät ole edessä työmaalla. Ongelma voitaisiin poistaa tekemällä jo suunnitteluvaiheessa tarkka massalaskenta ja materiaalitehokkuuskartoitus. Tällöin käyttökelpoiset rakenneosat saataisiin hyvissä ajoin esimerkiksi Internetiin myyntiin. Ongelmia purettavien materiaalien uudelleenkäyttöön aiheuttavat myös kiristyneet energiavaatimukset, rakennusmääräykset, mahdolliset takuuasiat sekä ihmisten asenteet.



Kuva 3. Talonrakennusjätteen määrä rakentamistoinnoittain (Lähde Tilastokeskus/VTT; kuva: SYKE)

Talonrakennuksessa syntyneistä jätteistä noin 40 prosenttia on puupohjaisia jätteitä, noin 31 prosenttia kiviaineksia (betonia, tiiltä) ja noin 14 prosenttia metallijätteitä. Näiden lisäksi rakennusjätteessä on jonkin verran muoveja kuten eriste- ja pakkausmuoveja, maalijätteitä, lasia ja yhdyskuntajätteen kaltaisia jätteitä.

Talonrakentamisen jätteitä hyödynnettiin energiana ja materiaana vuonna 2011 noin 1,3 miljoonaa tonnia, loput 0,8 miljoonaa tonnia sijoitettiin kaatopaikalle. Hyödynnettyjen jätteiden osuudeksi on arvioitu noin 61 prosenttia talonrakentamisen jättemäärästä. Valtakunnallisen jättesuunnitelman tavoitteena hyödyntämiselle on 70 prosenttia. Arvioitu hyödyntämisprosentti ei kuitenkaan kuvasta todellista nykytilannetta, koska se perustuu laskentamenetelmään, jossa hyödyntämisaste säilyy vuosittain

samana. Ympäristöministeriön julkaiseman Rakentamisen materiaalitehokkuusohjelman mukaan Suomessa rakennus- ja purkujätteen kierrätysaste on arvioitu 26 prosenttiin (ilman hyödyntämistä energiana), kun muualla EU:ssa se on keskimäärin 47 prosenttia. Syynä eroon on puujätteen suuri osuus Suomessa. Suomi jää kauaksi rakennusjätekierrätyksen kärkimaista kuten Hollannista ja Tanskasta, joissa molemmissa on saavutettu yli 90 prosentin kierrätysaste. (Häkkinen, Merilehto, Salmenperä 2014, 12). Yksi syy korkeaan kierrätysasteeseen Hollannissa ja Tanskassa on se, että rakennusjätteen vieni kaatopaikalle on tehty erittäin kalliiksi (Huuhka 2010, 12).

Suurena syynä Suomen heikkoon rakennus- ja purkujätteen kierrätysasteeseen on siis puujätteen suuri määrä verrattuna moniin muihin maihin. Tämä on kuitenkin vain osa totuutta sillä monissa kierrätysasioissa olisi vielä paljon opittavaa. Yhtenä esimerkkinä tästä on Päijät-Hämeen jätehuollon aloittama projekti jossa kipsilevyt ja kattuhuovat kerätään uudelleen käytettäväksi. Sekä kipsilevyille, että kattuhuoville on olemassa käsittelymenetelmä jolla materiaalit voidaan lähes 100 prosenttisesti kierrättää. Kipsilevyt toimitetaan kipsilevyteollisuuteen ja kattuhuovat korvaamaan bitumia asfaltissa. Hankkeessa käytettävä kierrätysmalli ja käsittelijä molempien materiaalien osalta löytyivät juuri Tanskasta, eli tietotaitoa löytyy juuri näistä kierrätyksen kärkimaista (Päijät-Hämeen jätehuollon [www-sivut](#) 2015).

Ihmiset kiinnittävät nykypäivänä entistä enemmän huomiota vihreisiin arvoihin ja tämä alkaa näkyä myös konkreettisina taloudellisina asioina. Yhdysvalloissa vuosina 2007 – 2012 välisenä aikana tehdyn tutkimuksen mukaan ympäristösertifioitujen pientalojen myyntihinta oli keskimäärin 9 prosenttia korkeampi kuin sertifioimattomien. Sertifioidut asunnot olivat myös keskimäärin 22 prosenttia lyhemmän aikaa myynnissä kuin sertifioimattomat. Sama suuntaus oli myös toimistorakennuksissa joiden vuokrat olivat keskimäärin 3 prosenttia korkeammat ja myyntihinnat jopa 16 prosenttia korkeammat sertifioiduilla verrattuna sertifioimattomiin. Yhdysvalloissa ympäristöystävällisyydestä voitaisiin siis sanoa tulleen jo tietynlainen statussymboli (Koch 2012).

2.1.1 Korjausrakentamisen jätemäärät

Uudisrakentaminen ja korjaaminen eroavat suuresti työmaan jätehuollon toteuttamisessa. Uudisrakentamisessa syntynyt rakennusjäte on pakkausjätettä lukuun ottamatta lisäkustannuksia aiheuttavaa materiaalihukkaa, tästä johtuen sen välttäminen on urakoitsijan intressi. Uudisrakentamisessa syntyvän työmaajätteen määrä onkin ollut jatkuvassa laskussa mm. määrämittaisten raaka-aineiden ja esivalmisteisten rakennusosien käytön ansiosta. Myös jätteen lajittelu etenkin isoilla työmailla on pääosin kunnossa. Sen sijaan uusien materiaalien suojauksessa esiintyy jonkin verran puutteita, mitkä johtavat materiaalien pilaantumiseen (Peuranen & Hakaste 2014, 16).

Korjausrakentamisella voidaan pidentää rakennuksen elinkaaren materiaalitehokkuutta rakennuksen elinkaaren kasvaessa. Valtaosa syntyvästä rakennusjätteestä on purkujätettä. Näin ollen pääpaino materiaalitehokkuuden näkökulmasta on paitsi turhan purkamisen välttämässä, etenkin säästäväissä purkumenetelmissä sekä asianmukaisessa jätteen lajittelussa. Rakennus- ja purkujätettä syntyy huomattavasti enemmän korjaustyömailta kuin uudistyömailta. Jätteen määrä on voimakkaasti riippuvainen korjaustoimenpiteistä ja suurin osa jätteestä syntyy purkuvaiheessa. Korjauskohteen jätemääriin vaikuttaa korjauskohdetta enemmän korjausaste. Suuntaa antavat jätemäärät korjausrakentamisessa on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Korjausrakentamisen suuntaa antavat jätemäärät (Perälä & Nippala 1998, 25)

pintaremontti	0,5 – 2 kg/r-m ³
keskiraskaskorjaus	2 – 15 kg/r-m ³
raskaskorjaus	15 – 100 kg/r-m ³
koko rakennuksen purku	200 – 500 kg/r-m ³

Keskiraskaissa korjauksissa rakennuksen ulko- ja/tai sisäpintojen uusimisen lisäksi uusitaan LVIS-tekniikkaa. Raskaissa korjauksissa tehdään näiden lisäksi vielä tilamuutoksia ja lisärakentamista, jotka kasvattavat purettavan materiaalin määrää. Näissä korjauskohteissa purkujätteen määrästä 90 prosenttia on kiviainespitoista (Perälä & Nippala, 1998, 25).

2.2 Jätteiden lajittelu, uudelleenkäyttö ja kierrätys

Rakentamisessa syntyneitä jätteitä hyödynnettiin tai toimitettiin esikäsittelyyn hyödyntämistä varten vuonna 2011 yli 1,7 miljoonaa tonnia. Metalliosien lajittelun ohella korjaus- purku- ja uudisrakentamisessa kertyvää palavaa jätettä ja mineraalisia aineosia pyritään lajittelemaan ja hyödyntämään entistä voimallisemmin. Betoni- ja muuta mineraalijättemurskaa käytetään muun muassa julkisten teiden ja kenttien pohjarakenteissa. Vuonna 2012 käytetty tai käyttöön käsitelty määrä mineraalijätettä oli 1,5 miljoonaa tonnia, metallijätettä 78 000 tonnia. Rakentamisen puuainesjätettä käytettiin energiantuotannossa 250 00 tonnia. Kuitenkin noin 250 00 tonnia rakennusjätettä päätyi kaatopaikalle, ja sekajätteen mukana jonkin verran lisää (Tilastokeskuksen www-sivut 2015).

Talonrakentamisessa syntyneen puujätteen kierrätyksen ongelmina voivat olla purkupuun sisältämät kosteus- tai homevauriot sekä muut epäpuhtaudet. Ihmisten turvallisuuden ja terveyden kannalta huonolaatuisen puujätteen käyttö uudelleen rakentamisessa ei ole sallittavaa. Siksi puujätteen hyödyntämisen energiana on oltava tulevaisuudessa mahdollista. Rakennusjätteen sisältämä puu voi olla myös hyvälaatuista, materiaalikierrätykseen kelpaavaa. Tällä hetkellä osa hyvälaatuisestakin puujätteestä menee hyödyntämiseen energiana. Tällainen puujäte pitäisi kuitenkin saada poimittua erilleen ja hyödynnettyä mahdollisuuksien mukaan materiaalina. Ongelmana on kuitenkin saada hyvälaatuista puujätettä tarpeeksi suuret määrät. VTT on ehdottanut puujätteiden laatuluokitusta, joka kuvaa puujätteen tunnistamiseen kriteerit, joilla puhdas puu voidaan eritellä sellaisesta puusta joka todennäköisesti sisältää haitallisessa määrin epäpuhtauksia ja on sen vuoksi poltettava jätteenkäsittelylaitoksessa. Laatuluokituksessa luokat A ja B tarkoittavat biopolttoainetta, luokka C kierrätyspolttoainetta ja luokka D vaarallista jätettä. Luokat on jaettu alaluokkiin sen mukaan, mistä lähteestä puujäte on peräisin. Puujätteen laatuluokitus on tehty sekä energiantuottajien, että jätetuota tuottavan teollisuuden kuin myös puujätettäprosessoivien yritysten tarpeisiin ja sen käyttö laajenee koko ajan (Metsäteollisuuden www-sivut 2014).

VTT on myös tutkinut, voiko puupohjaista rakennus- ja purkujätettä polttamisen sijaan kuiduttaa ja käyttää uusien kuitupohjaisten materiaalien raaka-aineena muissa

kuin paperi- ja kartonkitekiteollisuuden tuotteissa. Tutkimuskohteena olivat erityisesti puujätteen niin sanotut vaikeasti kierrätettävät fraktiot. Tutkimuksen perusteella jätetuuhakkeen sinistymä eli home ei estä kierrätystä, eivätkä kivi- ja metalliainekset estä kuiduttamista, mikäli sopiva lisämurskaus ja seulonta toteutetaan ja kuidutustapa valitaan oikein. Sen sijaan projektissa todettiin, että vaikka kierrätetyn kestopuun käyttö uusissa tuotteissa on teknisesti mahdollista, sen hyödyntäminen on toistaiseksi käytännössä kovin työlästä vaatien erilaisia turvallisuustoimenpiteitä prosessissa sekä selvityksiä ja luvan hankintoja viranomaisilta (Rautkoski 2015). Kokonaisuutena projektin tulos siis avaa uusia mahdollisuuksia hankalan jätetuuhun uusiokäyttöön.

3 MATERIAALITEHOKKUUS RAKENTAMISESSA

3.1 Materiaalimenekki ja materiaalihukka

Materiaalihukalla tarkoitetaan käyttökelvottomaksi muuttunutta materiaalia. Rakentamisessa hukan osuus käytetyistä materiaaleista määritellään useimmissa tapauksissa 10 prosenttiin. Materiaalihukkaan vaikuttavat rakentamisen ajoitus, puutteelliset ja virheelliset suunnitelmat, suunnitelmista poikkeamiset, suunnitellun materiaalikäytön ja materiaalistandardien yhteensopimattomuus, virheellinen työsuoritus, huono ja puutteellinen työsuunnittelu huonotyömaajärjestys ja poikkeukselliset sääolosuhteet. Näin ollen tärkeään rooliin nousevat työn suunnittelu, materiaalien käyttö ja sen suunnittelu erityisesti moduulimittojen hyödyntäminen, hankintojen määrällinen ja ajallinen toteutus sekä varastointi ja materiaalien siirrot kun materiaalimenekkiin halutaan vaikuttaa (Ratu 1191-S 2000, 2).

3.2 Materiaalitehokkuus suunnittelussa

Rakennuksen suunnitteluvaiheessa määritellään jo ne kustannukset, jotka toteutuvat rakennusvaiheessa. Tärkeää on miettiä rakennushankkeen laajuutta, eli kuinka paljon tiloja tarvitaan. Rakennus tulisi suunnitella siten, että siinä ei olisi turhia tiloja ja tilat olisivat tehokkaassa käytössä. Suunnitteluvaiheessa määritellään myös rakennuksen

tavoiteltava käyttöikä. Täten suunnittelulla on suuri vaikutus myös materiaalitehokkuuteen. Materiaalitehokkaassa suunnittelussa käytetään yleensä ns. elinkaariajattelua. Elinkaariajattelun peruseriaatteena on, että tuotteen aiheuttamat ympäristövaikutukset tulee sisältää valmistusprosessin (suorat vaikutukset) lisäksi kaikki ne ympäristövaikutukset, jotka aiheutuvat tuotteen elinkaaren eri vaiheissa ennen ja jälkeisen valmistuksen (epäsuorat vaikutukset). Tavoitteena on selvittää tuotteen valmistuksen ja käytön kokonaisvaikutukset eli vaikutukset tuotteen koko elinkaaren aikana.

Elinkaaritekniikan suuntaviivat ovat pitkälti yhteneväiset materiaalitehokkuuden periaatteiden kanssa (RIL 216-2013 2013, 86).

- kestävät ja helposti huollettavat rakenteet
- monoliittiset ja yksinkertaiset rakenteet
- rakennussysteemin muunneltavuus ja pitkä käyttöikä
- lyhytikäisten osien helppo kierrätettävyys
- pidetään erilaisten materiaalityyppien lukumäärä pienenä
- pidetään erillään rakenneosat, joissa eri käyttöiät tai kierrätettävyyskäsitely
- rakenteiden yksinkertaiset liittämistavat
- vältetään haitallisia rakennusmateriaaleja

Hankesuunnitteluvaiheessa laaditaan ympäristöselvitys, johon kirjataan ympäristötavoitteet tai vaatimukset, kuten käyttöikätaavoite, muuntojoustavuus, tavoitteet luonnonvarojen kulutukselle, tavoitteet ympäristökuormitukselle ja tavoitteet jätteen syntyvän ehkäisylle. Hankesuunnitteluvaiheessa vaikutetaan siis jo suurilta osin rakennusprojektin materiaalitehokkuuteen.

Käytännön suunnittelussa materiaalitehokkuus huomioidaan muun muassa niin, että rakennustyö suunnitellaan ennalta siten, että rakennusmateriaaleja käytetään säästeliäästi. Uusien materiaalien käyttöä pyritään vähentämään hyödyntämällä jo syntynyttä hukkamateriaalia. Käytännössä rakenteet suunnitellaan sellaisiksi, että rakennuksen runko saadaan mahdollisimman nopeasti valmiiksi ja vesikatto rakenteen suojaksi. Tällöin kosteuden vaikutus rakennukseen ja asennettuihin materiaaleihin vähenee.

Rakenteiden yksityiskohdista suunnitellaan sellaiset, etteivät materiaalit pääse turmeltumaan rakennusaikana esimerkiksi rakenteisiin valuvan veden vaikutuksesta. Tilojen ja rakenteiden suunnittelussa käytetään moduulimittoja, jolloin voidaan käyttää vakiokokoisia rakennusmateriaaleja. Esimerkiksi niin, että suunnittelussa huomioidaan levyjen vakiokoot ja puutavaran moduulimitat. Materiaalivalinnat tehdään niin, että ne soveltuvat helposti käytettäväksi kyseiseen rakennukseen. Näin vältetään esimerkiksi hankalista rakenteiden yhteensovittamisesta aiheutuva materiaalihukka. Suunnittelussa pyritään aina huomioimaan työmaalla vallitsevat olosuhteet. Materiaalit valitaan niin, että ne kestävät työmaalla vallitsevat olosuhteet vaurioitumatta ilman vaikeita suojaustoimenpiteitä. Jos materiaaleilta vaaditaan rakennusaikana pitkäkestoista sään kestoja, valitaan materiaaleiksi sään kestäviä materiaaleja (Ratu 1191-S 2000, 2).

3.3 Materiaalitehokkuus työmaalla

Rakennusvaiheessa materiaalitehokkuuteen vaikuttavat luonnollisesti toimet itse työmaalla. Vaikuttavat alueet ovat: työmaan logistiikka, rakennusmateriaalien varastointi ja siirrot, työn aikainen suojaus sekä työmaan jätteiden käsittely.

Materiaalien saapuminen työmaalle ja välivarastointi tulisi suunnitella siten, että materiaalit ovat työmaalla mahdollisimman vähän aikaa. Työmaan tilankäyttö otetaan huomioon tilausten ajoituksessa. Väljälle työmaalle voidaan materiaalit välivarastoida helpommin jolloin esim. työmaaliikenteen aiheuttama materiaalien vaurioituminen vähenee. Materiaalien välivarastointi työmaalla tulisi olla mahdollisimman lyhyt aikainen tai mieluiten ne tulisi toimittaa suoraan työkohteeseen. Näin vähennetään materiaalien välivarastoinnin ja siirron aiheuttamaa materiaalihukkaa.

Materiaalien siirrot tulisi suunnitella etukäteen tilausten saapumisen yhteydessä. Saapuvat materiaalit puretaan suoraan niiden käyttökohteeseen ja näin pyritään vähentämään materiaalien siirtoja työmaalla. Materiaaleja ei tulisi siirrellä tarpeettomasti työkohteessa ennen lopullista kiinnittämistä. Materiaalien käsittelyssä tulisi aina käyttää siihen parhaiten soveltuvia koneita ja kalustoja jotta siirtojen aiheuttama materiaalien vaurioituminen voidaan minimoida. Materiaalit olisi parasta siirtää ko-

konaisina kuljetuspaketteina. Virheelliset nosto- ja kuljetusmenetelmät rikkovat ja kolhivat materiaaleja ja ovat usein myös työturvallisuusriski.

Rakennusmateriaalien välivarastoinnissa tulee noudattaa valmistajan ohjeita. Ohjeista selviävät materiaalien sallitut varastointiajat ja suojausohjeet. Materiaalit tulisi varastoida paikkaan jossa muu työmaan toiminta ei häiriinny eikä aiheuta materiaaleille vaurioitumista. Sään vaikutuksille alttiit materiaalit suojataan vesisateelta, maan kosteudelta, lumelta, jäältä ja auringon valolta. Jos esim. eristeet, levyt ja veden kanssa reagoivat materiaalit, kuten kuivalaastit pääsevät kastumaan, niiden ominaisuudet heikkenevät tai ne muuttuvat kokonaan käyttökelvottomiksi. Materiaalit tulee varastoida aina aluspuiden tai kuormalavojen päälle siten, ettei maan kosteus pääse vaikuttamaan materiaaleihin. Optimaalisin tilanne olisi jos materiaalit pystyttäisiin varastomaan kokonaan sisätiloissa esimerkiksi ensimmäiseksi rakennetussa autotallissa. Myös jo asennetut materiaalit tulee suojata sään vaikutuksilta. Veden valuminen asennettuihin materiaaleihin tulee estää. Työmaalle tulee varata ylimääräisiä suoja- ja peitteitä jotka saadaan nopeasti käyttöön. Rikkoutuneet materiaalisuojat tulee korjata välittömästi (Ratu 1191-S, 6).

Asennettujen materiaalien työnaikaisessa suojauksessa tehokas käytäntö ovat sääsuojat jolla koko rakennus huputetaan. Suomessa käytetään jo tällä hetkellä eniten sääsuojia Euroopassa, johtuen osittain Suomen talviolosuhteista. Ympäristöministeriö on laatimassa asetusta jossa sääsuojien käyttö tulisi pakolliseksi ainakin osissa talonrakennuskohteista. Sääsuojien käytön haittapuoli on hinta, arviolta noin 100 euroa asuin neliötä kohden (kerrostalossa) (Mölsä, 2014). Tämä hinta on kuitenkin pieni verrattuna korjauskustannuksiin jotka mahdollisesti seuraavat kun kosteutta on jäänyt esim. runkorakenteisiin.

3.4 Materiaalivalinnat

Rakennusmateriaalien valintojen vaikutus materiaalitehokkuuteen on monitahoinen kysymys johon on vaikeaa antaa yhtä oikeaa vastausta. Vastaus riippuu pitkälti siitä miltä kannalta asiaa tarkastelee. Esimerkiksi puun katsotaan olevan ympäristöystäv-

vällinen vaihtoehto koska sen kasvihuonepäästöt ovat pienet. Betoni on taas ekologista kun ajatellaan betonituotteiden elinkaarta tuotantovaiheen jälkeen.

Myös materiaalien ominaisuudet ja ympäristöolosuhteet vaikuttavat merkittävästi materiaalien valintaan ja kokonaisuusmateriaalitehokkuuteen. Esimerkiksi eristeiden osalta puupohjaiset eristeet ovat valmistusprosessin osalta ekologisin vaihtoehto mutta huono kosteuden kestävyys estää niiden käytön rakennuksen kaikissa osissa. Kokonaisuutta tarkasteltaessa kuitenkin mineraalivillat ja muovipohjaisetkin eristeet puolustavat paikkaansa erityisominaisuuksiensa vuoksi.

Seuraavassa on lyhyesti käyty läpi yleisempien rakennusmateriaalien ominaisuudet ja vaikutus materiaalitehokkuuteen.

3.4.1 Puu

Puu on tuhansia vuosia käytetty, paikallinen ja uusiutuva luonnonvara. Puulla on rakennusmateriaalina monia hyviä ominaisuuksia. Puun valmistus ja työstö kuluttavat vähän energiaa ja käsittelemättömän puun kierrättäminen on helppoa. Lisäksi puun käyttäytyminen tunnetaan. Puurakenteet ovat helposti korjattavissa ja muunneltavissa. Tämä lisää puun uusiokäyttömahdollisuuksia sillä mahdolliset vaurioituneet kohdat voidaan poistaa ja osat mitoittaa uudelleen uuden käyttökohteen mukaan (Huuha 2008, 40). Oikein käsiteltynä puu on siis kestävä, pitkäikäinen ja korjauskelpoinen materiaali. Puun alkuperään kannattaa kiinnittää huomiota, trooppiset puulajit ovat kokonaan vältettäviä. Ne eivät yleensä ole peräisin viljellyiltä metsänhoitoalueilta, vaan niiden hakkuut tuhoavat ekosysteemin kannalta tärkeitä sademetsiä. Kotimaisella rakennuspuulla hiilidioksiditaso on positiivinen, vaikka se elinkaarensa lopussa hyödynnettäisiin energiana polttamalla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kasvuvaiheensa aikana puu on sitonut itseensä enemmän hiilidioksidia kuin siitä valmistettujen rakennustuotteiden valmistaminen, käyttö ja käytöstä poistaminen tuottavat.

Puun uudelleenkäyttöä ja energiakäyttöä hankaloittavat kuitenkin määrättyt asiat, suurimpana ongelmana puunkäsittelyaineet. Kosteussuojaukseen käytetyt puunkäsittelyaineet ovat pääsääntöisesti ympäristömyrkyjä. Tästä johtuen esimerkiksi painekyll-

lästetyn puun käyttö tulee olla aina tarkoin harkittua. Kyllästyksen käytetyt kemikaalit aiheuttavat terveys- ja ympäristöhaittoja niin valmistuksessa, työstössä kuin käytössäkin. Kyllästysaineet myös tekevät puusta ongelmajätettä. Paineekyllästetyn puun lisäksi myös maalattujen ja liimaa sisältävien (liimapuu, kertopuu, lastulevyt) energiakäyttö on ongelmallista (Lappalainen 2010, 162).

Pientalorakentajan kannattaa siis suunnitella, laskea tarkkaan ja minimoida tarvitsemansa käsitellyn puun määrä. Koska käsiteltyä puuta ei pääsääntöisesti voi edes polttaa sen vapauttamien erittäin myrkyllisten yhdisteiden vuoksi, olisi esimerkiksi kylästetty puu syytä mahdollisuuksien mukaan tilata määrämittäisenä rakennukselle. Tällöin välttyttäisiin hengityssuojaimia vaativalta työstöltä työmaalla ja minimoitaisiin materiaalihukan määrä.

3.4.2 Betoni

Betoni on maailman käytetyin rakennusaine, jonka tyyppisiä aineita käytettiin jo Antiikin Roomassa. Betoni on sementin, kiviaineksen, veden ja mahdollisten lisäaineiden valmistettaessa nestemäisessä muodossa oleva seos, joka raaka-aineidensa kemiallisen reaktion kautta kovettuu kivimäiseen muotoon. Betoni valmistetaan uusiutumattomista raaka-aineista. Raaka-aineita tosin esiintyy yleensä luonnossa runsaasti ja ne ovat yleensä paikallisia. Betoni on oikein valmistettuna massiivinen ja kestävä materiaali, mutta betonirakenteiden korjaus on vaikeaa.

Betonin tuotanto kuluttaa paljon energiaa ja betonin valmistuksessa käytetään myös runsaasti eri kemikaaleja. Betonin ainesosan, sementin valmistus tuottaa merkittävästi CO₂-päästöjä. Globaalisti sementtiä valmistetaan noin 3 miljardia tonnia vuodessa, mikä tuottaa noin 5 prosenttia ihmisen aiheuttamista CO₂-päästöistä, ollen toiseksi suurin tuottaja heti energiateollisuuden jälkeen. Jokaista kymmentä tuotettua sementtikiloa kohti sementtiteollisuus vapauttaa 9 kg CO₂:ta. Tähän onkin etsitty ratkaisuja ja yksi merkittävimmistä on George Washingtonin yliopistossa kehitetty auringon lämpöenergiaa hyödyntävä elektrolyysimenetelmä jonka pitäisi olla kokonaan hiilidioksiditonta. Betonin valmistuksella on myös suoria maisemallisia vaikutuksia kun

käytettävän soran otto soraharjuilta vaikuttaa maisemaan ja mahdollisesti myös pohjavesiin (phys.org www-sivut 2015).

Auringon lämpöenergiaa hyödyntävän ratkaisun ollessa vielä kehitysasteella betonteollisuus on jo kehittänyt ympäristöystävällisempiä tuotteita, yhtenä esimerkkinä tästä Ruduksen ”vihreä betoni”. Vihreällä betonilla voidaan betonin hiilidioksidipäästöjä vähentää 20 – 50 prosenttia ja joissain tapauksia jopa enemmän (taulukko 2). Vihreän betonin käyttökohteita ovat tavanomaiset perustukset ja sisätiloissa olevat rakenteet. Vaativissa rakenteissa vihreää betonia ei voida täysmääräisesti hyödyntää (Ruduksen www-sivut 2015).

Taulukko 2. Standardin mukaisten betoneiden CO₂ päästöt. Jäljellä olevat vähennetyt päästömäärät verrattuna tavanomaiseen betoniin (Rudus).

kuiva väliseinä, lattiat, välipohja	53 – 68 %
hieman kosteat seinät, alapohja	61 – 82 %
perustukset, kosteat seinät	61 – 82 %
julkisivut, seinät, parvekkeet	65 – 89 %
pakkasen kestävät betonit	61 – 93 %

Myös betonin kierrätys on energiaa kuluttavaa koska murskeesta on erotettava metallit. Murskattua betonijätettä, josta raudoitukset ja lämpöeristeet on poistettu, voidaan käyttää esimerkiksi maatäytöissä korvaamaan neitseellistä kiviainesta. Tämän lisäksi murskattua betonia voidaan käyttää myös uusiorunkoainebetonin raaka-aineena.

3.4.3 Tiili

Tiiliä ja keraamisia laattoja valmistetaan savesta. Savi on paikallinen ja luonnollinen materiaali, vaikkakin uusiutumaton luonnonvara. Savea on paikallisesti yleensä runsaasti saatavilla. Kuten sorallakin myös saven otolla on maisemallisia vaikutuksia. Tiili on kestävä materiaali, jota voidaan käyttää helposti uudelleen. Tiilirakenteet taasaavat kosteuden- ja lämpötilanvaihteluja rakennuksessa, ovat palamattomia ja helposti korjattavia. Tiilen valmistuksessa ja poltossa syntyy päästöjä ja kuluu paljon energiaa. Kalkkihiekkatiili on tässä suhteessa jonkin verran parempi vaihtoehto kuin savitiili. Suomalainen savi vaatii korkean polttolämpötilan, jolloin savitiilen primäärienergiasisältö on suurempi kuin betonilla (Huuhka 2008, 45).

Tiili on erittäin kestävä ja helposti kierrätettävä materiaali. Jos tiilet on muurattu kalkki- tai hiekkalaastilla ne voidaan purettaessa säilyttää ehjinä. Tällöin tiilet voidaan puhdistaa ja käyttää uudelleen moninaisissa kohteissa. Niiden purkaminen ja puhdistaminen ovat kuitenkin käsityövaltaisia töitä. Myös kattotiilien purku käsin on yksinkertaista ja tiilet säilyvät hyvin ehjinä. Murskattua tiiltä voidaan käyttää betonin uusiorunkoaineena tai uudelleenmuovauksen ja polton jälkeen uusien tiilien valmistukseen (Lappalainen 2010, 162).

3.4.4 Eristeet

Riittävä ja oikein tehty eristys on Suomen ilmasto-olosuhteissa erittäin tärkeää. Nykyaikaisessa rakentamisessa käytettyjä eristeitä ovat kivi- ja lasivilla (mineraalivillat), selluvilla, polystyreeni (Styrox), polyuretaani ja kevytsora. Vanhempia eristemateriaaleja ovat korkki, puukuitu, sahajauho ja kutterilastu. Eristeitä käytetään rakentamisessa sekä levyinä, että irtonaisena aineena. Selluvilla, puukuitu, sahajauho, korkki ja kutterilastu ovat puupohjaisia eristeitä. Kivivilla, lasivilla ja kevytsora ovat mineraalipohjaisia ja polystyreeni ja polyuretaani ovat muovipohjaisia.

Mineraalivillat valmistetaan kiviaineksista ja niiden valmistus kuluttaa runsaasti energiaa ja tuottaa liimajätettä. Sideaineena käytetyn kertamuovin raaka-aine on öljy, joka on uusiutumaton luonnonvara. Kivivillan raaka-aineena käytetään kotimaista kiveä ja lasivillan 80-prosenttisesti kierrätyslasia. Hyväkuntoiset, ehjät ja kuivat eristeet voidaan käyttää sellaisenaan uudelleen, mutta eristeiden uudelleenkäytössä on aina muistettava homeriski. Mineraalivilla ei maadu mutta sitä voidaan käyttää maanrakennuksessa keventävänä materiaalina. Mineraalivillojen uusiokäyttö on mahdollista myös puhallusvillan raaka-aineena (Lappalainen 2010, 163).

Muovipohjaiset polyuretaanieristeet ovat ympäristön kannalta haitallisimpia eristeitä. Öljynjalostuksen sivutuotteista valmistettujen, paisutettujen muovieristeiden tuotanto on kallista, kuluttaa erittäin paljon energiaa ja käyttää uusiutumattomia luonnonvaroja. Tuotannossa syntyy myös ongelmajätettä ja päästöjä ilmakehään. Muovieristeiden polttaminen energiaksi voimalassa on mahdollista, mutta polyuretaanista vapautuu poltettaessa haitallisia päästöjä, eikä polystyreeninkään polttamista suositella. Poly-

uretaania käytetään joko vaahtona tai valmiina alumiinipinnoitteisina levyinä. Muovieristeet eivät homehdu, joten rakennusmateriaaleina käytettyjä levyjä voidaan turvallisesti käyttää uudelleen rakentamisessa (Lappalainen 2010, 163).

Puupohjaisista eristeistä selluvilla valmistetaan keräyspaperisilpusta ja valmistuksessa kuluu mineraalivilloja vähemmän energiaa. Selluvillan pääraaka-aine keräyspaperi on kotimainen, uusiutuvasta raaka-aineesta valmistettu uusiomateriaali. Keräyspaperin sijasta valmistukseen voidaan käyttää myös puuhioketta. Uusiokäytössä hyvälaatuinen selluvilla voidaan myös imeä talteen ja käyttää uudelleen (Lappalainen 2010, 163).

Perinteisesti suuri osa suoraan uusiokäyttöön kelpaamattomista eristeistä on hävitetty sekajätteenä, kierrätyksen hankaluuden vuoksi. Uusia palveluja on kuitenkin kehittynyt myös tälle alueella ja yhden tällaisen palvelun rakennuseristeiden osalta tarjoaa ainakin Eko-Expert. Järjestelmässä Eko-Expert toimittaa asiakkaan kohteeseen kontin vuokralle joihin villa jäämät syötetään. Kontin täytyessä kontti noudetaan ja vaihtokontti toimitetaan tilalle. Ylijäämävillat ovat täysin kierrätettävissä, joten rakentamisen ekologisuus kasvaa. Eko-Expert valmistaa villasta puhallusvillaa, jota voidaan käyttää jatkossa eristeinä rakennuskohteissa. Järjestelmä soveltuu erityisesti talo- ja elementtitehtaille sekä rakennusliikkeille (Eko-Expertin www-sivut 2015).

3.4.5 Kumi ja muovituotteet

Erilaisia muovituotteita käytetään runsaasti rakentamisessa ja rakennustarvikkeiden pakkaamisessa. Muovia löytyy mm. putkista, lattiapinnoitteista sekä eristeistä (käsitelty edellä). Muovituotteet ovat ympäristön kannalta ongelmallisia, koska raaka-aineena käytetään uusiutumattomia luonnonvaroja ja valmistuksessa, käytön aikana sekä hävittämisessä saattaa syntyä haitallisia yhdisteitä. Muovijätteen käsittely on vaativaa. Muovituotteiden käyttöikä on suhteellisen lyhyt, eivätkä ne yleensä sovellu uusiokäyttöön vaan päinvastoin haittaavat rakennusjätteen hyödyntämistä. Muovin kierrätystä ja käsittelyä haittaa erityisesti se, että käytössä on runsaasti erilaisia muoveja. Käyttökohteiden vuoksi muovijäte on usein myös likaista. Yksi hyötykäyttömahdollisuus on muovijätteen poltto energiajätteenä, mutta ongelman tässä muodos-

tavat myrkylliset yhdisteet ja savukaasujen tehokas puhdistus (Lappalainen 2010, 162).

3.4.6 Rakennuslevyt

Rakennuslevyjä on sekä puupohjaisina, että kipsilevyinä. Puupohjaisia rakennuslevyjä ovat puukuitulevyt, lastulevyt ja vanerit. Näiden valmistukseen käytetään yleensä puunjalostuksessa syntyviä sivutuotteita ja suurimmat haitat syntyvät valmistuksessa käytettävistä liimoista.

Kipsilevyt valmistetaan luonnonkipsistä tai jättekipsistä ja vedestä. Kipsilevyjen valmistaminen kuluttaa puupohjaisia levyjä vähemmän energiaa. Kipsilevyissä lisäainesten osuus on yleensä vähäinen, mutta esimerkiksi tuulensuojalevyissä on käytetty silikonia. Käytetyt kipsilevyt voidaan kierrättää takaisin valmistukseen. Kipsin kierrätys on kuitenkin koettu hankalaksi ja aikaa vieväksi joten kipsilevyjen pienet ylimäärät ja hukat on perinteisesti hävitetty sekajätteenä. Nyt kuitenkin esim. Gyproc on kehittänyt kipsilevyjen kierrätysjärjestelmän, jossa käytetään erikseen tätä tarkoitusta varten kehitettyä kierrätysäkkiä. Tämä on työturvallinen ja tehokas tapa kerätä puhdasta kierrätyskipsijakea uusiokäyttöön. Tämä toimintamalli on käytössä jo monissa talotehtaissa. Myös työmailta tapahtuvaan kierrätyskipsijakeen keräystä on aloitettu Uudenmaan ja Turun alueella. Pientalorakentajille tämä toiminta ei vielä ole käytössä, mutta pientalorakentajillakin on mahdollisuus toimittaa puhdas kipsijäte omatoimisesti tehtaalle kierrätettäväksi (Gyprocin www-sivut 2014).

3.5 Materiaalitehokkuus pientalorakentamisessa

Pientalorakentamisessa pätevät samat periaatteet materiaalitehokkuuden suhteen kuin isommillakin työmailla. Pientalorakentamisessa on kuitenkin määrättyjä erityispiirteitä jotka hankaloittavat erityisesti jätteiden hyötykäyttöä.

Isoilla työmailla jätemäärät ovat luonnollisesti isompia jolloin tehokas lajittelu on helpompi järjestää. Myös tilojen puolesta materiaalikierrätyksen järjestäminen on helpompaa isolla työmaalla, kuin esimerkiksi peruskorjauskohteessa kaupungin kes-

kustassa jossa tilaa on hyvinkin rajallisesti. Pientalorakennustyömaat käsittävät tyyppillisesti vain yhden asuinrakennuksen. Tällöin syntynyt jätemäärä lajeittain on suhteellisesti melko pieni joten erillisten kierrätysastioiden tilaaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. Kuten aiemmin on mainittu muun muassa kipsilevyjen ja eristeiden suhteen on monien materiaalien kierrätys jo arkipäivää talotehtailla ja isoilla työmailla, mutta yksittäisten pientalotyömaiden materiaalikierrätys on täysin kiinni rakentajan omasta aktiivisuudesta. Tämän lisäksi pientalot sijaitsevat yleensä melko rajallisella tontilla joten yksin tilan puutteen takia useiden kierrätys astioiden tilaaminen on mahdotonta. Tämä pätee erityisesti taajama-alueilla kun taas haja-asutusalueella tilaa yleensä on riittävästi. Valitettavan usein normaali käytäntö pientalotyömailla tänä päivänä onkin, että tontille tilataan yksi irtolava johon kaikki rakennuksella syntyvät jätteet lastataan ja lava tyhjennetään kaatopaikalle.

Tilojen rajallisuus vaikeuttaa myös rakennusmateriaalien tehokasta varastointia. Usein ainoa tapa on varastoida materiaaleja pihalla tilapäisten suojien alla, jotka luonnollisesti eivät anna yhtä hyvää suojaa kuin kiinteät rakenteet, varastoitujen materiaalien pilaantumisriski siis kasvaa. Varastoinnin lisäksi myös materiaalien tehokas siirto varastoalueelta työalueelle saattaa pientalotyömailla tuottaa ongelmia. Tilat ovat ahtaat ja kustannusten vuoksi kaikkia tehokkaimpia siirtotyövälineitä ei useinkaan ole käytössä. Tällöin ainoaksi siirtomahdollisuudeksi jää lihasvoima joka taas kasvattaa materiaalien särkymisriskiä. Siirrot ovat luonnollisesti sitä hankalampia mitä ahtaampi rakennustyömaa on. Näiden syiden vuoksi materiaalityömitusten oikea-aikaisuuden merkitys korostuu myös pientalorakentamisessa.

Rakennusaikaisessa suojauksessa isoissa kohteissa jo yleisesti käytettyjä sääsuoja ei juurikaan pientaloissa näy. Ajatusmallina ehkä se, että pientalo saadaan nopeasti säältä suojaan ja tämän jälkeen mahdollinen kosteus kuivatettua työmaalämmittimiä apuna käyttäen. Nykyaikana rakentaminen on kuitenkin niin nopeatempoista, etteivät esimerkiksi seinät ole kovin pitkään auki sisäpuoleltakaan. Tällöin varsinkin kosteana aikana rakennettaessa vaarana on, että runkorakenteisiin jää kosteutta joka luonnollisesti aiheuttaa ongelmia myöhemmässä vaiheessa. Tästä johtuen sääsuojen käyttö voisi puolustaa paikkaansa myös monissa pientalokohteissa.

Liitteessä 2 on luetteloitu asioita joita pientalorakentajan tulisi huomioida rakennuksen suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Luettelossa on listattu asioita jotka tehostavat materiaalitehokkuutta. Periaatteessa lähes kaikki luettelon kohdat kuuluvat jo sellaisenaan hyvään rakennustapaan, mutta jostain syystä monet asiat jäävät noudattamatta rakennusprojekteissa.

3.6 Rakentamisen materiaalitehokkuuteen liittyvät ongelmat ja esteet

Liitteessä 1 on esitetty Ympäristöministeriön vuonna 2012 teettämän kyselyn perusteella rakennuksen elinkaaren eri vaiheisiin liittyviä materiaalitehokkuuden esteitä ja niiden merkityksellisyyttä.

Suurimpana esteenä koetaan lajittelusta ja kierrätyksestä saatava taloudellinen hyöty. Vastaajat selvästi tuntevat, että kierrätyksestä syntyvä lisätyö ei vastaa siitä saatavaa taloudellista hyötyä. Käytettyjen rakennusmateriaalien kysyntää pidetään heikkona ja hintaa matalana. Lisäksi vielä rakennusjätteiden vastaanottoaikoja on harvassa mikä omalta osaltaan hankaloittaa kierrätystä.

Suurena ongelmana pidetään myös suunnittelu- ja toteutusratkaisuja jotka eivät tue säästävää purkamista. Tämä ongelma tulee esiin siis nimenomaan korjausrakentamispuolella.

Kolmantena isona osa-alueena ovat asenteet ja tiedonpuute. Rakennuttajilla ei välttämättä ole tarpeeksi tietoa erilaisista rakennustarvikkeiden kierrätysmahdollisuuksista. Monesti vielä asenteet ovat esimerkiksi, niin uutta ihannoivia ettei tietoa kierrätysmahdollisuuksista edes yritetä etsiä.

3.6.1 Uudisrakentamisvaihe

Materiaalitehokkuuden edistäminen uudisrakentamisessa tarkoittaa mm. seuraavien tekijöiden huomioimista:

- rakennus suunnitellaan pitkäikäiseksi, helposti ylläpidettäväksi ja korjattavaksi

- rakentamisessa käytetään neitseellisten luonnonvarojen sijaan mahdollisimman paljon kierrätettyjä materiaaleja
- rakennus suunnitellaan toiminnoiltaan, tiloiltaan, järjestelmiltään ja rakennusosiltaan muunneltavaksi
- rakennus suunnitellaan ja toteutetaan elinkaarensa lopussa purettavaksi niin, että rakennusosat ja materiaalit on helposti kierrätettävissä
- työmaa-aikana vältetään materiaalihukkaa ja rakennusjätteen syntymistä
- laadunvarmistuksella ehkäistään rakennusvirheiden syntyminen

Nykyisessä rakennustavassa on näissä asioissa vielä runsaasti parannettavaa. Pitkikäisyyteen ja rakennusvirheiden välttämiseen kiinnitetään jossain määrin huomiota, johtuen ehkä siitä, että niiden vaikutus rakennuskustannuksiin on selkeä. Käytön aikainen muuntojoustavuus, joka mahdollistaisi talon muuntumisen erilaisiin käyttötarkoituksiin tai tekniikan vaihtamiseen, ei nykyisellään juurikaan toteudu uudisrakentamisessa. Muuntojouston tarpeellisuus on kyllä tiedostettu, mutta käytännössä sen toteutumista vaikeuttaa mm. käyttäjälähtöisten työkalujen ja tuotteiden puuttuminen. Lisäksi sillä on jonkin verran vaikutuksia rakennuskustannuksiin, vaikka investointi maksaakin itsensä takaisin käyttöaikana. Tilanne on kuitenkin paranemaan päin mm. käyttöikäsuunnittelun ja suunnittelun tietomallituksen yleistyessä (Peuranen & Hakaste 2014, 15).

3.6.2 Ylläpito- ja korjausvaihe

Rakennuksen käyttö- ja ylläpitovaiheessa asianmukainen ylläpito ja huolto pidentävät rakennusosien ja teknisten järjestelmien ikää ja ehkäisevät kosteus- ja homevaurioiden syntymistä. Kiinteistönpitoa varten on tarjolla useita apuvälineitä kuten käyttö- ja huolto-ohje, kuntoarvio ja kuntotutkimus. Uusien rakennusten osalta on rakentamismääräyskokoelmassa huoltokirja määrätty jo pakolliseksi. Näiden käyttö on kuitenkin vielä melko puutteellista.

Ylläpidon tasosta riippumatta rakennusosat kuluvat käytössä ja tulevat ennemmin tai myöhemmin korjausikään. Rakennuksiin sisältyy myös laatuun ja elintasoon liittyvää parantamistarvetta. Niin kuin aiemmin on mainittu, korjausrakentaminen on noussut eniten rakennus- ja purkujätettä aiheuttavaksi rakentamisen osa-alueeksi. Merkittävä

osa kaatopaikalle päätyvästä purkujätteestä aiheutuu asenteellisista ja tiedollisista puutteista. Käyttökelpoisia toimivia rakennusosia puretaan trendeihin tai puutteellisiin tietoihin perustuen. Vanhan korjaaminen on usein työvaltaisempaa kuin kokonaan uuden rakentaminen. Omat haasteensa liittyvät energiatehokkuuden, kosteus- ja homevaurioiden ehkäisyn ja materiaalitehokkuuden tarpeiden yhteensovittamiseen. Purettujen rakennusosien ja – materiaalien hyödynnettävyydestä ei usein ole tarpeeksi tietoa. Ongelmat esiintyvät varsin erilaisina ammattimaisessa ja suuren mittakaavan kuin omatoimisessa tai pienimuotoisessa korjaamisessa.

Korjaushankkeen materiaalitehokkuuden kannalta avainroolissa on suunnitteluvaihe, jossa pitkälti ratkaistaan materiaalitehokkuuden toteutuminen. Uudisrakentamiseen verrattuna korjaaminen edellyttää perehtymistä korjattavaan rakennukseen, sen ominaispiirteisiin ja kuntoon. Valitettavan usein puutteellisen suunnittelun seurauksena korjaaminen tapahtuu uudisrakentamisen keinoin, mikä johtaa turhaan purkamiseen. Myös arviotieto syntyvistä jätteistä on usein puutteellinen (Peuranen & Hakaste 2014, 17).

4 PILOTTIKOHTTEIDEN TARKASTELU

4.1 Taustaa

Tarkastelun kohteeksi on valittu kolme erityyppistä pientalorakennustyömaata. Uudisrakentamista edustaa talopakettitoimitus ja tontille valmiina tuotava valmistalo tai isoina moduuleina rakennettava talo. Näiden lisäksi tarkastelun kohteena on korjausrakennuskohde. Tarkastellussa korjauskohteessa ei tehty merkittäviä maatöitä joten vertailun helpottamiseksi maajäte on jätetty kaikissa kohteissa tarkastelun ulkopuolelle ja keskitytty ainoastaan rakennusjätteeseen.

4.2 Korjausrakentaminen

Tarkastelun kohteena on alun perin vuonna 1960 rakennettu kaksikerroksinen omakotitalo johon oli tehty lisälajennus vuonna 1983. Talon asuinpinta-ala on 142 m², ja nämä tilat sijaitsevat kahdessa kerroksessa. Kohteessa tehtiin kesän 2014 aikana keskiraskaskorjaus, joka sisälsi seuraavia toimenpiteitä:

- Vanhan peltikaton poisto ja uuden asennus
- Ulkoverhouksessa vanhan kuitusementtilevyn poisto ja uudelleen panelointi
- Ovien ja ikkunoiden vaihto
- WC- ja kylpyhuonetiloissa vanhan laatan poisto ja uuden asennus
- Sisätiloissa seinien eristystä lisättiin määrättyiltä osin
- LVIS-järjestelmien uusiminen
- Kattopaneelien maalaus
- Seinien pinnoitus Gyproc-levyillä ja niiden maalaus
- Lattioiden parketointi

4.2.1 Suunnittelu

Kohteen suunnitteluvaiheessa oli melko hyvin huomioitu vanhojen rakenneosien uusiokäyttöä. Rakennuksen sisäkattojen paneeli ainoastaan maalattiin uudelleen, eikä vaihdettu kokonaan uuteen. Vanhat raput modifioitiin vastaamaan uusia tilaratkaisuja ja uusi huonejärjestys saatiin tehtyä vanhan pohjalle ilman suurempia purkutöitä. Tällaisilla pieniltäkin tuntuvilla asioilla rakennusjätteen määrää saatiin pienennettyä melko paljon.

4.2.2 Logistiikka ja kuljetukset

Tavaroiden kuljetus oli tehty kustannuspainotteisesti, eli kaikki suuremmat tarvikkeet tulivat kahdessa erässä tavarantoimittajan kuorma-autolla ja pienemmät tarvikkeet sitten tarpeen mukaan urakoitsijan pakettiautolla. Tämä johti tilanteeseen jossa osaa rakennustarvikkeista jouduttiin säilyttämään työmaalla pidemmän aikaa ennen käyt-

töön ottoa. Kosteudelle arimmat materiaalit säilytettiin sisätiloissa ja muut sitten ulkona suojapressujen alla. Tämä aiheutti jonkin verran materiaalihävikkiä kosteusvaurioiden sekä tavaroiden ylimääräisestä siirtelystä johtuvien rikkoutumisten seurauksena.

4.2.3 Tilojen muunneltavuus

Korjauskohteessa ei tilojen muunneltavuuteen luonnollisesti enää juurikaan voi vaikuttaa vaan tämä tapahtuu uudiskohteen suunnitteluvaiheessa.

4.2.4 Jättemäärät ja materiaalihukat

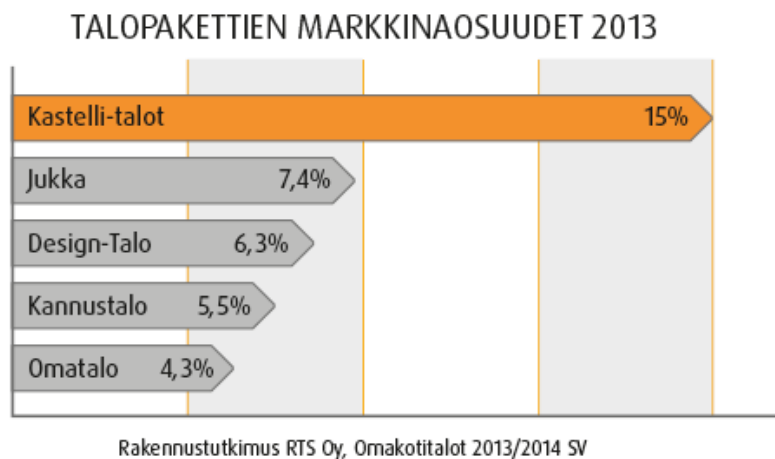
Korjauskohteessa syntyneen jätteen määrää seurattiin työn edetessä ja materiaalihävikkiä vertailtiin muutaman päärakennusaineen osalta laskennallisiin arvoihin. Luonnollisesti luvut eivät ole aivan tarkkoja koska lasketuissa neliöissä saattaa olla puutetta ja työmaalla on saattanut rakentamisen edetessä tulla uusia käyttökohteita mainituille materiaaleille. Jätteen määrää tässä tapauksessa vähensi se, että sisäkatto-paneeli maalattiin, sisäseinät pääasiassa pinnoitettiin vain Gyproc-levyillä.

Tässä korjauskohteessa syntynyt kokonaisjättemäärä oli noin 12,5 tonnia. Tästä määrästä noin 8,5 tonnia oli purkujätettä, josta suurimman osan muodostivat ulkoverhouksen poistetut kuitusementtilevyt, kosteiden tilojen poistettu laatta- ja kivijäte sekä erinäinen sekalainen puujäte.

Loppu 4,5 tonnia on siis suurelta osin uusien rakennusmateriaalien hukkamenekkiä. Luonnollisesti luku sisältää pakkausjätteitä, jonkin verran vielä purkujätettä sekä normaalia rakennustyömaan sekajätettä mutta näiden tarkka jaottelu tässä yhteydessä oli mahdotonta. Muutamia suurempia rakennusmateriaaleja tarkasteltaessa havaitaan kuitenkin, että hukkan määrä on melko iso. Ulkolaudoitukseen käytetyn 28*95 paneelin laskennallinen määrä oli 2250 metriä ja käytännön kulutus oli 2460 metriä. Sisäseinäverhoukseen käytetyn Gyproc GN13 kipsilevyn laskennallinen määrä oli 248 neliömetriä kun toteutunut käyttö oli 277 neliömetriä. Ulkoverhouspaneelia meni siis hukkaan noin 210 metriä ja kipsilevyä 29 neliömetriä.

4.3 Talopaketti

Talopaketin osalta tarkasteluun valittiin Kastelli-talot Oy. Kastelli-talot on 25 vuotta toiminut Suomen suurin talopakettien toimittaja (Kuva 4).



Kuva 4. Talopakettien markkinaosuudet vuonna 2013 (Rakennustutkimus)

Kastelli-talot tarjoaa lukuisia vaihtoehtoja niin omakoti- kuin vapaa-ajan asumiseenkin.

4.3.1 Suunnittelu

Materiaalitehokkuus on Kastelli-taloissa huomioitu prosessin joka vaiheessa, alkaen suunnitteluvaiheesta, jossa periaatteena ovat hyvä suunnittelu ja esivalmisteiset osat.

Suunnitteluvaiheessa huomiota kiinnitetään seuraaviin asioihin:

- rakennesuunnittelussa ja määrälaskennassa huomioidaan riittävä tavara, mutta ei kuitenkaan lasketa tavaraa liikaa varmuuden vuoksi
- Pyritään käyttämään esivalmisteisiä osia esim. kattoristikoiden osat
- käytetään pääasiassa samoja puutavaran kokoja, jolloin puutavara voidaan käyttää useammassa paikassa esim. sisäkatonkoolaus ja ulkoseinän sisäpuolen koolaus 47x47
- Tavara toimitetaan työmaalle oikea aikaisesti, jolloin sitä ei varastoinnilla pilata, eikä tavara makaa turhanpäiten työmaalla
- tavarat pakataan siten, että ”pakkauspaperit” toimivat osittain tavaran suoja-
peitteinä

- ulkoverhouslauta on ympäripontattua, jolloin puutavaran jatkaminen ei tarvitse jatkoskohtaan tukea vaan se voidaan tehdä lentävällä saumalla. näin säästyy myös puutavaraa
- Runkotolppien koloukset on tehty valmiiksi palkkeja varten (Jantunen, henkilökohtainen tiedonanto 24.3.2015).

4.3.2 Logistiikka ja kuljetukset

Logistiikan ja varastoinnin merkitys koetaan suureksi Kastelli-taloilla. Tavaransaapuminen oikea-aikaisesti työmaalle, ennalta ehkäisee suurelta osin materiaalin hävikkiä työmaalla. Tavaransauojaukseen tavaransa toimittajalle on annettu ohjeistuksia ja tavarankuljetuksen hoitavat sopimuskuljetukset, joille on tavaransa purkamiseen tarvittavat laitteet autoissaan ja heille on annettu tavaransa purkamiseen erillinen perehdytys. Tärkeää on, että tavara kulkee työmaille sopimustoimittajien kautta. Jos ketju ei toimi voidaan epäkohtiin puuttua. Aina tavaraa kuljettavassa autossa on purkaukseen tarvittavat laitteet (Jantunen, henkilökohtainen tiedonanto 24.3.2015).

4.3.3 Tilojen muunneltavuus

Yleisesti ottaen Kastellin taloissa ulkoseinät ovat kantavia, joten aukkojen ja seinien purkaminen jälkeenpäin onnistuu. Jos tilan käyttötarkoitus muuttuu, joudutaan muuttamaan esim. ilmanvaihtoa (tai lisäämään) saattaa siitä tulla lisätyötä, mutta käytännössä tämäkin onnistuu (Jantunen, henkilökohtainen tiedonanto 24.3.2015). Koneet ja laitteet on kuitenkin tänä päivänä mitoitettu siten, että tehot riittävät vaikka toiminta-alue hieman kasvaisikin. Aukkojen suurentaminen tai lisääminen ulkoseiniin onnistuu sillä talosta on olemassa runkokuvat, joissa runkotolppien paikat on esitetty.

4.3.4 Jättemäärät ja materiaalihukat

Ongelmana nähdään se, että asiakas/ ei hanki riittävästi astioita jätteille. Jos rakentaja on hankkinut jätelavan, niin Kastellin toimituksissa sääntönä on että, asennuksen aikana syntyvät jätteet lajitellaan niille kuuluville paikoille. Jos jätelavaa tai muita-

kaan jätteistä ei ole jätteen kasataan sellaiseen paikkaan, jossa ne eivät ole tiellä. Puujäte yleisesti kierrätetään työmaalla, lähinnä polttopuuna. Eniten jätelajeista syntyy energijätettä ja ongelmallisimpana nähdään kipsilevyt ja niistä aiheutuva jäte (Jantunen, henkilökohtainen tiedonanto 24.3.2015).

Tarkka suunnitteluvaiheen määrälaskenta vähentää oleellisesti myös kierrätysmateriaalin määrää. Kierrätystä tapahtuu käytännössä vain silloin, jos jotakin tavaraa on selkeästi tullut liian paljon. Yleisesti kyse on joistakin erikoispalkeista, kiinnikkeistä, tiivisteistä ja esim. ulkoverhouksesta. Kastellin muuttovalmis- ja viittä-vaille-valmis työmailla käytetään samoja työmaa-aikaisia ulko-ovia, lämmittimiä, työmaavalais- tusta, puhaltimia. Kun sisustus on valittu vakiomallistosta, voidaan materiaalimenekki hyödyntää parhaiten.

Tarkka suunnittelu, määrälaskenta ja standardimittojen hyödyntäminen vähentävät merkittävästi materiaalihukan määrää. Jätteen kokonaismäärä riippuu kuitenkin rakennuttajasta eli kuinka aktiivisesti rakennuttaja jätteet lajittelee. Tehokkaalla lajitte- lulla normaalikohteen sekajättemäärä jää noin 2 – 3 tonniin. Jos taas kaikki jäte laite- taan ilman lajittelua sekajätteeseen, niin luonnollisesti syntyvän jätteen määrä on melko lähellä aiemmin mainittua korjausrakentamiskohteen uudisjättemäärää (Jantu- nen, henkilökohtainen tiedonanto 24.3.2015).

4.3.5 Hiilijalanjälki

Liitteessä 2 on viitteellisesti laskettu Kastelli-talojen mallin Economy 137/156 ai- heuttama hiilijalanjälki. Hiilijalanjälki on suhteessa melko pieni kuten liitteessä tehty vertailu henkilöauton käyttöön osoittaa. Pientalolle saatu hiilijalanjälki vastaa vain seitsemän henkilön keskimääräisesti vuodessa henkilöautolla aiheuttamia hiilidioksi- dipäästöjä.

Selkeä syy tähän on Suomessa suosittu puurakentaminen ja puupohjaisten materiaa- lien käyttö. Laskennasta näemme, että puu ei kasvata hiilijalanjälkeä, vaan pienentää sitä. Tämä johtuu siitä, että puuhun sitoutunut hiilidioksidi on määrältään huomatta- vasti suurempi kun siitä aiheutuvat päästöt.

Suurimmat päästöjen aiheuttajat on myös helppo nimetä laskennan perusteella. Betoni, rauta- ja terästuotteet sekä eristeet, tuottavat suurimman osan päästöistä. Kaikki luetellut materiaalit ovat keskeisessä osassa rakentamisessa, ja niiden täydellinen korvaaminen on erittäin hankalaa ja jossain tapauksissa taloudellisesti kannattamatonta. Pienillä valinnoilla voidaan kuitenkin hiilijalanjälkeä vielä merkittävästi pienentää. Normaalin betonin sijasta voi käyttää esimerkiksi työssä aiemmin esiteltyä Ruduksen vihreää betonia ja eristeeksi voi valita puupohjaisia ratkaisuja missä se vain on käyttöolosuhteiden osalta mahdollista.

4.4 Moduulirakentaminen

Moduuli- eli tilaelementtirakentaminen on rakentamisen muoto jossa rakennuksen osat tai jopa koko rakennus rakennetaan valmiiksi tehdastiloissa ja vasta tämän jälkeen kuljetetaan tontille. Suomessa perinteistä moduulirakentamista suorittaa esimerkiksi Domi-talot. Moduulirakentamisessa pisimmälle on Suomessa mennyt Teijo-talot, joka valmistaa rakennukset käytännössä valmiiksi tehdastiloissa. Teijo-Talot valmistivat aluksi vain pienrakennuksia, jotka toteutettiin patentoidun nostomenetelmän mahdollistamana perustuksineen valmiiksi tehtaalla. Nykyään valmistalokonsepti on kasvanut pienrakennusten tuottamisesta talotehdasverkostoksi, joka pystyy rakentamaan isojakin taloja valmiiksi tehtaalla. Ratkaisuna on se, että talo tuodaan useammassa osassa asiakkaan tontille, jossa osat vain kytketään yhteen. Näin toteutettuna Teijo-Talot voivat olla pinta-alaltaan jopa useiden satojen neliömetrien suuruisia. Yhdessä osassa toimitettavat talot ovat yksikerroksina enimmillään runsaan 80 m² suuruisia kaksikerroksisina ainakin 130 m²:n suuruisia. Teijo-Talo voidaan tarvittaessa myöhemmin siirtää sellaisenaan perustuksineen johonkin uuteen paikkaan. Tämä mahdollisuus lisää investoinnin turvallisuutta ja monikäyttöisyyttä (Teijo-Talojen www-sivut 2014).

4.4.1 Suunnittelu

Tilamoduuliratkaisun suunnitteluvaiheessa voidaan tehokkaasti tehostaa materiaalin käyttöä monistamalla rakenneratkaisuja sekä hyödyntämällä rakennusmateriaaleja useammassa moduuleissa.

4.4.2 Logistiikka ja kuljetukset

Moduulien kuljetus tontille tapahtuu yhtenä eränä. Tämä on huomattavasti ekologisempaa ja taloudellisempaa verrattuna perinteiseen toimintamalliin jossa rakennustarvikkeita kuljetetaan työmaalle kymmenillä isommilla ja pienemmillä kuljetuksilla kuukausien ajan. Tältä pohjalta myös työmaan logistiikka on helposti hallittavissa, koska ylimääräisiä materiaali-eriä ei tarvitse tontilla suurissa määrin säilyttää.

4.4.3 Tilojen muunneltavuus

Tilojen muunneltavuus ei käytännössä eroa talon valmistustavan perusteella vaan se riippuu suoraan siitä miten muunneltavuus on suunnitteluvaiheessa otettu huomioon.

4.4.4 Jättemäärät ja materiaalihukat

Materiaalihukka jää moduulirakentamisessa selvästi pienemmäksi verrattuna tontilla rakentamiseen. Moduulit kasataan lämpimissä sisätiloissa jolloin rakennusaikainen materiaalihukka saadaan optimoitua minimaaliseksi. Lisäksi rakennusaikainen kosteus on yksi tärkeimmistä riskitekijöistä mitä rakennuspaikalla pitää ottaa huomioon. Kosteus aiheuttaa rakennusmateriaalien pilaantumista ja rakenteisiin jäädessään saattaa myöhemmin synnyttää homevaurioita. Moduulitaloissa kosteusriski on mahdollisimman pieni johtuen rakentamistavasta ja vähäisestä työmaa-ajasta tontilla. Rakentamisaika on toteutustavasta riippuen muutamia viikkoja eikä talo ole kuin muutamman päivän sään armoilla.

5 YHTEENVETO

Pientalojen materiaalihokkuutta käsiteltäessä, esiin nousee selkeästi kaksi toisistaan poikkeavaa rakentamismuotoa: uudisrakentaminen ja korjausrakentaminen.

Uudisrakennuksen suunnittelu ja toteutus vaikuttavat koko rakennuksen elinkaaren ajan syntyvän jätteen määrään. Uudisrakennukset olisi tarkoituksenmukaista tehdä helposti muunneltaviksi, huollettaviksi ja ylläpidettäviksi, tällöin niiden käyttöikä pitenee ja turha purkaminen vähenee. Myös purettavuuden huomioiminen uudisrakentamisen yhteydessä on perusteltua, etenkin sellaisten rakennusten yhteydessä, joiden käyttöikä tiedetään lyhyeksi.

Materiaalikiertojen edistäminen niin, että mahdollisimman suuri osa rakennus- ja purkujätteestä kulkeutuu materiaalikierrätykseen, on materiaalitehokkuuden kannalta oleellinen tekijä. Tietomallinnuksen hyödyntäminen uudisrakentamisessa parantaa oleellisesti edellytyksiä rakennuksen koko elinkaaren aikaiseen materiaalitaseen hallintaan.

Uudisrakentamisen elinkaarijoustavuutta ja materiaalitehokkuutta olisi mahdollista parantaa mm. seuraavin keinoin:

- edistämällä tilojen, rakenteiden ja järjestelmien muuntojoustavuutta, rakennusten monikäyttöisyyttä sekä purettavuutta tukevien välineiden käyttöönottoa.
- korostamalla kierrätysmateriaalien merkitystä uudisrakentamisen elinkaariarvioinnissa ja edistämällä arviointimenetelmien käyttöä ylläpidossa ja huollossa.
- edistämällä tietomallien laadintaa ja toteutumamallin käyttöä rakennusten ylläpidossa ja huollossa (Peuranen & Hakaste 2014, 22).

Tänä päivänä valtaosa, lähes 60 % rakennus- ja purkujätteistä syntyy korjausrakentamisessa. Merkittävä osa kaatopaikalle päätyvästä jätteestä voitaisiin ehkäistä lisäämällä käytännönläheistä tietoa jätteen synnystä, materiaalien hyödyntämisestä, lajittelusta ja kierrätettävyydestä sekä kierrätysmateriaalien vastaanottajista. Oleellisessa roolissa rakennushankkeessa on suunnitteluvaihe, jossa pitkälti luodaan materiaalitehokkuuden edellytykset. Korjausrakentamisen osalta suunnitteluvaiheessa on parannettavaa, sillä usein korjausrakentaminen suunnitellaan uudisrakentamisen tavoin. Tällöin monet uusiokäyttömahdollisuudet jäävät huomioimatta ja sekajätteen määrä kasvaa suureksi. Erityisesti pientalorakentajien kohdalla tarvitaan myös taloudellista motivointia ja asennekasvatusta. Tällä hetkellä jätteiden lajittelu, kierrätys ja materi-

aalien uusiokäyttö on lähes kokonaan rakennuttajan oman aktiivisuuden varassa. Lajittelu saatetaan mieltää aikaa vieväksi hyödyttömäksi puuhaksi.

Työssä esitetyt kolme erillistä rakennustapaa eivät kaikilta osiltaan ole aivan suoraan vertailukelpoisia, mutta näistä tulee kyllä selkeästi esille korjausrakentamisen ongelmallisuus materiaalitehokkuuden kannalta verrattuna uudisrakentamiskohteisiin. On selvää, että korjausrakentamisessa joudutaan painimaan ratkaisujen kanssa jotka on tehty mahdollisesti kymmeniä vuosia sitten. Tällöin on aivan selvää, että aivan samanlaiseen materiaalitehokkuuteen ei päästä kuin uudiskohteessa jossa materiaalitehokkuuden kaikki osa-alueet voidaan huomioida täysvaltaisesti jo suunnitteluvaiheessa. Kuten esimerkistäkin selviää, niin paljon on kuitenkin vielä parannettavissa melko pienilläkin joka päiväisillä käytännöillä ja valinnoilla.

Työssä suoritettu hiilijalanjäljen esimerkkilaskenta paljastaa selvästi myös materiaalivalintojen vaikutuksen koko rakennuksen elinkaaren aikaiseen ekologisuteen. Määrätyt materiaalit kuten betoni, erityisesti muovipohjaiset eristeet ja teräs ovat runsaasti luonnonvaroja kuluttavia ja pienillä valinnoilla voi tältäkin osin rakennuksen kokonaisekologisuutta lisätä.

LÄHTEET

- Euroopan Unionin jätedirektiivi. 2015. [Viitattu 1.2.3] <http://eur-lex.europa.eu>
- Eko-Expert Oy:n www-sivut. 2015. [Viitattu 2.2.2] <http://www.eko-expert.com>
- Gyproc Oy:n www-sivut. 2015. [Viitattu 2.2.1] <http://www.gyproc.fi>
- Heino, E & Sundman, P. 1995. Ekotalon rakennusaineet. Helsinki. Rakennusalan kustantajat RAK [Viitattu 3.4]
- Heino, E. 2002. Ekotehokkuus rakennusalalla. Helsinki. Suomen luonnonsuojeluliitto. [Viitattu 3.4]
- Huhtinen, K., Lilja, R., Sokka, L., Salmenperä, H. & Runsten, S. 2007. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016, taustaraportti. Helsinki: Suomen ympäristökeskus 16/2007. [Viitattu 2.1] <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38407>
- Huuhka, S. 2010. Kierrätys arkkitehtuurissa. Verkkodokumentti. Tampereen yliopisto. <http://www.tut.fi/ark/tiedostot/pdfs/D-huuhka.pdf> [Viitattu 3.4]
- Häkkinen, E, Merilehto, K, Salmenperä, H. 2014. Valtakunnallisen jätesuunnitelman seurannan 2. väliraportti. Ympäristöministeriö [Viitattu 2.1]
- Iltasanomien WWW-sivut. [Viitattu Liite 3] <http://www.iltasanomat.fi/>
- Jantunen, M. 2015. Kastelli-talot Oy. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto 24.3.2015
- Jätelaki 2011 L 646/2011. [Viitattu 1.2.2]
- Jätetilasto 2012. 2013. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu 2.1, 2.2] http://www.stat.fi/til/jate/2012/jate_2012_2013-11-26_fi.pdf
- Koch, W. Study: Green homes sell for 9% more in California. USA Today 19.7 2012. [Viitattu 2.1] <http://content.usatoday.com/communities/greenhouse/post/2012/07/study-green-homes-sell-for-9-more-in-california/1#.VOQ7ucg8KP9>
- Kojo, R. & Lilja, R. 2011. Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen. Helsinki: Ympäristöministeriön raportteja 21/2011 <http://www.ym.fi/download/noname/%7BF23DDA2A-1E58-4771-ACA8-90D06AB4FBE6%7D/32103>
- Lappalainen, M. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja. Helsinki. Rakennustieto Oy [Viitattu 3.4]
- Maankäyttö- ja rakennuslaki L 132/1999. [Viitattu 1.2.1]
- Motivan www-sivut. 2015. [Viitattu 1.1] <http://www.motiva.fi/>

- Metsäteollisuuden WWW-sivut. 2015.[Viitattu 2.2]
<http://www.metsateollisuus.fi/mediabank/5097.pdf>
- Mölsä, S. 2014. Sääsuoja on tarpeellinen puutalolle, mutta olisi turha lisäkustannus betonitalolle. Rakennuslehti 26.11.2014. <http://www.rakennuslehti.fi>
- Oijala, M. 1998. Rakennusaineet, ekologinen käsikirja. Helsinki. Rakennusalan kustantajat RAK. [Viitattu 3.4]
- Phys.org verkkosivut. 2015. [Viitattu 3.4.2] <http://phys.org/news/2012-04-solar-thermal-cement-carbon-dioxide.html>
- Pientaloteollisuuden www-sivut. 2015. [Viitattu 1.1]
<http://www.pientaloteollisuus.fi/>
- Perälä, Anna-Leena. Nippala, Eero. 1998. Rakentamisen jätteet ja niiden hyötykäyttö. VTT tiedotteita 1936. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus [Viitattu 2.1]
- Peuranen, E, Hakaste, H. 2014. Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma, Ramate-työryhmän loppuraportti 17/2014. . [Viitattu 2.1]
<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135172>
- Päijät-Hämeen jätehuollon www-sivut. 2015. [Viitattu 2.1]
<http://www.phj.fi/yhtio/kehityshankkeet/kihu-kipsi-ja-kattohuopajatteiden-kerayskierratykseen>
- Rakennusteollisuuden www-sivut. 2015. [Viitattu 1.1]
<https://www.rakennusteollisuus.fi/>
- Ratu 1191-S. Rakennustyön materiaalilisät ja – hukat. 2000. Rakennustieto Oy. [Viitattu 3.1, 3.2, 3.3]
- RIL 216-2013. Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. 2013. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. [Viitattu 3.2]
- Ripatti H. 2014. Opinnäytetyö. Pienkerrostalon hiilijalanjäljen laskenta. Satakunnan ammattikorkeakoulu 2014. [Viitattu Liite 3]
- RT YM1-21536. Valtioneuvoston asetus jätteistä 2012. Helsinki. Rakennustieto. [Viitattu 1.2.2]
- RT 03-10525. Rakennusten ja rakennusosien mittajärjestely 1993. Helsinki. Rakennustieto. [Viitattu 1.3]
- Ruduksen www-sivut. 2015. [Viitattu 1.3, 3.4.2] <http://www.rudus.fi>
- Siikanen, U. 2001. Rakennusaineoppi. Helsinki. Rakennustieto Oy. [Viitattu 3.4]
- Suomalaisen kiven www-sivut. 2015. [Viitattu 2.1] <http://www.suomalainenkivi.fi/>
- Teijo-Talojen www-sivut. 2015. [Viitattu 4.4] <http://www.teijo-talot.fi/default/www/fi/etusivu/tervetuloa/>

Tilastokeskuksen www-sivut. 2015. [Viitattu 2.1] <http://www.tilastokeskus.fi/>

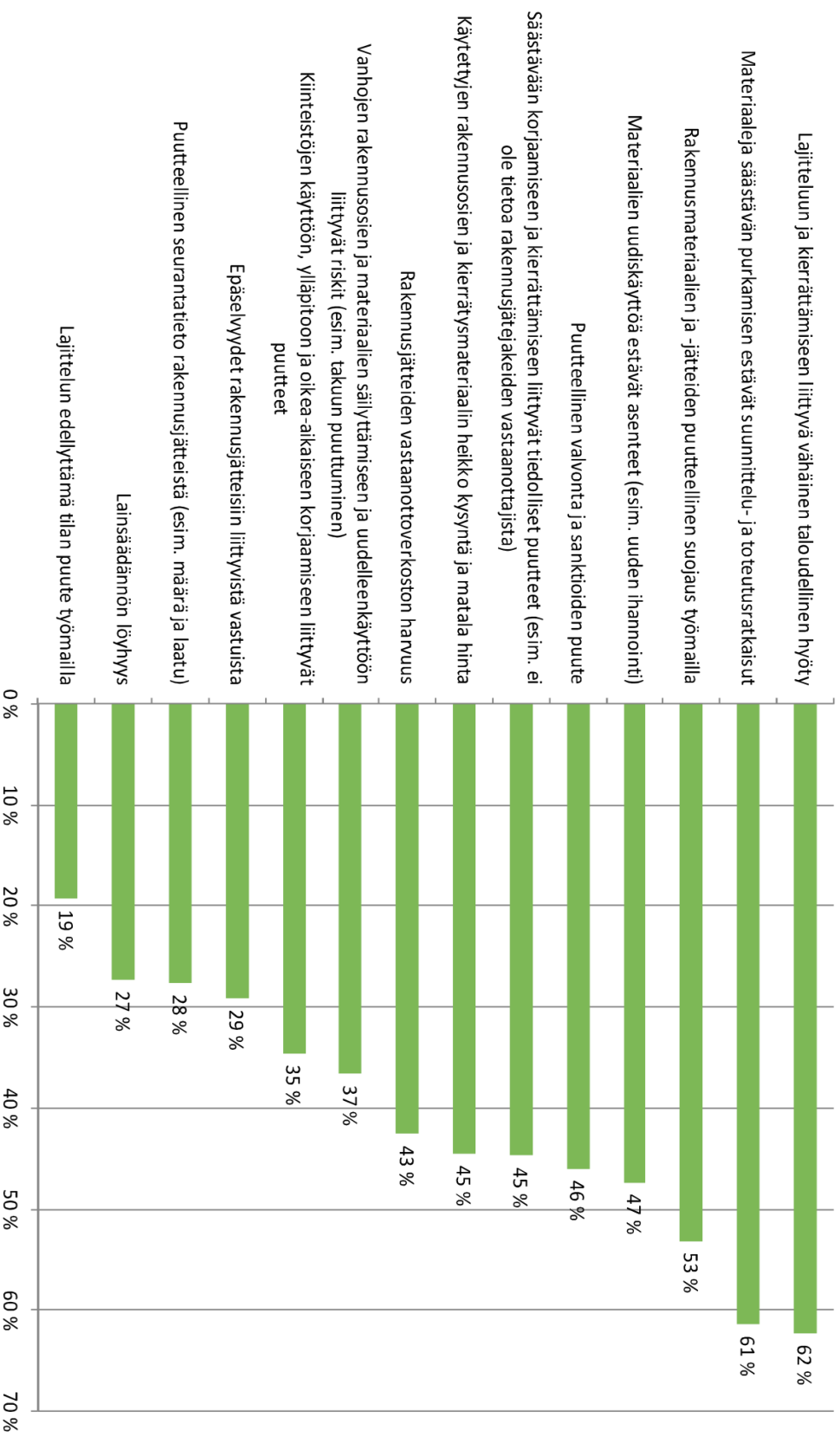
Tullin WWW-sivut. 2015. [Viitattu Liite 2] <http://www.tulli.fi/fi/>

Rautkoski, H. Rakennusjätepuusta kuiduttamalla raaka-ainetta. Uusiouutiset 2/2015. [Viitattu 2.2] <http://www.uusiouutiset.fi/UU215kuidutus.pdf>

Valtakunnallisen jätesuunnitelman seuranta, 2. väliraportti. 2014. Helsinki: Ympäristöministeriön raportteja 6/2014 [Viitattu 2.1] [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Raportteja_RA/YMra_62014_Valtakunnallisen_jatesuunnite\(28508\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Raportteja_RA/YMra_62014_Valtakunnallisen_jatesuunnite(28508))

Ympäristöhallinnon www-sivut. 2015. [Viitattu 3.2] <http://www.ymparisto.fi>

LIITE 1



Kartoita tarve

- paljonko tilaa tarvitaan
- tilat tehokkaaseen käyttöön
- tilojen muutosmahdollisuus, tilat joustavat eri tarkoituksiin ja elämäntilanteisiin
- suunnittele myös tontin käyttötarkoitus, välttääksesi turhaa maajätteen syntyä

Ajoitus

- tilaa tarvikkeet niin, etteivät ne seiso turhaan työmaalla

Siirrot

- sijoita käyttöä odottavat materiaalit niin, että ne on mahdollisimman helppo toimittaa työkohteeseen

Suojaus

- suojaa käyttöä odottavat materiaalit huolellisesti, välittömästi kun ne ovat työmaalle saapuneet
- huolehdi myös asennettujen materiaalien suojauksesta

Siisteys

- rakennustyömaan siisteys vaikuttaa suoraan vaurioituvien materiaalien määrään sekä myös työturvallisuuteen

Vähennä materiaalimenekkiä

- minimoi hukan määrä, huomioimalla moduulimitat
- tilaa tavara määrämittäisenä

Vähemmän jätettä

- lajittele jätteet mahdollisuuksien mukaan, mahdollisimman vähän sekajätettä
- käytä materiaaleja uudestaan ja kierrätä

Huolellisuus

- panosta työnaikaiseen valvontaan
- tutustu ohjeisiin ja noudata niitä, ei ole tehokasta tehdä asioita moneneen kertaan
- hyvä rakennus tehdään samalla vaivalla kuin huonokin

Pientalon hiilijalanjäljen laskeminen

Seuraavassa on esimerkin omaisesti laskettu pientalon hiilijalanjälki. Laskenta perustuu suunnittelu- ja rakennusvaiheen materiaalivalintoihin eikä ota kantaa esimerkiksi rakennuksen elinkaaren aikaisiin vaiheisiin kuten käyttö, ylläpito, korjaus ja käyttöenergia. Laskenta on suuntaa antava esimerkki ja siinä on huomioitu ainoastaan määrällisesti merkittävimmät materiaalit ja esimerkiksi pientarvikkeet, pintamateriaalit ja talotekniikan vaatimat materiaalit on laskelmassa jätetty huomioimatta niiden pienen vaikutuksen vuoksi. Laskenta perustuu Kastelli-talojen Economy 137/156 malliin jonka pohjakuva on alla.



Laskennassa tarvittavat lähtötiedot

- Käytetyt materiaalit
- Materiaalin määrä (korkeus, pituus, leveys, kpl)
- Materiaalin tiheys (kg/m^3)
- Yhteenlaskettu tilavuus (m^3)
- Paino (kg)
- Kasvihuonepäästöt ($\text{g CO}_2\text{-ekv/kg}$, $\text{kg CO}_2\text{-ekv/m}^3$)
- Hiilidioksidivarasto ($\text{g CO}_2\text{-ekv/kg}$, $\text{kg CO}_2\text{-ekv/m}^3$)

Laskennan eteneminen

- 1.) Laskenta aloitetaan suorittamalla kohteelle määrälaskenta, eli lasketaan jokaisen materiaalin tilavuus. Kunkin materiaalin tilavuus lasketaan:

$$\text{Tilavuus} = \text{Korkeus} * \text{Pituus} * \text{Leveys}$$

Jos kyseessä on kappaletavara kokonaistilavuus, saadaan kertomalla yhden kappaleen tilavuus kappalemäärällä.

Esimerkiksi puisen pystyrungon tilavuuden laskenta:

- Pystyrunkojen määrä 82 kpl
- Korkeus 0,2 m
- Pituus 3,0 m
- Leveys 0,05 m

$$\text{Tilavuus} = (0,2\text{m} * 3,0\text{m} * 0,05\text{m}) * 82 = 2,46\text{m}^3$$

- 2.) Lasketaan kunkin käytetyn materiaalin kokonaispaino:

$$\text{Massa} = \text{Tilavuus} * \text{Materiaalin tiheys}$$

Edellä esitellyn pystyrungon kokonaispaino:

- Tilavuus 2,46 m³
- Puun tiheys 350 kg/m³

$$\text{Massa} = 2,46\text{m}^3 * 350\text{kg/m}^3 = 861\text{kg}$$

- 3.) Lasketaan kunkin rakenteen CO₂-päästöt. Esimerkki laskennassa betonin päästöjen laskemisessa käytettiin valmistajan ilmoittamaa yksikköä (kg CO₂-ekv/m³), joka poikkeaa muiden materiaalien laskentatavasta ja yksiköstä. Näin ollen betonin CO₂-päästöt laskettiin kaavalla:

$$\text{Materiaalin kokonaispäästöt CO}_2 = \text{Tilavuus} * \text{Materiaalin kasvihuonepäästöt}$$

Esimerkkinä anturassa käytetyn betonin kokonaispäästöt:

- Betonin tilavuus 13,3 m³
- Betonin kasvihuonepäästöt 196,6 kg CO₂-ekv/m³

$$\text{Betonin CO}_2\text{-päästöt} = 13,3\text{m}^3 * 196,6 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/m}^3 = 2615 \text{ kg CO}_2\text{-ekv}$$

Muilla materiaaleilla CO₂-päästöt laskettiin kaavalla:

$$\text{Materiaalin kokonaispäästöt CO}_2 = \text{Materiaalin paino} * \left(\frac{\text{CO}_2 \text{ päästöt}}{1000} \right)$$

Pystyrungolla siis:

- Pystyrungon paino 861 kg
- Puun CO₂-päästöt 70,0 g CO₂-ekv/kg

$$\text{Pystyrungon CO}_2\text{-päästöt} = 861\text{kg} * \left(\frac{70,0 \text{ g CO}_2\text{-ekv/kg}}{1000} \right) = 60,3 \text{ kg CO}_2\text{-ekv}$$

- 4.) Määrätyt materiaalit (puupohjaiset) ovat elinkaarensa aikana sitoneet hiilidioksidia joten tämä täytyy ottaa laskennassa huomioon:

$$\text{Materiaalin varastoima CO}_2 = \text{Materiaalin paino} * \left(\frac{\text{CO}_2 \text{ varasto}}{1000} \right)$$

Puisella pystyrungolla:

- Pystyrungon paino 861 kg
- Puun varastoima CO₂ 1600,0 g CO₂-ekv/kg

$$\text{Pystyrungon varastoima CO}_2 = 861\text{kg} * \left(\frac{1600,0 \text{ g CO}_2\text{-ekv/kg}}{1000} \right) = 1377,6 \text{ kg CO}_2\text{-ekv}$$

- 5.) Materiaalin hiilijalanjälki saadaan laskettua kun päästöistä vähennetään sitoutunut hiilidioksidi:

$$\text{Hiilijalanjälki} = \text{Materiaalin kokonaispäästöt CO}_2 - \text{Materiaalin varastoima CO}_2$$

Pystyrungon kokonaishiilijalanjälki:

- Rungon kokonaispäästöt 60,3 kg CO₂-ekv
- Rungon varastoima CO₂ 1377,6 kg CO₂-ekv

Pystyrungon kokonaispäästöt=

$$60,3 \text{ kg CO}_2\text{-ekv} - 1377,6 \text{ kg CO}_2\text{-ekv} = -1317,3 \text{ kg CO}_2\text{-ekv}$$

LIITE 3

Laskuesimerkistä näemme, että puu ei kasvata hiilijalanjälkeä, vaan pienentää sitä. Tämä johtuu siitä, että puuhun sitoutunut hiilidioksidi on määrältään huomattavasti suurempi kun siitä aiheutuvat päästöt

6.) Rakennuksen hiilijalanjälki saadaan laskemalla yhteen kaikkien käytettyjen rakennusmateriaalien kokonais- eli nettopäästöt.

	Määrä (kpl)	Korkeus (m)	Pituus (m)	Leveys (m)	Materiaalin tiheys (kg/m ³)	Tilavuus (m ³)	Paino (kg)	Kasvihuonepäästöt (kg CO ₂ -ekv/m ³)	Hiilidioksidin varasto (kg CO ₂ -ekv/m ³)	Rakenteen päästöt CO ₂ (kg CO ₂ -ekv)	Rakenteen varastoima CO ₂ (kg CO ₂ -ekv)	Nettopäästöt (kg CO ₂ -ekv)
Perustukset:	-											
Betoni	1,0	0,300	63,50	0,70	2310,0	13,3	30803,9	196,6		2621,7		2621,7
Rauditus	1,0	0,010	150,00	0,01	7850,0	0,0	117,8	440,0		51,8		51,8
Valuharkot	800,0	0,200	0,60	0,25	2310,0	24,0	55440,0	196,6		4718,4		4718,4
Routaeristys	1,0	0,100	17,00	12,00	38,0	20,4	775,2	3600,0		2790,7		2790,7
Runko:	-											
Pystyrunko	82,0	0,200	3,00	0,05	350,0	2,5	861,0	70,0	1600,0	60,3	1377,6	-1317,3
Juoksut	2,0	0,200	63,50	0,05	350,0	1,3	444,5	70,0	1600,0	31,1	711,2	-680,1
Kattoristikot	16,0	0,100	20,00	0,20	440,0	6,4	2816,0	330,0	1600,0	929,3	4505,6	-3576,3
Tuulensuoja	1,0	3,000	50,00	0,01	230,0	1,8	414,0	390,0		161,5		161,5
Koolaus	1,0	0,050	470,00	0,05	350,0	1,2	411,3	70,0	1600,0	28,8	658,0	-629,2
Ulkooverhous:	-											
Paneeli	1,0	3,00	50,00	0,03	350,0	4,2	1470,0	110,0	1600,0	161,7	2352,0	-2190,3
Alapohja:	-											
Eriste	1,0	0,200	14,40	9,90	38,0	28,5	1083,5	3600,0		3900,4		3900,4
Betoni	1,0	0,100	14,40	9,90	2310,0	14,3	32931,4	196,6		2802,7		2802,7
Eristys:	-											
Seinät	1,0	0,250	3,00	43,00	20,0	32,3	645,0	800,0		516,0		516,0
Katto	1,0	0,400	14,40	9,90	32,0	57,0	1824,8	180,0	800,0	328,5	1459,8	-1131,4
Väliseinät:	-											
Runko	30,0	0,100	3,00	0,05	350,0	0,5	157,5	70,0	1600,0	11,0	252,0	-241,0

Eristys	1,0	0,100	3,00	18,00	20,0	5,4	108,0	800,0		86,4		86,4
Seinien pintam:	-											
Kipsilevy	1,0	0,014	3,00	74,00	650,0	3,1	2020,2	390,0		787,9		787,9
Sisäkaton pinta-												
tam:	-											
MDF- paneeli	1,0	0,014	14,40	9,90	780,0	2,0	1556,8	270,0	1600,0	420,3	2490,8	-2070,5
Vesikatto:	-											
Teräs	1,0	0,005	16,00	14,00	7850,0	1,1	8792,0	1070,0		9407,4		9407,4
Ikkunat, ovet:	-											
Ikkunat	9,0	0,006	1,60	1,50	2500,0	0,1	324,0	660,0		213,8		213,8
Ulko-ovet	3,0	2,10	0,10	1,00	350,0	0,6	220,5	70,0	1600,0	15,4	352,8	-337,4
Sisäovet	10,0	2,10	0,05	0,80	350,0	0,8	294,0	70,0	1600,0	20,6	470,4	-449,8
KOKONAIS												
PÄÄSTÖT												15435,5

Esimerkkilaskennassa puurunkoisen omakotitalon hiilijalanjäljeksi saatiin 15436 kg CO₂-ekv. Tätä voidaan havainnollistaa vertaamalla sitä esimerkiksi henkilöauton aiheuttamiin päästöihin.

Suomalaisen keskimääräinen ajomatka henkilö autolla on noin 18800 kilometriä vuodessa. (tullin www-sivut 2015). Vuonna 2014 Suomen rekisteröidyin auto oli Vw Golf. Kyseisellä automallilla on monta eri moottorivaihtoehtoa, jotka luonnollisesti vaikuttavat hiilidioksidipäästöjen määrään. Keskimääräisenä arvona voidaan käyttää 120g CO₂ / km yhdistetyssä ajossa (VW www-sivut 2015).

Keskimääräinen ajomatka henkilöä kohti vuodessa:

$$18800 \frac{\text{km}}{\text{hlö}}$$

Ajosta aiheutuvat päästöt vuoden aikana:

$$18800 \frac{\text{km}}{\text{hlö}} * 120 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{km}} = 2256 \frac{\text{kg CO}_2\text{-ekv}}{\text{hlö}}$$

Pientalon hiilijalanjäljen suhteellinen vertaus esimerkki-auton vuotuisiin päästöihin kestävästi ajomäärällä:

$$\frac{15436 \text{ kg CO}_2\text{-ekv}}{2256 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/hlö}} = 6,8 \text{ hlö}$$

Keskimääräisesti siis omakotitalon hiilijalanjälki vastaa noin 7 suomalaisen vuotuisia ajokilometrejä vuoden 2014 rekisteröidyllä henkilöautolla.