

Mira Oinaskallio

Rakennustuotannossa syntyvän materiaalihävikin minimointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri AMK
Rakennustekniikka
Insinöörityö
25.3.2012

Tekijä(t) Otsikko	Mira Oinaskallio Rakennustuotannossa syntyvän materiaalihävikin minimointi
Sivumäärä Aika	44 sivua + 0 liitettä 25.3.2012
Tutkinto	Insinööri AMK
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennustuotantotekniikka
Ohjaaja(t)	Sustainability Manager, Kaisa Kekki, Skanska Talonrakennus Oy Tuntiopettaja, Olli Metsäranta, Metropolia AMK
<p>Tämä insinööryö tehtiin Skanska Talonrakennus Oy:lle. Työssä selvitettiin rakennustuotannossa syntyvän materiaalihävikin todellisia kustannuksia tuotannon näkökulmasta sekä pohdittiin keinoja materiaalihävikin muodostumisen ehkäisemiseksi. Tutkimuskohteina olivat rakennustyömaan eri jätejakeet ja -määrät. Työssä perehdyttiin uuteen jätelakiin, Skanskan sisäisiin tietojärjestelmiin sekä aiheen kirjallisuuteen. Tutkimus suoritettiin haastatteluita ja kenttätutkimuksia tekemällä sekä jätehuoltoyhtiön antamien raporttien perusteella.</p> <p>Skanska on seurannut vuodesta 1997 lähtien tuotannossa syntyvän jätteen määriä. Skanskan tavoitteena on, että työmailla syntyy mahdollisimman vähän jätettä ja se lajitellaan tehokkaasti. Tiedossa on, että rakentamisessa syntyvän jätteen hinta on suuri, mutta siitä, kuinka kallista jäte todella on, ei ole tutkittua tietoa. Työn taustana toimi Isossa-Britanniassa tehty tutkimus, jossa arvioitiin heidän jätekustannustensa jakautumista.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kustannusjakautumia betoni-, energia-, kipsi-, metalli-, rakennus- ja puujätteiden osalta. Kustannuksissa verrattiin eri jätejakeiden kalusto-, käsittely- ja työvoimakustannuksia sekä materiaalihävikistä syntyviä kustannuksia. Hävikkimateriaalista aiheutuneet kustannukset olivat ylivoimaisesti suurin jätekustannusten aiheuttaja. Eri rakennusmateriaalien jätehuoltokustannusten pienentämiskeinot vaihtelevat materiaalilajeittain hyvin paljon, joten niistä oli vaikeaa löytää vain yhtä yhdistävää tekijää. Kustannustehokkainta olisi käsitellä jokainen materiaali erikseen.</p>	
Avainsanat	materiaalihävikki, jätteenkäsittely, rakennustuotanto, materiaali-tehokkuus

Author(s) Title	Mira Oinaskallio Minimizing waste from a construction process
Number of Pages Date	44 pages + 0 appendices 25 March 2012
Degree	Civil Engineering
Degree Programme	Construction Engineer
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructor(s)	Kaisa Kekki, Sustainability Manager, Skanska Talonrakennus Oy Olli Metsäranta, Metropolia
<p>This research was conducted for Skanska Talonrakennus Oy. The main objective was to define the real costs of the waste produced by construction sites. In addition, different methods for preventing various materials from becoming actual waste were studied. The research was divided into studying the type and amount of the waste. The new law regarding waste handling, internal documents of Skanska and different literature including the reports given by the waste companies were studied during the research. Interviews and field studies were also used to gain comprehensive knowledge about the subject.</p> <p>Skanska has monitored the amount of waste produced by construction sites since 1997. Their aim is to minimize the waste produced at the construction sites and sort the remaining waste effectively. It is known that the cost of the construction waste is high but the real costs and how they are divided is still unknown. A research regarding waste costs done by a British company is used as background material for this study.</p> <p>As a result of this study different cost distributions for waste types of concrete, energy, plaster, metal, timber and mixed construction waste. The costs were divided to the costs of material loss and waste management cost that included equipment, handling and labour costs. The cost of material loss is the most significant part of waste costs produced by construction sites. The methods for minimizing the cost of waste management vary greatly among different waste types and it was very difficult to try to identify only one common factor for reducing the costs. Most effective method from a cost point of view would be to have a different waste handling process for every waste type.</p>	
Keywords	material loss, waste handling, construction process, material efficiency

Sisällys

Sanasto

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	1
1.3	Toteutustapa	2
2	Rakennusjätteitä koskevat velvoitteet ja lainsäädännöt	3
2.1	Uusi jätelaki	3
2.2	Etusijajärjestys	3
2.3	Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä	4
2.4	Pakkaukset ja tuottajavastuu	5
3	Lean Management	6
4	Rakennustuotannon prosessi Skanskassa	10
4.1	Toimintajärjestelmä	10
4.2	Luotettavan tuotannon toimintatapa Skanskassa	11
4.3	Ympäristöperiaatteet	13
5	Materiaalitehokkuus rakennustuotannossa	14
5.1	Suunnitteluvaihe	14
5.2	Määrälaskenta ja hankinta	15
5.3	Työmaan käynnistäminen	16
5.4	Työmaan logistiikka	17
5.5	Rakentamisen ohjaus	20
6	Työmaan jätehuolto	23
6.1	Jätteiden lajittelu	24
6.2	Jätteen hyötykäyttö ja loppusijoitus	25
7	Kustannukset	28
7.1	Kirjallisuuden arvio	28
7.2	Kustannusjakauma Isossa-Britanniassa	28
7.3	Materiaalihävikin muodostuminen Suomessa	30

7.3.1	Betonijäte	30
7.3.2	Energiajäte	31
7.3.3	Kipsijäte	32
7.3.4	Metallijäte	33
7.3.5	Rakennusjäte	34
7.3.6	Sekalainen puu	35
7.3.7	Rakennusvilla	36
7.4	Tulosten tarkastelu	36
8	Yhteenveto	39
	Lähteet	42

Sanasto

Energiajäte: jäte, jota ei voida kierrättää materiaalina, mutta jota voidaan käyttää hyödyksi energian tuotannossa.

Hyötyjäte: jäte, joka voidaan käyttää uudelleen sellaisenaan tai jonka sisältämä materiaali tai energia voidaan hyödyntää tai sille on osoitettu vastaanottoaika. Hyötyjätteitä ovat mm. keräyspaperi, pahvi, lasi, metalli, puujäte, energia ja polttokelpoinen jäte.

Jäte: tuotantoprosessissa tai käytössä ylijäänyt tai syntynyt aine tai esine, joka poistetaan tarpeettomana käytöstä.

Jätejäte: aine tai esine, joka voidaan tunnistaa erillisenä ja ottaa tarvittaessa erilleen jätteestä.

Jätteen haltija: jätteen tuottaja, kiinteistön haltija tai toiminnan järjestäjä tai muu luonnollinen henkilö tai oikeushenkilö, jonka hallinnassa jäte on.

Jätteen hyödyntäminen: jätteen sisältämän aineen tai energian talteenottamista.

Jätteen tuottaja: luonnollinen henkilö tai oikeushenkilö, jonka toiminnassa jäte syntyy.

Jätteenkäsittely: toimenpide jätteen koostumuksen, rakenteen tai ominaisuuksien muuttamiseksi niin, että jäte voidaan hyödyntää, tehdä vaarattomaksi tai loppusijoittaa.

Jätteiden kierrättäminen: jätteiden tai jätejakeiden käyttämistä raaka-aineena tai materiaalina.

Kaatopaikka: jätteiden käsittelypaikka, jossa jätettä sijoitetaan maan päälle tai maahan vähintään viideksi vuodeksi.

Lajittelu: jätteiden erottaminen eri lajeihin ominaisuuksien perusteella.

Rakennusjäte: sekalainen jäte, joka ei ole syntynyt tavanomaisesta asumisesta vaan rakentamisesta, remontoinnista tai purkamisesta. Se koostuu sekä hyötykäytettävistä että hyödyntämättömistä jätteistä.

Sekajäte eli kaatopaikkajäte: jäte, jota ei voida käyttää hyödyksi raaka-aineena tai energiana. Se on kierrätykseen kelpaamatonta myrkytöntä jätettä, joka päättyy loppusijoitettavaksi kaatopaikalle, missä se hapettomissa oloissa synnyttää ympäristölle haitallisia kaatopaikkakaasuja.

Työmaan ympäristösuunnitelma: apuväline työmaan ympäristöasioiden hallintaan.

Uudelleenkäyttö: toimi, jolla jäte tai sen osa käytetään alkuperäiseen tarkoitukseensa.

Vaarallinen jäte: erityisjäte, joka jonkin ominaisuutensa tai pitoisuutensa vuoksi aiheuttaa vaaraa ihmisen terveydelle tai ympäristölle. Vaarallista jätettä kutsuttiin ennen ongelmajätteeksi.

1 Johdanto

1.1 Tausta

Rakentaminen on mineraalien kaivun ohella jäteaineiden suurin tuottaja Suomessa. Opinnäytetyön aiheena on selvittää työmailla syntyvän materiaalihävikin todelliset kustannukset sekä keksiä keinoja materiaalihävikin muodostumisen ehkäisemiseen. Työmaiden motivoinniksi otetaan esiin materiaalihävikin kustannukset.

Työn tilaajana toimii Skanska Talonrakennus Oy. Sen tavoitteena on, että työmailla syntyy mahdollisimman vähän jätettä ja se lajitellaan tehokkaasti. Skanska on seurannut vuodesta 1997 lähtien tuotannossa syntyvän jätteen määriä. Tiedossa on, että rakentamisessa syntyvän jätteen hinta on suuri, mutta siitä, kuinka kallista jäte todella on, ei ole tutkittua tietoa. Skanskan prosesseihin kuuluu lukuisa määrä erilaisia mittareita. Materiaalihukan määrän mittaamiseen sillä ei kuitenkaan ole ollut omia työkaluja. Tiedossa on ollut Ratu-kortteihin perustuvia työvaiheiden keskimääräisiä hukkaprosentteja, mutta niitä ei ole ikinä verrattu toteutuneisiin jätejakeisiin. Ensimmäisen kerran opinnäytetyön aihe on ollut esillä vuonna 2009, jolloin siitä olisi pitänyt tehdä opinnäytetyö, mutta se ei ikinä toteutunut.

Työn taustana toimi myös Isossa-Britanniassa tehty tutkimus, jossa arvioitiin heidän materiaalihukan kustannuksia. Tässä työssä käytettävissä laskelmissa otettiin mallia heidän laskentatavastaan, jossa huomioitiin vaihtolavan vuokrat, työmaalla materiaalin kierrättämiseen käytettävä työvoima sekä jäteastian laitettavan materiaalin eli materiaalihävikin hinta.

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää jätteiden todelliset kustannukset. Tarkoituksena on hankkia taustatietoa työmaiden motivointimateriaaliin, jotta materiaalihävikki saataisiin minimoitua. Työssä tutkitaan rakennustyömaan jätteitä, niistä aiheutuvia kustannuksia sekä keksitään keinoja niiden vähentämiseksi. Opinnäytetyön aihetta tarkastellaan tuotannon näkökulmasta. Tällä hetkellä Skanskassa seurataan tuotannossa synty-

viä jätemääriä kuukausittain. Työmaiden tavoiteena on lajitella 80 % kaikista syntyvistä jätteistä hyötykäyttöön.

Työ jaetaan myös toteutusjärjestyksen mukaan pienempiin tavoitteisiin, joista ensimmäisenä on perehtyminen lainsäädäntöön uuden jätelain myötä, joka astuu voimaan 1.5.2012. Toisena tutkimuksen kohteena on sisäistää Lean Managementin filosofia, jonka tavoitteena on hukan minimointi. Seuraavaksi perehdytään Skanskan tapaan toimia ympäristöasioiden kanssa. Lopuksi verrataan jätehuoltoyhtiön tilastoimia jätemääriä ja niistä kertyviä kustannuksia toteutuneisiin.

1.3 Toteutustapa

Työ suoritetaan tutkimalla jätehuoltoyhtiön toimittamia vuosiraportteja ja vertaamalla niitä vuotuisiin ostomääriin. Tutkimusta tehdään haastatteluin, kenttätutkimuksin, omien tietojen sekä työmailta ja yrityksen tietojärjestelmistä saatavien tietojen avulla. Työn lopussa verrataan saatuja tuloksia kirjallisuuden arvioimiin kustannuksiin sekä Isossa-Britanniassa tehtyyn tutkimukseen. Työn aikana esiin tulleet parannusehdotukset kirjataan työhön.

2 Rakennusjätteitä koskevat veloitteet ja lainsäädännöt

Rakentamisessa syntyvien jätteiden käsittelystä määrätään Jätelaissa, Jäteasetuksessa (30.4.2012 saakka) sekä Valtioneuvoston päätöksessä rakennusjätteistä. Lisäksi kuntien rakentamis- ja jätehuoltomääräyksissä on erilaisia rakennusjätteitä koskevia ohjeita ja veloitteita. (Koski ym. 2010, 269.)

2.1 Uusi jätelaki

Uusi jätelaki vahvistettiin 17.6.2011. Se julkaistiin kesäkuussa 2011 Suomen säädöskokoelmassa numerolla 646/2011. Jätelaki astuu voimaan 1.5.2012.

Jätealan lainsäädännön kokonaisuudistuksen tavoitteena on ajanmukaistaa alan lainsäädäntö vastaamaan nykyisiä jäte- ja ympäristöpolitiikan painotuksia sekä EU-lainsäädännön vaatimuksia. Uudistuksen yhteydessä arvioidaan jätteen synnyn ehkäisy ja jätteiden kierrätyksen edistämisen sääntelyä, tuottajavastuuseen liittyvää sääntelyä sekä jätehuollon valvonnan riittävyttä. Uudistus on tarpeen myös varmistamaan säädöshierarkia.

(Ympäristöministeriö 2011.)

2.2 Etusijajärjestys

Uuden jätelain toisen luvun kahdeksannessa momentissa on määritetty seuraavaa:

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. (JäteL 646/2011 2:8 §.)

Etusijajärjestystä tulee noudattaa viranomaisen ja julkisoikeudellisen laitoksen tai yhteisön omassa toiminnassa. Heidän on käytettävä mahdollisuuksien mukaan kestäviä, korjattavia, uudelleen käytettäviä, kierrätettäviä sekä kierrätetyistä raaka-aineista valmistettuja tuotteita ja palveluita. Näistä tulisi edelleen syntyä mahdollisimman vähän jätettä ja jätteen tulisi olla myös mahdollisimman haitatonta ympäristölle. (JäteL 646/2011 2:11§.)

2.3 Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä

Valtioneuvosto on ympäristöministeriön esittelystä päättänyt vähentää rakennusjätteen määrää ja haitallisuutta sekä lisätä sen hyödyntämistä. Päätös koskee rakennuskohteita, joissa syntyy maa-aines-, kiviaines- ja ruoppausjätettä yli 800 tonnia tai muuta rakennusjätettä yli viisi tonnia. (VNp 295/1997 1-2§.)

Päätöteuttajan on yhteistyössä rakennusprojektin muiden osapuolien kanssa suunniteltava ja toteutettava rakentamisprosessi niin, että rakennusjätettä syntyy mahdollisimman vähän. Kaikki käyttökelpoiset esineet ja aineet on otettava talteen ja käytettävä mahdollisuuksien mukaan uudestaan. Rakennusaineita käytetään säästeliäästi ja niiden käyttöä korvataan, mikäli se on mahdollista, rakentamiseen soveltuvalla jätteellä. Syntyvistä rakennusjätteistä ei saa aiheutua vaaraa eikä haittaa terveydelle tai ympäristölle. (VNp 295/1997 4§.)

Rakentaminen on suunniteltava ja toteutettava niin, että seuraavat jätelajit pidetään erillään ja ohjataan hyötykäyttöön:

- Betoni-, tiili-, kivennäislaatta-, keramiikka- ja kipsijätteet
- Kyllästämättömät puujätteet
- Metallijätteet
- Maa-aines-, kiviaines- ja ruoppausjätteet
- Vaaralliset jätteet.

Rakennusjätteen haltijan on huolehdittava siitä, että rakennusjäte hyödynnetään, mikäli se on teknisesti mahdollista. Hyödyntämisestä ei saa kuitenkaan aiheutua kohtuuttomia lisäkustannuksia verrattuna muulla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon. (VNp 295/1779 5§.)

Vastuu jätteiden huolehtimisesta loppuu, mikäli ne luovutetaan kuljetettavaksi tai hävitettäväksi yritykselle, jolla on asianmukaiset luvat. Haltijan on pidettävä kirjaa hallussaan olevan jätteen määrästä, lajista, laadusta, alkuperästä ja jätehuollon kannalta merkittävistä ominaisuuksista. (Koski ym. 2010, 269.)

2.4 Pakkaukset ja tuottajavastuu

Valtioneuvoston päätös pakkauksista ja pakkausjätteistä (962/1997) kohdistuu pakkaukseen ja niiden jätteiden aiheuttamien ympäristöhaittojen vähentämiseen. Päätöksen tavoitteena on vähentää pakkausjätteiden syntymistä, lisätä pakkausten uudelleenkäyttöä, kierrätystä ja muuta hyödyntämistä sekä vähentää tällä tavoin pakkausjätteiden loppusijoituksen tarvetta. Rakennusyritys voi sopia pakkaajan kanssa pakkausjätteiden hyödyntämisestä. Pakkausjätteen jätehuolto edellyttää yhteistyötä muun muassa jätehuoltoyritysten ja pakkaajien kanssa kunnissa. (Laine & Heljo 2007b, 13.)

Lähes kaikissa Suomen markkinoille tai yrityksen omaan käyttöön maahantuoduissa tai Suomen markkinoille lasketuissa tuotteissa on pakkaus. Pakkausalan tuottajia ovat tuotteiden pakkaajat ja pakattujen tuotteiden maahantuojat, joiden liikevaihto on ainakin miljoona euroa (Pirkanmaan ELY 2011). Edellä mainittujen tuottajien on järjestettävä markkinoille tarkoitettujen tuotteiden jätehuolto sekä vastattava siitä aiheutuvista kustannuksista. Tuottajan velvollisuus koskee käytöstä poistettuja tuotteita, jotka luovutetaan niille tarkoitettuun vastaanottopaikkaan tai kuljetukseen. (Jätel 646/2011 6:48§.)

3 Lean Management

"Lean" on monipuolinen, analyttinen tapa hallita prosessien tehokkuutta, Se on kokonaisvaltainen filosofia, jonka pitkäjänteisyys erottaa sen monesta muusta filosofiasta. Tämä "Toyotan tuotantojärjestelmä (Toyota Production System)" on arvioitu maailman parhaaksi tuotantojärjestelmäksi. Se on erittäin tehokas sovellettaessa koko arvoketjussa: asiakas, suunnittelijat, valmistajat ja alihankkijat. "Lean" pitää sisällään kolme tasoa, joista ensimmäinen on *Ideaali*. Se tarkoittaa räätälöityä, täydellistä tuotetta asiakkaalle, joka on tuotettu niin, että hukkaa ei synny. Luonnollisesti, tätä tasoa ei kuitenkaan voida täydellisesti saavuttaa. Toisena tasona ovat *Periaatteet*, joita noudattamalla pyritään *Ideaaliin*. Kolmantena tulevat *Työkalut ja menetelmät*, joilla yhdistetään *Periaatteet* toimintaan sekä ylläpidetään jatkuvaa parantamista. "Leanin" tärkein tavoite on hukan eliminointi ja arvon tuottaminen asiakkaille.

Toyotan tuotantosysteemin yhdeksän tuhlausta (hukkaa), jotka on eliminointava tuotantoprosesseissa:

- Ylituotanto
- Odottaminen
- Turhat kuljetukset ja siirrot
- Yliprosessointi tai väärä prosessointi
- Ylisuuret varastot
- Turhat liikkeet, askeleet, haut, välikäännökset jne.
- Virheet
- Henkilöstön luovuuden käyttämättömyys
- Keskijohdon muutosvastarinta.

(Haapasalo 2010.)

Lean Managementin periaatteet ja metodit muuttavat toimintatapoja, kun sitä sovelletaan rakentamiseen. Lean Construction on rakennusalan käyttösovellus "Lean" -ajattelusta. Se lähtee ymmärryksestä, että rakennuskohteiden suunnitteleminen on erilaista kuin valmistavassa teollisuudessa. Lean Construction lähtee Lean Managementin tavoitteista, joissa maksimoidaan arvoa asiakkaalle samanaikaisesti kun pyritään minimoimaan projektin aikaista hukkaa koko toimitusketjussa koko rakennusprojektin ajan. Lean Construction on erityisen hyödyllinen epävarmoissa tai nopeissa projekteissa. (Oulun yliopisto 2008.)

"Leanin" yksi tärkeimmistä työkaluista kulkee nimellä Last Planner (LP) -menetelmä. Kyseinen menetelmä on kehitetty Yhdysvalloissa 1990-luvulla rakentamisen tuotannonohjaukseen. Sen lähtökohtana oli huomio, jonka mukaan normaalisti vain puolet viikkosuunnitelman tehtävistä saatiin kyseisin viikon aikana toteutetuksi. Suomessa menetelmää on kehitetty ja sovellettu useissa VTT:n Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkimuskohteissa. Skanskassa LP-menetelmää on kokeiltu 26 viikon ajan As Oy Vantaan Herttuantie 3 -nimisellä työmaalla, joka valmistui vuonna 2002. Hanketta rahoitti Työsuojelurahasto.

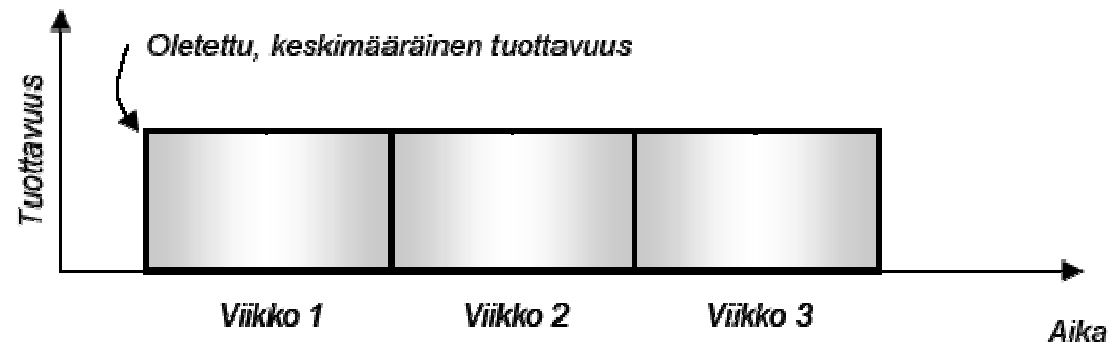
Last Planner keskittyy lyhyen aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen. Viikkosuunnitelman laatiminen ja ohjaus on sen keskeinen elementti. Viikkosuunnitelmaan tulee hyväksyä vain tehtäviä, joiden kaikki aloitusedellytykset ovat kunnossa. Jokaisen tehtävän vastuhenkilö pyrkii sitoutumaan tehtävän suorittamiseen suunnitellusti. Viikkosuunnitelmaa seurataan tehtävien toteutumisasteittain sekä selvitetään syyt tehtävien toteutumatta jäämisiin. Syihin vaikuttamalla tavoitellaan viikkosuunnitelman toteutumisasteen kohoamista. Yhtenä osana LP-menetelmää on rullaava valmistelevalle suunnitelma, jonka keskeisenä tarkoituksena on varmistaa viikkotehtävien aloitusedellytykset 4-6 viikon tähtäyksellä. Tämän tavoitteena on ylläpitää riittävä varanto aloituskelpoisia viikkotehtäviä. Rakentamisvaihe aikataulu pyritään tekemään yhteistyössä eri töiden vastuhenkilöiden välillä.

Seuraavassa on lueteltu Last Planner -menetelmän keskeiset osat:

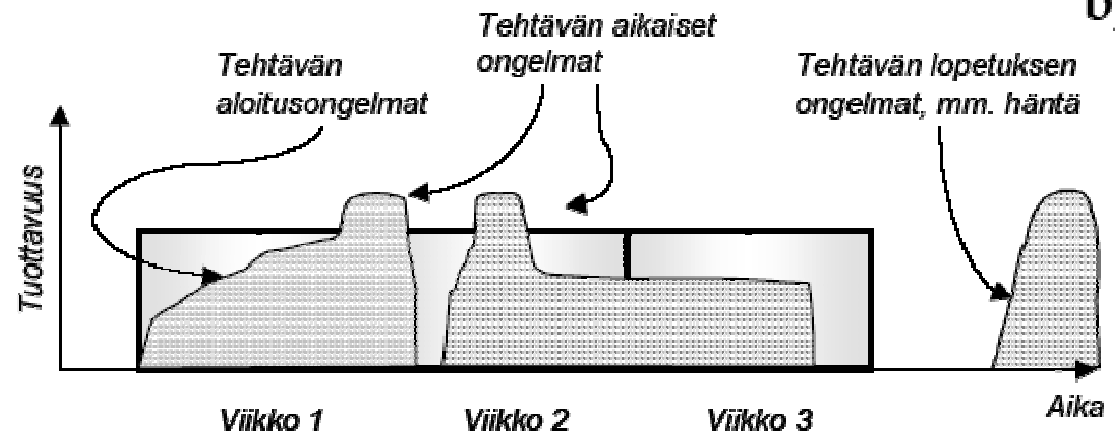
- Osapuolten yhteinen rakentamisvaihesuunnittelu
- Järjestelmällinen valmisteleva suunnittelu, jossa luodaan seuraavien viikkojen tehtäville edellytykset
- Viikkosuunnitelma, jossa tehtävien edellytykset on varmistettu
- Osapuolten sitoutuminen viikkosuunnitelman tehtävien läpivientiin
- Viikkosuunnitelman tehtävien toteutumisen tarkistaminen, tehtävien toteutumisprosentti
- Tehtävien toteutumatta jäämisen syiden selvittäminen
- Vaikuttaminen syihin.

Last Planner -menettely pyrkii eri vaikutuskeinoin poistamaan perinteisen tuotannonohjausmenettelyn kolme ongelmaa: (1) Ongelmat tehtävää aloittaessa, (2) tehtävän kuluessa ilmaantuvat häiriöt ja (3) tehtävän keskeytyminen. LP-menettely voidaan tiivistetysti esittää tarkastelemalla yhtä rakentamistehtävää, joka on esitetty kuviossa 1.

a)



b)



Kuvio 1. a) Perinteiseen tuotannonohjaukseen sisältyy hiljainen oletus, jonka mukaan tehtävä suoritetaan tasaisella tuottavuudella. b) Tosiollinen tuottavuus vaihtelee, kun kohdataan ongelmia, jotka johtavat tuottavuuden alenemiseen, laadun ja työturvallisuuden heikkenemiseen sekä muihin haittoihin. (Koskela & Koskenvesa 2003, 28.)

Käyttämällä Last Planner -menetelmiä tuotannon ohjauksessa saavutetaan hyötyjä itse tuottavuuden, keston, työturvallisuuden, laadun, työilmapiirin sekä kehittämistoiminnan osalla.

(Koskela & Koskenvesa 2003, 14-29.)

4 Rakennustuotannon prosessi Skanskassa

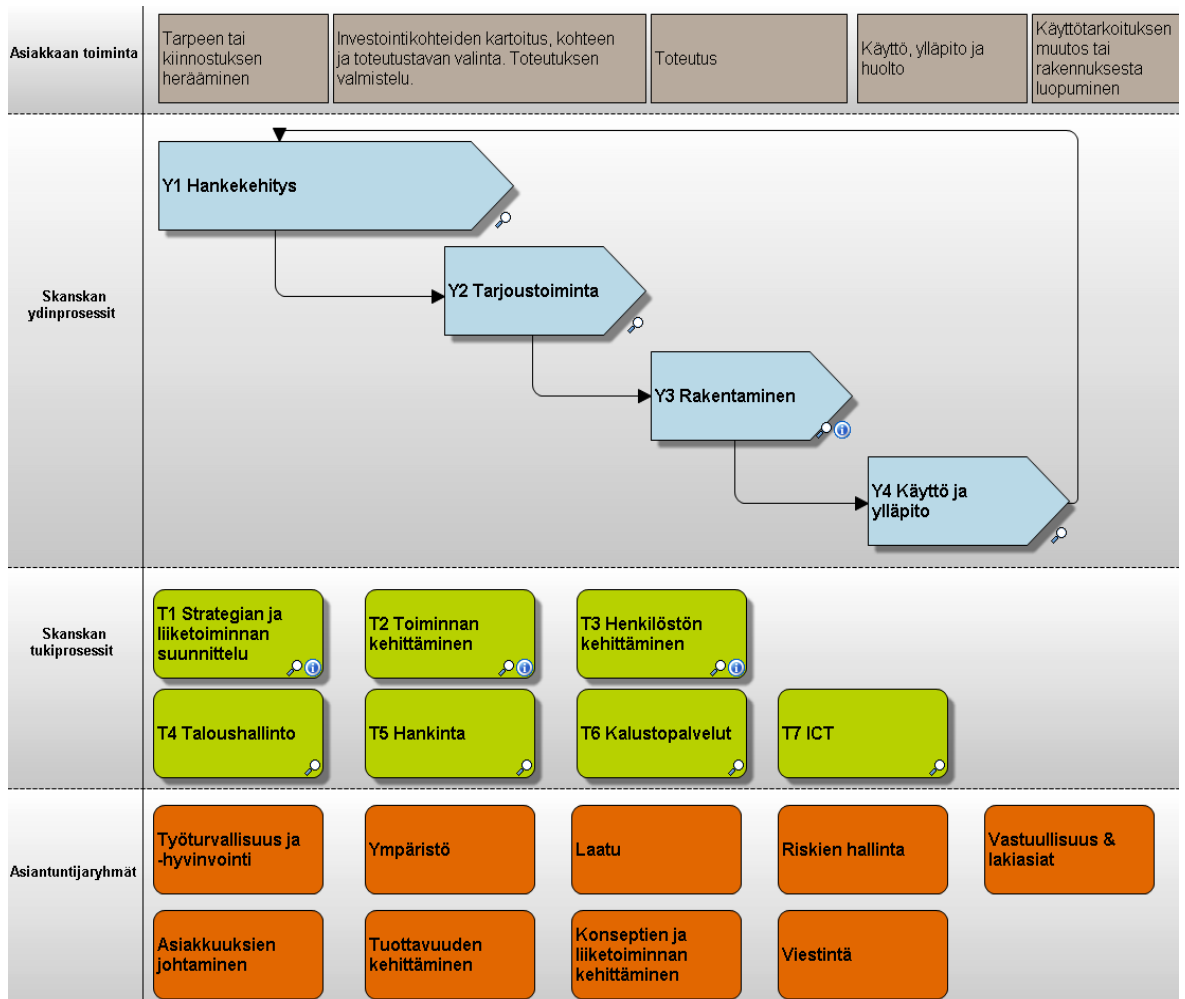
4.1 Toimintajärjestelmä

Toimintajärjestelmä kuvaa Skanskan tapaa toimia niin sanoin, kuvin ja mallein kerrottuna. Toimintajärjestelmä tarjoaa organisaatiolle työkaluja, lomakkeita, ohjeita, malleja ja muita apuvälineitä, jotka ohjaavat yhteiseen toimintatapaan. Skanskan toimintajärjestelmät on sertifioitu seuraavien standardien mukaisesti: Laatu ISO 9001, Ympäristö ISO 14001, Työterveys ja turvallisuus OHSAS 18001. (Skanska Oy 2011a.)

Toimimalla toimintajärjestelmän mukaisesti saavutetaan seuraavia hyötyjä:

- Riskienhallinta, ei tappiourakoita
- Toiminnan ja tuotteiden parempi laatu
- Tyytyväiset asiakkaat
- Toteutuskustannusten aleneminen ja tuottavuuden paraneminen
- Työturvallisuuden ja -terveyden hallinta
- Ympäristöasioiden hallinta
- Kohteiden luovutus aikataulussa virheettöminä.

Skanskan toimintajärjestelmän sisältö on kuvattu kuviossa 2.



Kuvio 2. Toimintajärjestelmän sisältö (Skanska Oy 2003)

Työmaalla tapahtuvat toiminnot on kuvattu prosessissa Y3 Rakentaminen. Se kuvaa Skanskan tavan rakentaa ja kertoo työmaan keskeiset toimintatavat. Y3 prosessin oleellisimmat kohdat tämän työn kannalta ovat työmaan käynnistäminen, rakentamisen ohjaus ja luovutusvaihe. Toimintajärjestelmän keskeisin työkalu on työmaan toimintasuunnitelma, joka tehdään aina työmaakohtaisesti. Toimintasuunnitelmassa arvioidaan asiat, jotka ovat tärkeitä koko hankkeen läpiviennin kannalta. (Ikäläinen 2011.)

4.2 Luotettavan tuotannon toimintatapa Skanskassa

Luotettavan tuotannon toimintatapa on osa Skanskan toimintajärjestelmää ja se toimii tuotannonohjauksen apuna osana Y3 Rakentamisen prosessia. Skanskan tuotannonohjaustapaa Suomessa kutsutaan lyhennettynä LTT:ksi. Se ja siinä käytetyt työkalut on vakioitu kaikille Skanskan työmaille. Niiden yhteisenä tavoitteena on vähentää hukkaa

ja näin parantaa tuottavuutta. Luotettavalla tuotannon toimintatavalla (LTT:llä) tarkoitetaan Lean Construction -periaatteiden ja Last Planner -työkalujen käyttämistä työmaalla ja toimistossa. (Skanska Oy 2010a.)

Luotettavan tuotannon toimintatapa on tapa varmistaa tuotannon tehokkuus. Tämä tarkoittaa työn toteutusta niin, että sen eri toimijat ja heidän työnedellytykset otetaan huomioon jo ennakkosuunnittelussa. Siinä varmistetaan myös työskentelyolosuhteet ja työskentelyn edellytysten täyttyminen. (Ikäläinen ym. 2009, 5.) Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kaikki tuotannon osapuolet tietävät tarkasti, mitä töitä tulevien viikkojen aikana työmaalla tehdään. He voivat luottaa myös siihen, että tämä tulee tapahtumaan, tällöin säästetään kustannuksia ja aikaa niin pää- kuin aliurakoitsijalta. Toimimalla LTT:n mukaisesti säästetään kaikkien työmaalla työskentelevien hermoja ja rahaa. Aliurakoitsijat ja ennen kaikkia työntekijät arvostavat tällaisia työmaita. Laadukas lopputulos syntyy heti ensimmäisellä kerralla ja projektit etenevät sujuvasti aikataulussa. (Skanska Oy 2010b.)

Luotettavan tuotannon toimintatapa edesauttaa ympäristötehokkuutta. Huolellisemman materiaalisuunnittelun avulla vähennetään materiaalihukkaa. Tekemällä työ kerralla oikein vähennetään myös syntyvän jätteen määrää. (Ikäläinen ym. 2009, 6.) Taulukoon 1 on koottu luotettavan tuotannon toimintatavan ympäristötehokkuuden mittareita. Osa mittareista on kehitysasteella, eikä näin ollen käytössä Skanskan työmailla.

Taulukko 1. LTT:n ympäristötehokkuuden mittareita (Ikäläinen ym. 2009,10).

Mittarin nimi	Mittarin kuvaus	Mittarin tarkoitus
Työn tuottavuus	Kuinka suuri osuus tehtävän suorittamisesta on tuottavaa työtä, joka oikeasti edistää työnsuoritusta.	Osoittaa, kuinka paljon ajasta käytetään tuottavaan työhön ja toisaalta kertoo odottamiseen, häiriöihin ja materiaalien siirtelyyn kuluva ajasta.
Tuotannon luotettavuus	Toteutuneiden töiden osuus verrattuna suunniteltuihin töihin viikon aikana.	Kertoo, kuinka luotettavasti työmaa on pystynyt viikon aikana toimimaan.
Jättemäärä	Jätekilot rakennuskuutioita kohti (kg/rm ³).	Kaikki kaatopaikalle menevä jäte tuottaa kustannuksia ja aiheuttaa ympäristökuormaa, joten pienentämällä jätemäärään voidaan vaikuttaa näihin.
Materiaalihukka	Tuotteen vastaanotossa, siirroissa tai asennuksessa rikkoontuneiden tai muuten käyttökelvottomaksi menneiden ja kadonneiden tuotteiden määrä.	Osoittaa, mikä osa tilattavasta materiaalista menee hukkaan ja päättyy jätteeksi.

Skanska Suomi on Skanskan ensimmäinen liiketoimintayksikkö, joka on ottanut LTT:n käyttöön maanlaajuisesti. Ensimmäinen LTT-pilotointi tehtiin vuonna 2003 ja sen käyttäminen kaikilla työmailla on ollut yksi toiminnallisista tavoitteista vuodesta 2009 lähtien. (Skanska Oy 2010a.)

4.3 Ympäristöperiaatteet

Skanskan tavoitteena on, ettei työmailta päädy kaatopaikalle lainkaan jätettä. Suurin osa rakennusmateriaalista ja rakennusjätteestä voidaan kierrättää jo työmaalla, useilla työmailla tähän tavoitteeseen on päästy. Vuoden 2011 tavoitteena oli ohjata hyötykäyttöön 80 % jätteistä. Talonrakennustyömaan jätteistä otettiin suoraan hyötykäyttöön 58 %, joka on 5 % parannusta edellisvuoteen. Kun mukaan laskee sekajätteen, joka toimitetaan muun muassa pääkaupunkiseudulla koneelliseen lajitteluun, niin työmaajätteestä hyödynnettiin 79 % joko materiaalina tai energiana. Uudisrakennustyömaiden jätemäärätavoitteeseen tuli viime vuonna hieman takapakkia vuoteen 2010 verrattuna, jolloin saavutettiin jätemäärätavoite, tällöin jätettä kertyi keskimäärin 3,6 kg/rm³. Vuonna 2011 jätettä kertyi 5,61 kg/rm³. Toimiva ennakkosuunnittelu auttaa ehkäisemään jätteen syntyä sekä varmistaa korkeat kierrätysasteet. Kun yhdistetään hyvä ennakkosuunnittelu, huolellinen toteutus, säännöllinen seuranta, materiaalien tehokas käyttö ja työmaan hyvä logistiikka parannetaan materiaalitehokkuutta. (Skanska Oy 2011d.)

Skanska on tehnyt tavoitteellista ympäristötyötä jo vuodesta 1995 lähtien. Ympäristötyössä on keskitytty energiaan ja ilmastonmuutokseen, materiaaleihin ja toiminnan paikallisiin vaikutuksiin. Materiaalihukan minimointi ja jätehuollon tehostaminen on yksi Skanskan kuudesta ympäristöpäämäärästä. Tuorein ympäristöstrategia on määritetty vuosille 2011-2015. (Skanska Oy 2011b.) Sen ympäristöperiaatteiden tavoitteena on jatkuvasti vähentää projektien, tuotteiden ja palveluiden koko elinkaarenaikaista ympäristökuormitusta. Pitkän aikavälin tavoitteena on pyrkiä ensisijaisesti ehkäisemään jätteen syntyä vähentämällä materiaalihukkaa ja suosimalla kierrätystä. Mikäli tämä ei ole mahdollista, käsitellään tai hävitetään jätteet ympäristöä huomioivalla tavalla. Skanska valitsee myös tietoisesti materiaaleja, jotka ovat ympäristön ja ihmisen kannalta hyviä vaihtoehtoja. (Skanska Oy 2011c.)

5 Materiaalitehokkuus rakennustuotannossa

Materiaalitehokkuus tarkoittaa materiaalin tehokasta ja säästäväistä käyttöä. Minimoidulla materiaalihävillä ennalta ehkäistään jätteen syntyä ja säästetään rahaa. (Skanska Oy 2010d.) Rakentamisessa syntyvän materiaalihävikin määrään vaikuttaa asentajan kokemus sekä koko työmaan asenne ympäristöasioihin. Kuitenkin jo ennen tavaran saapumista työmaalle käydään läpi useampi vaihe, joissa erilaisilla toimenpiteillä ja vaihtoehtoja vertailemalla vaikutetaan syntyvän jätteen määrään jo paljon ennen rakennushankkeen alkamista.

5.1 Suunnitteluvaihe

Rakentamisessa syntyvän materiaalihävikin ja sen myötä jätteiden määrän vähentäminen alkaa rakennustuotannon suunnittelusta. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää elementtirakenteista taloa, jossa jätteiden synty painottuu vasta sisävalmistusvaiheeseen ja paikalla rakennettua taloa, jossa jätteitä alkaa syntyä jo runkovaiheessa. Pääsääntönä pidetään myös sitä, että rakenteet suunnitellaan sellaisiksi, että rakennuksen runko saadaan mahdollisimman nopeasti vesikattovaiheeseen, tällöin rakennukseen asennettuihin materiaaleihin kohdistuu mahdollisimman vähän kosteuden vaikutuksia. Tilojen ja rakenteiden suunnittelussa käytetään moduulimittoja, jolloin voidaan käyttää vakio-kokoisia rakennusmateriaaleja. (Ratu 2000, 4.)

Kerrostalarakentamisessa betonielementit ovat olleet hallitsevina runkorakenteina jo vuosikymmeniä. Uudempina tulokkaina elementtirakentamisen kaudelle ovat tulleet asuinkerrostalon kerroskorkuiset nousuputkistoelementit, johon voidaan sijoittaa kaikki asuinhuoneistoissa tarvittavat vesijohdot, lämpöjohdot, viemärit, ilmastointikanavat sekä putkitukset sähkö- ja tietoliikennekaapeleita varten. Näitä betonista valmistettuja hormielementtejä kutsutaan rakennusalalla tuttavallisemmin "Elpo-hormeiksi". (Rudus.) Tänä päivänä valmisosarakentamisen mallia on otettu kylpyhuoneiden osalta myös laivanrakennuksesta, jossa hytit nostetaan valmiiksi sisustettuina paikoilleen laivaan. Kerrostalarakennuksessa valmiiksi sisustetut ja kalustetut kylpyhuoneet tehdään valmiiksi tehtaalla. Tämän jälkeen nämä tilaelementit toimitetaan muovilla suojattuina työmaalle, jossa ne nostetaan oikeille paikoille muun rungon yhteydessä. Tilaelemen-

teissä on valmiina myös talotekniikka. Vesikattoa rakennettaessa käytetään usein myös esivalmistettuja kattotuoleja.

Suunnitteluvaiheessa valitaan kaikki rakentamisessa käytettävät tuotteet ja materiaalit. Ne valitaan ympäristöä kunnioittaen siten, että niistä syntyy mahdollisimman vähän jätettä. Erilaisten valmisosarakenteiden käyttöä on syytä suosia, koska niitä käytettäessä vähennetään työmaalla käsiteltävien materiaalien määriä ja näin ollen materiaalihukkaa sekä hyödyntämiskelvotonta jätettä syntyy vähemmän.

Suunnitteluvirheet maksavat työmaalle selvää rahaa, varsinkin jos ne huomataan vasta hankkeen loppuvaiheessa. Mitä aiemmin suunnitteluvirheet huomataan, sitä kivuttomammin virheet korjataan ja materiaaleja säästetään. Rakentamiseen ryhtyvän on varmistettava suunnittelijoiden pätevyys. Varminta on käyttää tuttuja suunnittelijoita, joista on positiivisia kokemuksia. Työmaan tehtävänä ei ole valvoa suunnittelijoiden ammattitaitoa, vaan tuottaa kerralla valmiita, määräysten mukaisia ja ostajien valitsemien materiaalien perusteella koteja.

5.2 Määrälaskenta ja hankinta

Materiaalien teoreettiset mitat lasketaan tarkasti piirustuksista. Tilattaviin määriin lisätään ohjeiden mukaiset materiaalisät, koska ylijääneelle materiaalille löytyy usein vain toissijaista käyttöä muissa rakenteissa. (Ratu 2000, 5.) Laskentavaiheessa käytössä olevat piirustukset ovat kuitenkin erittäin muutosalttiita eikä niissä ole huomioitu lainkaan asukasmuutoksia. Tämän vuoksi työmaa laskee ja tilaa suurimman osan materiaaleistaan itse. Resurssipulan vuoksi voidaan kuitenkin joutua turvautumaan vain näihin mainittuihin laskennan määriin.

Tuotteiden pakkausmateriaaleina suositaan hyödyntämiskelpoisia, kierrätettäviä tai uusiomateriaalista valmistettuja suoja. Turhaa pakkaamista on kuitenkin vältettävä, joten hankitaan sellaiset tuotteet pakkaamattomina, jotka eivät kuljetuksen tai muun käsittelyn vuoksi vaadi pakkaamista. (Laine & Heljo 2007, 21.) Suuret pakkauskoot vähentävät pakkauksien kokonaismäärää ja yksittäispakattujen tuotteiden käyttöä on vältettävä. Materiaalien oikea-aikaisilla toimituksilla voidaan usein vähentää pakkausmateriaalien käyttöä, kun materiaaleja ei tarvitse suojata työmaalla pitkää aikaa. (Ratu

2000, 7.) Tilausten saapuminen työmaalle ajoitetaan juuri asennuksen alkaessa, näin vältetään mm. välivarastoinnista aiheutuville kustannuksille ja materiaalin vaurioitumiselta. Pitkäaikaiseen työmaavarastointiin joutuvat materiaalit tilataan valmiiksi suojattuina. (Ratu 2000, 5.)

Skanskalla käytetään kausisopimuksia, jolloin työmaa ei voi valita mitä materiaalin toimittajaa tahansa. Hankintahenkilöstö neuvottelee kausisopimukset esimerkiksi vuodeksi eteenpäin, ja tiedottaa siitä työmaata. Neuvotteluissa on huolehdittava edellä mainituista seikoista, kuten pakkausmateriaalien hyödynnettävyydestä.

5.3 Työmaan käynnistäminen

Työmaan käynnistysvaiheessa laaditaan paljon erilaisia dokumentteja, yksi näistä on ympäristösuunnitelma. Siinä kuvataan työmaan ympäristötoimenpiteet ja se toimii myös työnjohdon työkaluna ympäristöasioiden hallinnassa. Suunnitelman avulla varmistetaan lakisääteisten ympäristövaatimusten täyttyminen, määritetään työmaan ympäristötavoitteet ja toimenpiteet niihin pääsemiseksi sekä muut ympäristötoimenpiteet. Ympäristösuunnitelma liittyy muun muassa seuraaviin aiheisiin:

- jätehuolto
- massojen siirto ja hyödyntäminen
- kaluston ja materiaalien valinta
- pilaantuneet maat
- vaaralliset, kielletyt ja haitalliset aineet
- pölyn, melun ja värinän ehkäisy
- kulkuhaittojen minimointi
- logistiikan suunnittelu.

Ympäristösuunnitelma voi koostua yleisten toimenpiteiden lisäksi useasta yksityiskohdaisemmasta suunnitelmasta, kuten jätehuoltosuunnitelmasta. (Skanska Oy 2010d.)

Jätteiden määrät ja lajiteltavat jätejakeet vaihtelevat työmaan eri rakennusvaiheessa, joten on hyvä tehdä kolme erillistä jätehuoltosuunnitelmaa koskien ensin perustus- ja maanrakennusvaihetta, sitten runkovaihetta ja viimeisenä sisävalmistelu- ja viimeistelyvaihetta. Ennen jätehuoltosuunnitelman tekoa tehdään jätehuoltosopimus yhdessä jätehuoltoyhtiön kanssa. Jätehuoltosopimuksen tekoon selvitetään kuntakohtaiset jäte-

huoltomääräykset sekä lajitteluvaihtoehdot. Jätehuoltosuunnitelma tehdään yhdessä jätehuoltoyhtiön kanssa, siinä arvioidaan muun muassa tarvittavien lajitteluastioiden ja -lavojen määrä sekä niiden tyhjennysväli. Jätehuoltoyhtiöillä on toimittava työmaalle myös erilaisia puristimia ja paalaimia, joilla tehostetaan jäte- ja kierrätysmateriaalien keräystä ja kuljetusta. Keräilyastioihin laaditaan selkeät lajitteluohjeet, joita saa myös suoraan jätehuoltoyhtiöiltä. Jätteiden keräyspaikat suunnitellaan etukäteen toimiviksi kokonaisuuksiksi tuotannon kanssa. Keräysastioiden paikat merkitään aluesuunnitelmaan, jota päivitetään työmaan aikana. Jätehuoltosuunnitelman laadintaan kannattaa ottaa mukaan työmaan ympäristövastaava.

Skanska aloitti ammattikoulutasoisen oppisopimuskoulutuksen ympäristövastaavien kouluttamiseen vuonna 2011. Ympäristövastaavan tehtävänä on huolehtia ylimääräisen rakennus- ja pakkausmateriaalin kierrättämisestä ja siihen liittyvästä logistiikasta työmaalla. Kyse ei ole rakennussiivoojan työstä vaan suurimmaksi osaksi muiden työntekijöiden valistamista sekä hallinnointia. Koulutuksen perustana oli huomio, että ympäristövastaava säästää työmaille selvää rahaa. Kohteissa, joissa ympäristövastaavaa oli käytetty, hyödyt olivat selviä: Kierrätetty materiaali oli myyty ja siitä oli saatu rahaa, sen sijaan että lajittelematon jäte olisi ajettu kaatopaikalle. (Skanska Oy 2010e.)

Urakkasopimukseen voidaan sisällyttää ehto tai rahapalkkio, joka maksetaan urakoitsijalle, mikäli tämä lupautuu omalta osaltaan vaikuttamaan materiaalihukan syntyyn vähenvässä määrin. Palkkio maksettaisiin urakan loppuselvityksessä, koska tällöin todelliset hukkamäärät ovat selvillä. Urakkasopimukseen on hyvä sisällyttää myös veloitteita jätteiden lajitteluun sekä omien jätteiden siivous.

5.4 Työmaan logistiikka

Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden saavuttua työmaalle niille tehdään ensin laadun- tarkistus. Kuljetuksessa vaurioitunutta tavaraa on turha kuitata vastaanotetuksi, jos se on käyttökelvotonta. Materiaalien saapuminen työmaalle ja välivarastointi suunnitellaan siten, että materiaalit ovat työmaalla mahdollisimman vähän aikaa. Tavarantoimittajalta selvitetään välivarastoon joutuvien tuotteiden varastointiohjeet. Vähentämällä materiaalien välivarastoinnin ja siirtojen aiheuttamaa materiaalihukkaa tuotteet tulisi toimittaa suoraan työkohteeseen.

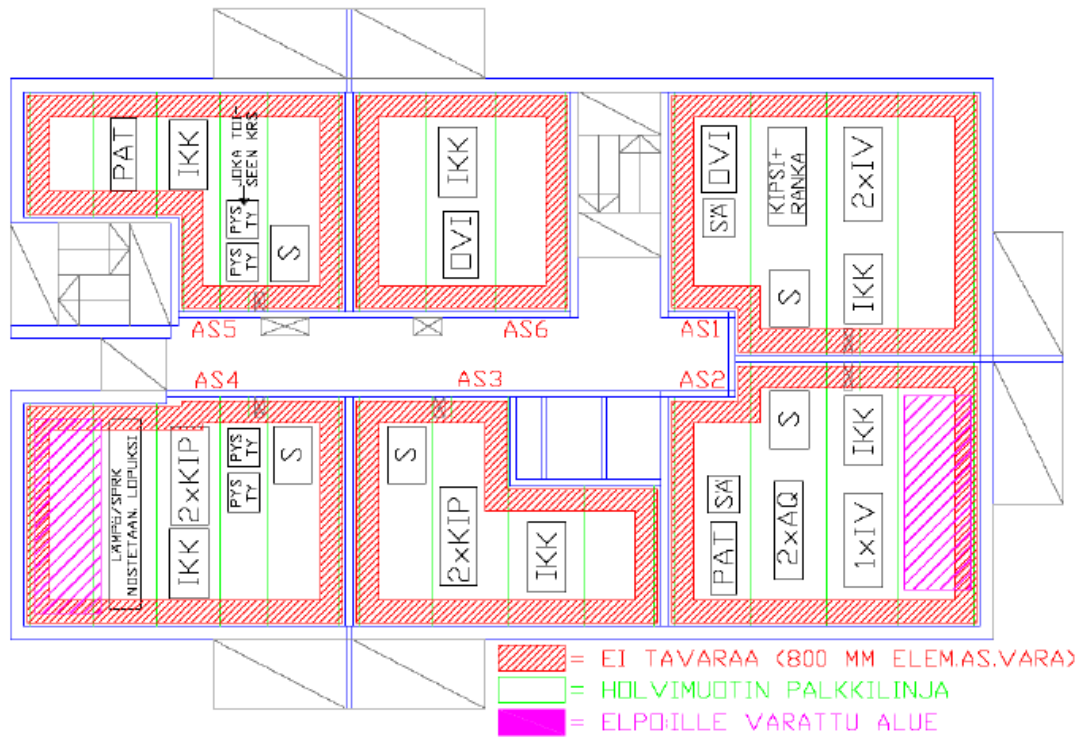
Materiaalien siirrot suunnitellaan etukäteen työmaalla tilausten saapumisten yhteyteen. Materiaalin käsittelyyn käytetään vain siihen soveltuvia koneita ja nostoapuvälineitä. Tietyt kohdat materiaaleissa ovat herkempiä vaurioitumiselle kuin toiset, kuten esimerkiksi kipsilevyjen kulmat murtuvat helposti iskun saadessaan niin kuin laastipakkauksien pakkauksetkin, näiden käsittelyssä on oltava erityisen tarkkana. Materiaalit siirretään kokonaisina kuljetuspaketteina. Virheelliset toimintatavat ovat usein myös työturvallisuusriski. Kosteudelle arat materiaalit suojataan ulkotiloissa sääsuojilla tai suoja-peitteillä. Kaikki materiaalit varastoidaan aina kuormalavojen tai aluspuiden päälle, siten ettei maan kosteus pääse vaikuttamaan materiaaleihin. Puutavaraa varastoitaessa on muistettava huolehtia myös riittävästä tuuletuksesta mm. välirimojen avulla. Hyvin arat materiaalit, kuten villat ja laastit pyritään varastoimaan sisätiloihin. (Ratu 2000, 5-15.)

Skanskan työmailla käytetään runkovaiheen tavarantoimituksissa niin sanottuja "täsmätoimituksia". Tässä toimintamallissa holville nostettavat materiaalit toimitetaan terminaaliin, jossa eri toimittajilta saapuneet toimitukset yhdistetään yhdeksi kuormaksi, joka toimitetaan kellontarkasti työmaalle. Saapuneet materiaalit nostetaan suoraan autosta ennalta suunnitelluille paikoille holvilla, jolloin pihalle ei muodostu varastoa. Tällä toimintamallilla on saavutettu hallitut, täsmälliset ja turvalliset toimitukset. Terminaalissa materiaalit niputetaan yhteen työmaiden toiveiden mukaisesti ja liinoitetaan valmiiksi, jotta itse purkutapahtuma työmaalla on mahdollisimman nopea. Täsmätoimitukset vapauttavat nosturiaikaa ja mahdollistavat elementtiasennuksen häiriöttömän etenemisen. Työmaalle saapuvien kuormien vähentyessä ja tavaran vaurioitumisriskin pienentyessä täsmätoimitukset parantavat ympäristötehokkuutta. Sairaspoissaolotilaisissa on havaittu, että täsmätoimituksia käyttäneillä työmailla on vähemmän tuki- ja liikuntaelimiin kohdistuvia poissaoloja, minkä oletetaan johtuvan käsin tehdyn siirtotyön määrän vähentymisestä.

Työmaa suunnittelee materiaalien sijoitukset holville ja tekee niistä erillisen sijoitus-suunnitelman. Materiaalien paikat valitaan siten, että varastoidusta materiaalista on mahdollisimman vähän haittaa elementtiasennukselle ja muille töille. Materiaalit pyritään asentamaan mahdollisimman lähelle asennuskohdetta, niin että ne voivat olla samassa paikassa asentamiseen saakka. Sijoitussuunnitelmassa on huomioitava myös

riittävän väljät haalausreitit. Raskaiden materiaalien sijoituksessa konsultoidaan tarvittaessa rakennesuunnittelijaa.

(Skanska Oy 2011f.)



Kuvio 3. Runkotäsmien sijoitus suunnitelma holville (Skanska Oy 2011f).

5.5 Rakentamisen ohjaus

Materiaalimenekin suuruuteen vaikuttavat muun muassa käytettävä työmenetelmä, työvaihe sekä rakennuskohteen ajoitus ja laajuus. Materiaalihukka sisältyy kaikkiin materiaalimenekkeihin. Materiaalihukan syntymistä ei voida kokonaan ehkäistä, mutta pienillä toimilla sen syntyä voi ehkäistä. Materiaalihukan muodostuminen riippuu seuraavista seikoista:

- rakentamisen ajoituksesta
- puutteellisista ja virheellisistä suunnitelmista
- suunnitelmista poikkeamisesta
- suunnitellun materiaalinkäytön ja materiaalistandardien yhteen sopimattomuudesta
- virheellisestä työsuorituksesta
- huonosta ja puutteellisesta työsuunnittelusta
- huolimattomasta työmaajärjestyksestä ja
- poikkeuksellisista sääolosuhteista johtuvasta materiaalien käyttökelvottomaksi muuttumisesta. (Ratu 2000, 2.)

Työmaalla virheellisistä työsuorituksista syntyy materiaalihukkaa. Sen vähentämiseen ja poistamiseen vaikutetaan hyvällä työsuunnittelulla ja materiaalien oikealla käytöllä.

Taulukko 2. Keinoja materiaalihukan vähentämiseen työsuunnittelussa (Ratu 2000, 6-7).

Työsuunnittelu	Keinoja materiaalihukan vähentämiseen
Menetelmävalinta	<ul style="list-style-type: none"> • Otetaan huomioon käytettävien materiaalien ominaisuudet ja valitaan sellaiset työmenetelmät, joissa materiaalihukka on mahdollisimman pieni • Käytetään kyseisen materiaalin työstämiseen tarkoitettuja koneita. • Kehitetään vaihtoehtoisia menetelmiä, joilla materiaalihukan syntymistä voidaan ehkäistä, mikäli käytetyissä menetelmissä havaitaan puutteita.
Materiaalin käytön suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> • Materiaalin käyttö suunnitellaan, esim. levyjako, kohteessa mahdollisimman tarkasti. • Hyödynnetään myös syntyneet hukkapalat.
Työntekijöiden ohjaus	<ul style="list-style-type: none"> • Huolehditaan työntekijän koulutuksesta. • Ohjataan työntekijä järjestelmällisiin ja materiaalia säästäviin työtapoihin, joissa hyödynnetään myös syntyneitä hukkapaloja. • Poistetaan virheelliset työtavat.
Pakkauskoon valinta	<ul style="list-style-type: none"> • Käytetään työkohteeseen sopivia pakkauskokoja, kuten kerroskorkeuksia kipsilevyrankoja.
Materiaalin uudelleenkäyttö	<ul style="list-style-type: none"> • Lajitellaan syntyneet hukkapalat jätteisiin ja vielä hyödynnettäviin materiaaleihin. • Lajitellaan uudelleen käytettävät materiaalit erilleen kierrätettävistä. • Palautetaan uudelleen käytettävät materiaalit työmaan käyttöön. • Uudelleen käyttöön kelpaavat ylimääräiset kokonaiset materiaalit sekä hukkapalat, joille löytyy vielä taloudellisesti kannattavia käyttökohteita. • Arvioidaan myös uudelleen käytettävän materiaalin, kuten muottipuutavaran, taloudellinen uudelleen käyttö omalla tai toisella työmaalla.

Rakennusmateriaaleja käytetään mahdollisimman säästeliäästi. Uusien, täysmittaisten materiaalien käyttöä pyritään vähentämään hyödyntämällä jo syntynyttä hukkamateriaalia. Näin saadaan kustannussäästöä säästyvänä materiaalina, jätteiden siirtokustannuksissa työmaalla, kuljetuskustannuksissa kaatopaikalle, jätteiden käsittelymaksuissa ja jäteverossa. (Ratu 2000, 7.)

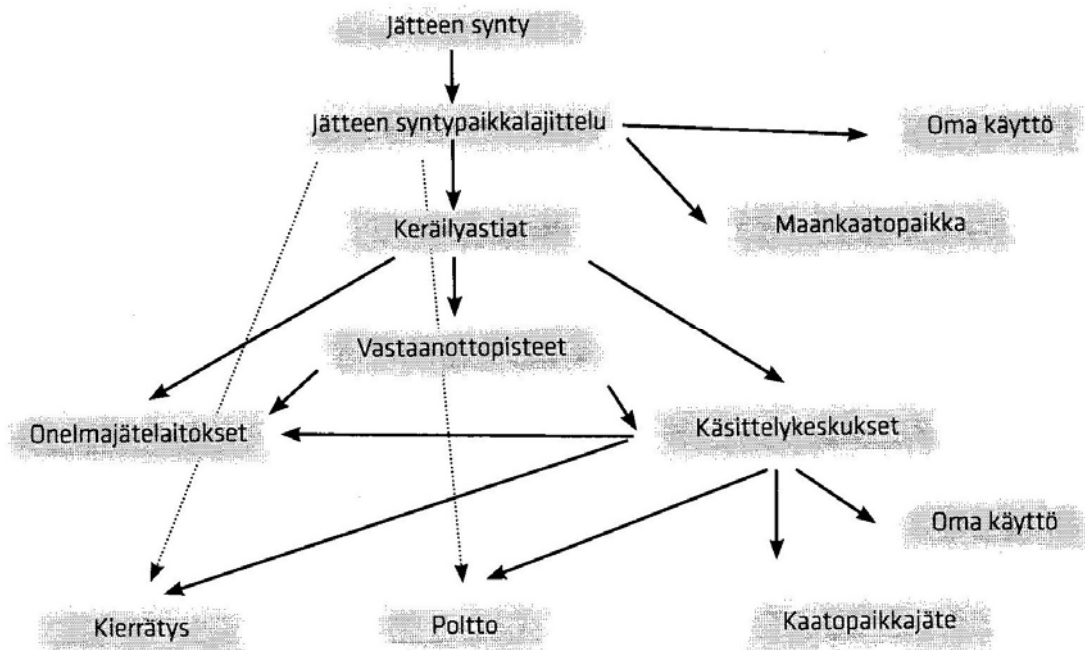
Taulukko 3. Keinoja, joilla materiaalilisten ja -hukan määrää voidaan vähentää (Ratu 2000, 9-13).

Materiaali	Keinoja materiaalilisten ja -hukan vähentämiseen
Betoni	<ul style="list-style-type: none"> • Merkitään valukorot tarpeeksi tiuhaan, jotta vältetään liian paksulta betonikerrokselta. • Seurataan betonin menekkiä valun edetessä ja tilataan viimeinen kuorma vasta, kun lopullinen massan tarve pystytään arvioimaan. • Muottien kestävyys on varmistettava riittäväillä tuennoilla, jottei muotti pääsisi petteämään kesken valun.
Harjateräs	<ul style="list-style-type: none"> • Käytetään esivalmistettuja irtoteräksiä, määrämittäisiä tankoja, valmiiksi mitoitettuja teräsverkkoja sekä parhaassa tapauksessa koko holvin levyisiä teräsmattoja. • Lajitellaan hukkapalat koon perusteella niiden myöhempää käyttöä varten, esim. hakojen valmistuksessa ja työsaumateräksinä.
Puutavara	<ul style="list-style-type: none"> • Käytetään esivalmistettuja rakenteita, esim. kattotuolit. • Korvataan muottipuutavara uudelleen käytettävillä muottielementeillä tai muottilevyillä. • Käytetään osittain turmeltunutta puutavaraa toissijaiseen käyttötarkeitukseen, esim. kaidepuuksi tai muottitavaraksi.
Rakennuslevyt	<ul style="list-style-type: none"> • Tilataan määrämittäisiä levyjä, esim. kerroskorkuisia kipsilevyjä. • Vältetään varastointia, jotta levyt säilyvät priimakuntoisina, esim. kipsilevyt ovat arkoja kosteudelle. • Suojataan valmiit pinnat kolhiintumisilta, esim. kulkureittien läheisyydessä.
Muottikalusto	<ul style="list-style-type: none"> • Korvataan puutavaran käyttö muottikalustolla. • Kierrätetään kalustoa työmaalta toiselle, esim. väestönsuojamuotteja. • Huolletaan kalustoa ohjeiden mukaan.

Työmaan luonteen mukaan jätettä kertyy eri työvaiheissa. Puurunkoisia pientaloja rakennettaessa eniten hukkamateriaaleja syntyi runkoa ja vesikattoa rakentaessa. Betonielementeistä kerrostaloa rakennettaessa jätteitä syntyi eniten perustusvaiheessa puujätteenä sekä sisävalmistusvaiheessa kipsilevyjätteenä ja kalusteiden pakkausmateriaaleina.

6 Työmaan jätehuolto

Jätehuollon suunnittelu on osa työmaan tuotannosuunnittelua. Jätehuollon suunnittelussa on oleellista vähentää syntyvän jätteen määrää ja ottaa talteen vielä käyttökelpoiset materiaalit. Syntyneet jätteet pyritään hyödyntämään toisessa käyttötarkoituksessa tai hyödynnetään sen sisältämä energia esimerkiksi polttamalla. Jos näitä ei pystytä taloudellisesti järjestämään, jätteelle etsitään sen laadun mukainen loppusijoituspaikka. (Ratu 2000,7.)



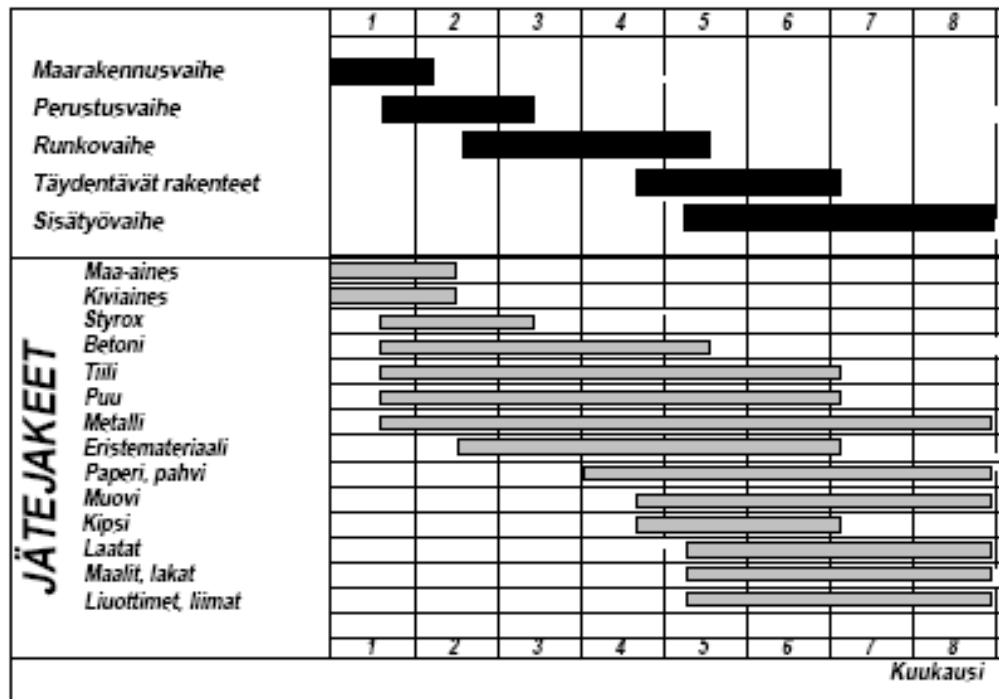
Kuvio 4. Jätteiden käsittely sisältää lajittelua eri käsittely pisteissä, kuljetuksia useaan kertaan ja erilaisia loppusijoituksia (Laine & Heljo 2007b, 15).

Työmaan jätehuollon pääperiaatteet:

- Rakennusjätteiden määrää ja haitallisuutta on pyrittävä vähentämään ja samalla hyödyntämistä lisäämään
- Rakennusjätteen haltijan on huolehdittava siitä, että rakennusjäte hyödynnetään, jos se on teknisesti mahdollista ilman kohtuuttomia lisäkustannuksia
- Rakentaminen on suunniteltava siten, että hyödynnettävät ja määräyksissä mainitut jätelajit pidetään erillään toisistaan. (Koski ym. 2010, 270.)

6.1 Jätteiden lajittelu

Jätteitä kerätään koko työmaan ajan; tontin raivaamisesta, kuten entisten rakennusten purkamisesta, aina viimeistelyvaiheeseen saakka. Jätteiden lajittelu on taloudellisesti kannattavaa heti, kun jätettä syntyy suurempia määriä. Kuviossa 5 on kuvattu eri jättejakeiden tyypillinen esiintyminen työmaan eri vaiheissa.



Kuvio 5. Jättejakeiden tyypillinen esiintyminen työmaan eri vaiheissa (Koski ym. 1998, 80).

Runkovaiheessa voidaan päästä vähäisiin jätekertymiin, mikäli käytetään esivalmistettuja osia ja määrämittäisiä materiaaleja. Uudisrakentamisessa eniten jätettä syntyy sisävalmistusvaiheessa. Jätteet koostuvat tällöin suurimmilta osin erilaisista materiaalihukista ja pakkausmateriaaleista. (Laine & Heljo 2007b, 32.)

Hyödynnettävät ja lajiteltavat jätteet kerätään työmaalla erillisiin astioihin. Taulukossa 4 on esitettyä rakennustyömaan jätteiden lajitteluperusteet.

Taulukko 4. Lajiteltavat hyötyjätteet (Ratu 2000, 8).

Lajiteltavat jättejakeet	Kierrätyd	Raaka-aine	Täytemaa	Energian tuotanto	Kompostointi	Kaatopaikka	Ongelmajäte	
Kivennäispohjainen jäte								VNp rakennusjätteistä
Kyllästämätön puu								
Metallit								
Maa-ainekset ja ruoppausmassat								Mahdolliset kunnalliset jätehuolto- määräykset
Keräyspaperi								
Pahvi								
Palava jäte								
Kipsi								
Tiilet								
Betonimurska								
Käyttökelpoiset rakennusosat								Jätelaki
Sekajäte								
Erilliskerätyt ongelmajätteet								

Jätteiden lajittelussa on hyvä suosia ns. syntypaikkalajittelua. Sillä tarkoitetaan jätteiden lajittelua ja erillään pitämistä niiden syntypaikoilla. Tavarankäytössä tarpeettomaksi se toimitetaan keräysastiaan tai -pisteeseen, tällöin syntypaikassa on helppo kontrolloida, mitä astiaan tai pisteeseen laitetaan. Tämä turvaa jätekertymän puhtautta eli sitä, ettei astiaan heitetä sinne sopimattomia jättejakeita. Syntypaikkalajiteltua materiaalia, esimerkiksi metallia päätyy harvoin kaatopaikalle tai se päätyy viimeistään kaatopaikan toimesta hyödynnettäväksi. (Kokkonen 2004, 39;41.)

6.2 Jätteen hyötykäyttö ja loppusijoitus

Jätteenhyötykäytöllä tarkoitetaan jätteen uudelleenkäyttöä, sen sisältämän materiaalin hyödyntämistä tai materiaalin hyödyntämistä energiantuotannossa. Kuten luvussa 2.2 on kerrottu, jätelaki ohjeistaa ensisijaisesti ehkäisemään jätteen syntyä. Lainsäädäntö asettaa jätteen uusiokäytön toiselle sijalle jätehuollon tärkeysjärjestyksessä, materiaalin hyödyntämisen kolmanneksi ja jätteen sisältämän energian hyödyntämisen neljänneksi. Jätteen hyötykäyttöä ei ole kaatopaikkasijoittaminen, se on energian ja hyötykäyttävien materiaalien hukkaamista. (Ekokem 2010, 2.)

Suurin osa rakentamisessa syntyvistä jätteistä on hyödyntämiskelpoista. Jätteiden hyötykäyttö palauttaa raaka-aineet uudelleen käyttöön, vähentää neitseellisten raaka-aineiden käyttöä ja pienentää kaatopaikkojen kuormitusta. Rakennusjätteen tehokasta hyötykäyttöä on esimerkiksi jätteen hyödyntäminen jo rakennuspaikalla, toisella työmaalla tai sen jalostamista rakentamisen tai muun teollisuuden raaka-aineeksi (Laine & Heljo 2007a, 17). Työmaalla syntyvä ylijäämä, kuten puhdas maa-aines, betoni ja metallit ovat raaka-aineita jollekin toiselle toimittajalle, kun taas osa rakennusjätteestä on selkeästi hyödyntämiskelvotonta. (Laine & Heljo 2007b, 10.)

Jätteiden käsittely työmaalla

- Jäteastioihin laitetaan lajimerkinnot ja lajitteluohjeet, joita noudatetaan.
- Työkohteessa jätteet siivotaan ja lajitellaan jäteastioihin, jotka tyhjennetään säännöllisesti.
- Jäteastioiden nostot ja siirrot suunnitellaan etukäteen.
- Hajonneista ja täysistä jäteastioista sekä muista jätehuollon puutteista ilmoitetaan työmaan kierrätysvastaavalle tai työnjohdolle.
- Järjestyksen ja jätehuollon tilaa seurataan viikoittaisilla TR-kierroksilla.
- Jätteiden poiskuljetus tilataan vain täysille kuormille.
- Jätteet tiivistetään kuljetusta varten. (Skanska 2010d.)

Jätteiden tiivistysmenetelmänä käytetään esimerkiksi työmaakäyttöön soveltuvaa jätepuristinta, joka soveltuu hyvin esimerkiksi poltettavan jätteen käsittelyyn. Pakkausjätteet, muovit ja pahvit voidaan paalata erikseen siihen soveltuvaa jätepaalainta käyttäen. Jätepaalaimella voi toki tiivistää monia muitakin rakennusjätteitä, mutta silloin siihen on varattava työvoimaa ja -tilaa. Eräällä Skanskan työmaalla ympäristövastaava paalasi muun muassa kuivatetut maalipurkit.

Hyötykäyttöön soveltumattomat jätteet toimitetaan kaatopaikalle. Osa jätteistä voidaan hyödyntää maanrakentamisessa. Kaivumaat voidaan tulkita jätteeksi tai tuotteeksi. Vaarallinen jäte on kerättävä muista jätteistä erillään ja kuljetettava niille tarkoitettuun vastaanottoon. Näiden jätteiden kuljetus, ammattimainen hyödyntäminen sekä käsittely ovat luvanvaraisia. (Laine & Heljo 2007a, 17.)

Energiajakeeksi kelpaamattomia tuotteita ovat muun muassa materiaalit, jotka saata-
vat sisältää PVC-muovia. Skanskalla ei ole jätehuoltosopimusta PVC-muovin hyödyntä-
jien kanssa, joten ne joudutaan toimittamaan kaatopaikalle. PVC-muovia sisältäviä
tuotteita ovat esimerkiksi muoviputket, muovimatot ja äänilevyt. (L&T 2012.) Urakka-
sopimuksiin, joiden materiaalina käytetään edellä mainittuja tuotteita, olisi hyvä sisäl-
lyttää ehto, jossa urakoitsija vie itse käyttämättömät ja ylijääneet materiaalit pois esi-
merkiksi takaisin tehtaalle, jossa tuotteet voisi ottaa uudelleen käyttöön. Näin työmaa
säästäisi selvää rahaa jätekustannuksissa ja aikaa.

Taulukko 5. Työmaalla syntyviä jätteitä sekä niiden käsittely- ja loppusijoituspaikkoja (Laine &
Heljo 2007a,18).

Jätejake	Käsittely ja loppusijoituspaikka
Mineraaliperäiset jätteet	Tiili- ja betonimurska, klinkkeri- ja kipsilevymurske voi- daan käyttää työmaan täyttöissä tai muissa täyttökohteis- sa, kuten esimerkiksi tienrakentamisessa
Betoni	Purkubetoni voidaan murskata ja käyttää tienrakentami- sessa raaka-aineena
Tiilet	Ehjänä säilyneet puhtaat purkutiilet voidaan kierrättää. Rikkoutuneet tiilet voidaan murskata ja käyttää maanra- kennusaineena.
Puu	Muottitavara puhdistetaan ja kierrätetään mahdollisimman moneen kertaan. Kuormalavat voidaan palauttaa tavarantoimittajalle uudel- leen käyttöön. Puun työmaakäsittelyssä syntyvät hukkapalat ja puukuitu- levyt kerätään poltettavaksi. Puuperäiset levyt, joiden valmistukseen on käytetty ympä- ristölle haitallisia lisäaineita, voidaan käyttää energiantuo- tantomuunon asianmukaisissa polttolaitoksissa.
Metallit	Rauditusteräket, peltilevyt, kattopellit, peltipurkit, IV- putket, valurauta, kaapelit, tiskipöydät, kylpyammeet ja kodinkoneet (ei kylmälaitteita) voidaan kerätä metalliro- muna teollisuuden raaka-aineeksi. Alumiini, messinki, kupari ja ruostumaton teräs kerätään erikseen muista metalleista, niiden paremman hyötykäyttöarvon vuoksi.
Maa-ainekset	Maa-ainekset sijoitetaan suunniteltuun käyttöön. Risut, kannot ja oksat voidaan hakettaa kompostoitavaksi tai polttoaineena käytettäväksi.
Pahvi	Puhdas ja kuiva pahvi voidaan kerätä erikseen ja toimittaa pahvinkeräykseen.
Kipsi	Kipsilevyjäte voidaan kerätä kipsilevyn valmistukseen käy- tettävänä raaka-aineena. Levyn pinnalla oleva paperi sekä sen mahdollinen käsittely ei haittaa hyödyntämistä. Kipsi- levyjätteen tulee olla puhdasta ja kuivaa.

7 Kustannukset

Keskeisin merkitys jätemäärien ja jätehuoltokustannuksien syntymiseen on rakennustyömaalla tapahtuvalla toiminnalla. Uudisrakentamisen jätteet koostuvat materiaalien ylijäämästä (hävikistä) sekä pakkausjätteistä. Jättemääriin vaikuttavat myös rakennuspaikka, käytettävät materiaalit, suunnitellut rakenteet ja rakennusosat. (Hyödynmaa 1997, 5.)

7.1 Kirjallisuuden arvio

Talonrakennustyömaan jätekustannus on karkealla tasolla arvioiden 400-500 €/jätetonni, josta hieman alle puolet on hävikiksi päätyneen materiaalin hankintakustannusta. Hyvin suunnitellulla ja hallitulla työmaalla syntyy jätettä mm. kohteen ominaisuuksista ja toteutustavasta riippuen 2-6 kg/rm². Tavanomaisen kokoisella asuinkerrostalotyömaalla (10 000 rm³) syntyy näin ollen jätettä 20-60 tonnia, josta aiheutuneet kustannukset ovat 10 000-30 000 euroa. Kun mukaan lasketaan myös ns. työympäristövaikutus (mm. jätteiden aiheuttama tuottavuuden aleneminen ja tapaturmakustannukset), päädytään asuinkerrostalon jätekustannuksissa jopa 40 000 euroon. Jätekustannusten pienentämisessä tärkeintä on pyrkiä vähentämään syntyvien jätteiden määrää. Jätteiden käsittelyn tehostaminen ja esimerkiksi lajittelu eri jätejakeisiin on usein välttämätöntä, mutta jätekustannusten vähentämisen kannalta toissijaista. (Koski ym. 2010, 269.)

Lajitellun jätteen hinta, esimerkiksi puu- tai betonijätteen osalta, on noin kymmenen kertaa pienempi sekajätteeseen verrattuna. Materiaalin hyötykäyttö, jo heti työmaalla, tai muualla vähentää työmaan jätekustannuksia ja kuljetuksia. Lajitellusta hyötyjätteestä, kuten metalliromusta työmaa voi saada myös tuloja. (Laine & Heljo 2007b, 34.)

7.2 Kustannusjakauma Isossa-Britanniassa

Joka vuosi Englannissa ja Walesissa tuotetaan yli 90 miljoonaa tonnia rakennus- ja purkujätettä, mikä muodostaa lähes 25 % kokonaisjätteistä. Tämä tarkoittaa jätemäärän osalta yli 30 % kasvua vuodesta 1999. Jätteestä noin 13 miljoonaa tonnia on itse asiassa käyttämätöntä materiaalia eli materiaalihukkaa, jonka voisi käyttää hyödyksi.

On arvioitu, että talonrakennussektorilla kymmenen rakennetun talon materiaalihävikitä voisi rakentaa yhden kokonaisen talon. Seuraavassa taulukossa on eriteltyä jätemateriaalin määrän jakautuminen sekä niiden kustannusjakautuminen.

Taulukko 6. Hukkamateriaalin määrän sekä jätteen kokonaiskustannusten jakautuminen (Sagar, N. 15.9.2011).

Materiaali	%-kokonais- määrästä	%-kokonais- kustannuksista
Kova materiaali	32 %	6 %
Puutavara	24 %	6 %
muovit	15 %	0 %
Muottikalusto	9 %	2 %
Kipsi	6 %	1 %
Metalli	6 %	46 %
Paperi	4 %	17 %
Kasvillisuus	3 %	0 %
Maalaji	1 %	0 %
Maali	0 %	22 %

Rakennusteollisuudella meni vuonna 2005 noin 200 miljoonaa puntaa (240 miljoonaa euroa) pelkästään kaatopaikkaveroon. Jätekuksannukset aliarvioidaan melkein joka teollisuuden alalla ja tämä pätee myös rakennusteollisuuteen.

Isossa-Britanniassa on tehty kustannuslaskelma rakennusjätteen todellisista kustannuksista. Siinä on laskettu yhteen materiaalin hankintahinta ja kuljetusmaksut, materiaalin käsittelyyn, varastointiin, siirtoihin ja kierrätykseen menevät kustannukset sekä materiaalihävikin hinta. Taulukossa 7 on laskettu yhden 6 m³ kokoisen jäteastian kustannusjakauma.

Taulukko 7. Jätteiden kustannusjakauma (Sagar, N. 15.9.2011).

Vaihtolavan vuokra	13 %
Työvoima	11 %
Materiaalihukka	76 %

(Sagar, N. 15.9.2011.)

7.3 Materiaalihävikin muodostuminen Suomessa

Tässä työssä on tarkasteltu materiaalihävikin todellisten kustannusten muodostumista vuositasolla työmaalla usein esiintyvien jätteiden osalta. Laskelmissa on huomioitu materiaalin hankintahinta, jätemateriaalien kuljetus-, käsittely- ja kalustokustannukset sekä jätemaksut. Työmaalla jätteiden käsittelyn työvoimakustannukseen on laskettu ympäristövastaavan vuosiansiot sosiaalikuluihin. Työn ulkopuolelle on rajattu muun muassa työnjohdon ja muiden työntekijöiden kustannukset.

Seuraavat jätteitä käsittelevät osiot perustuvat Skanska-kohtaisiin lukuihin, niiden pohjana on käytetty lähteiden Skanska Oy 2011e sekä L&T 2012 tietoja.

7.3.1 Betonijäte

Betonin hankintahinta vaihtelee suuresti massan ominaisuuksien mukaan. Vuosittain betonia ostetaan noin 90 - 100 tuhatta kuutiota eli 225 – 250 tuhatta tonnia. Pääkaupunkiseudulla betonijätteet toimitetaan takaisin Ruduksen betonitehtaalte. Vuonna 2011 betoni- ja tiilijätettä toimitettiin tehtaalle 2 090 tonnia. Tehtaalle toimitettu betonijäte on ylijäämäbetonia eli materiaalihukkaa. Ideaalissa tilanteessa tätä hukkaa ei syntyisi ollenkaan. Vähentämällä materiaalihukan vuosittaisista ostomääristä kustannussäästöjä tulee vain 1 %. Kaikki betonijätteet eivät kuitenkaan päädy tehtaalle, koska ne voidaan käyttää myös työmaan täyttöihin. Tämä on sallittua niissä tapauksissa, joissa siihen on saatu lupa. Työmaan täyttöihin menevästä käyttämättömästä eli hukabetonin määrästä ei ole tilastoitua tietoa. Näin ollen ideaalissa tilanteessa kustannussäästöjä tulisi todellisuudessa enemmän.

Betonin jätekustannukset muodostuvat betonikappaleen koosta, painosta sekä tarkastusmaksusta. Kovettuneen betonikappaleen halkaisija on käsittelymaksun suuruuden perusteena. Halkaisijan ollessa leveimmältä kohdalta mitattuna 1-5 metriä kappaleen käsittelyhintana on yli 60 % suurempi verrattuna kappaleeseen, jonka halkaisija on metrin tai sen alle. Työmaa saisi jätekustannussäästöjä, mikäli ylijääneen betonin kappaleet olisivat alle metrin halkaisijaltaan. Tiilijätteet kannattaa pitää erillään betonijätteestä. Mikäli betonijäte sisältää tiiltä, sen käsittelykustannus on yli kaksinkertainen verrattuna erikseen kerätyistä.

Taulukko 8. Kustannusjakauma betonijätteistä

Käsittely	8 %
Työvoima	9 %
Materiaalihukka	82 %

7.3.2 Energiajajae

Energiajajaeita ovat kaikki polttokelpoiset jätteet, joita ovat esimerkiksi: puutavarat, pakkaus- ja vaahtomuovit, polyuretaani sekä pahvit. Suurin osa energiajajakeesta on kuitenkin rakennusmateriaalien ja -osien pakkausmateriaaleja eli muoviva ja pahvia. Niiden hankintahintaa on vaikea arvioida, koska pakkausmateriaalit ostetaan aina tuotteen mukana. Tavarantoimittajat eivät merkitse laskuihin erikseen, mitä kyseisen materiaalin pakkaaminen tulee maksamaan. Osa materiaaleista pakataan paremmin kuin toiset, hyvänä esimerkkinä ovat kalusteet, joiden kunnossa pysymisen ehtona ovat erilliset pakkaukset, ja näin ollen muovin ja pahvin suuri käyttö.

Ympäristö- ja kustannustehokkaampaa on kierrättää osa energiajajakeen jätejakeista erikseen, kuten puujäte. Sitä syntyy työmaalla niin paljon, että siitä ei ole järkeä maksaa energiajajakeen käsittelymaksua, joka on yli kolmenkertainen sekalaiseen puujätteen verrattuna. Erikseen kerättyinä jätehuolto-yhtiö ei peri muovista ja pahvista lainkaan jätteenkäsittelymaksua. Muovijätteitäkin on erilaisia, kuten PE-HD-muovit, jotka kannattaa kerätä myös erikseen. Tällöin jätehuolto-yhtiö lupaa niistä hinnaston mukaisen materiaaliyhvityksen. Erikseen kerätystä pahvista saa myös materiaaliyhvityksen. Mikäli säkitettyä kalvomuvia on pahvin seassa, materiaaliyhvitystä ei tule. Materiaaleja, jotka saattavat sisältää PVC-muvia, ei sallita energiajajakeeksi.

Tämän työn puitteissa energiajajakeen hinnaksi arvioitiin 81 – 1 300 €/tn. Arvioinnissa puujäte osoittautui halvimmaksi ja muovijäte kalleimmaksi. Laskelmissa oletettiin, että puujäte kerätään muusta energiajajakeesta erikseen ja jäljelle jäävästä energiajajakeesta ¼ on muovia ja ¾ pahvia.

Jätehuoltokustannusten suurimpana menoeränä ovat jäteastioiden vuokrat ja niiden tyhjennyskustannukset sekä energijakeen käsittelykustannukset. Muovijätteet voidaan kerätä muovinkeräystelineisiin ja varastoida työmaalla esimerkiksi rullakoihin. Paalamalla muovijätteet mahtuvat pienempään tilaan, jolloin tyhjennysväli pitenee ja tyhjennyskertojen määrä pienenee. Pahvijätteet voidaan myös paalata tai viikata rullakoihin. Energiajake saadaan puristettua pienempään kokoon jätepuristimella.

Taulukko 9. Kustannusjakauma energijakeesta

Kalusto	28 %
Käsittely	13 %
Työvoima	4 %
Materiaalihukka	55 %

7.3.3 Kipsijäte

Kipsilevyn hankintahintaan vaikuttavat tilattujen levyjen mitat, pakkauskoot, suojahuiput, erikoisniput, puulavat ja kuljetusmatkat. Laskelmissa materiaalihukan arvioitiin olevan kahdeksan (8) prosenttiyksikköä vuotuisista hankintamääristä.

Kipsijätteenä kelpaavat kaikki pinnoittamattomat uudet kipsilevyt, myös kastuneet. Uudellamaalla jätehuoltoyhtiö toimittaa kipsilevyjätteet suoraan Kirkkonummelle Gyprocille laitospuristukseen ilman jätteenkäsittelymaksua. Gyproc ei ole investoinut vaakoihin, joten kipsijätelavaa ei pystytä punnitsemaan. Jätehuoltoyhtiön arvio on, että jätelava painaa keskimäärin neljä (4) tonnia. Kipsijätteen jätehuoltokustannukset syntyvät näin ollen vain jäteastian vuokrista ja niiden tyhjennyskerroista. Kertomalla vuotuiset tyhjennyskerrat keskimääräisellä jätelavan painolla saadaan lähes sama summa, kuin edellä mainittu vuosittainen materiaalihukan osuus. Näin ollen jätehuoltoyhtiön arvioima jätelavan paino on luotettava.

Taulukko 10. Kustannusjakauma kipsijätteestä

Kalusto	15 %
Työvoima	7 %
Materiaali hukka	79 %

7.3.4 Metallijäte

Metallijätteeksi kelpaavat pelti- ja metalliromu, juoma-, säilyke- ja metalliastiat, kaapelit, emalipinnoitetut astiat, tyhjät ja kuivat maaliastiat, tynnyrit ja niiden kannet, kruunu ja kierrekorkit, alumiinivuoat ja foliot, vanteet sekä metalliset huonekalut. Materiaalit, jotka sisältävät muovia, maalijäämiä, eristeitä tai vaarallisten aineiden pakkauksia ei sallita metallijätteeksi. Metallin hankintahinta vaihtelee suuresti sen käyttötarkoituksen mukaan. Teräksen hankintahinta vaihtelee paksuuden ja pinnoituksen mukaan, toisen tangon hinta voi olla yli kymmenkertainen toiseen verrattuna.

Metallijätteen vuotuiset käsittelykustannukset koostuvat lähinnä jäteastian tyhjennyksistä. Jätehuolto-yhtiö maksaa puhtaasta metalliromusta hyvityksen. Metallijätteen käsittelykustannukset ovat suhteessa niistä saatuun hyvitykseen pienet, vain 17 %. Työmaat eivät kuitenkaan aina palauta metalliromujaan jätehuolto-yhtiölle, koska muut toimittajat maksavat metallista paremman hyvityshinnan. Jätehuoltosopimukseen pitäisi saada kilpailukykyisempi hyvityshinta metalliromun osalta, silloin tulokset olisivat vertailukelpoisempia.

Taulukko 11. Kustannusjakauma metallijätteestä

Kalusto	15 %
Työvoima	10 %
Materiaali hukka	75 %

7.3.5 Rakennusjäte

Vaikeinta opinnäytetyössä oli arvioida rakennusjätteen hankintahinta, koska rakennusjäte voi sisältää oikeastaan ihan mitä vaan. Rakennusjätettä ei ole: vaaralliset jätteet, sähkö- ja elektroniikkaromut, painekyllästetty puu, asbestia sisältävät materiaalit tai biojäte.

Rakennusjätteen jätehuoltokustannuksista ehdottomasti suurin osa on sen käsittelykustannukset. Verrattaessa energijakeen käsittelykustannuksiin rakennusjätteen hinta on melkein 30 % suurempi.

Jätehuoltoyhtiö ilmoitti, että heidän keskimääräinen hyötykäyttöasteensa rakennusjätteen osalta on 90 %. Laitoksella lajitellusta rakennusjätteestä hyödynnetään 40 % energiana, 30 % materiaalina (teräs, alumiini, betoni, tiili ja puu) ja 20 % jätteestä on seula-alitetta, jota hyödynnetään maa-aineena kaatopaikkarakentamisessa. Jäljelle jäävä 10 % päätty loppusijoitukseen kaatopaikalle. (Heino 20.12.2011.)

Skanskan asuntoyksikön vuonna 2011 luovuttamien kohteiden rakennusjätteen määrä oli keskimäärin 41 tonnia. Etelä-Suomessa rakennusjätteen osuus on pienempi muuhun maahan verrattuna, mutta määrät ovat keskimäärin suurempia projektityypeistä johtuen. Työssä havaittiin yksi Skanskan työmaa, jossa rakennusjätettä ei muodostunut koko työmaan aikana lainkaan.

Taulukko 12. Kustannusjakauma rakennusjätteestä

Kalusto	5 %
Käsittely	15 %
Työvoima	0,3 %
Materiaali hukka	80 %

7.3.6 Sekalainen puu

Sekalaista puujätettä ovat parketit, laminaatit, lastulevyt, vanerit, kovalevyt, sahanpurut, kaapit, ovet, kalusteet, betoniset laudat, risut, oksat (alle 20 cm paksut), käsittelemättömät puut sekä maalatut ja lakatut puut. Puujätelavalle ei saa missään nimessä laittaa painekyllästettyä puuta, joka luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. Rakentamisessa puuta käytetään hyvin paljon ja erilaisissa tarkoituksissa. Tämä huomataan jo puujätelavaa tarkasteltaessa.

Sekalaisen puun jätekustannusten suurimmat menoerät ovat jäteastian tyhjennyskustannukset ja puujätteen käsittelykustannukset, jotka ovat yhteensä 84 % kokonaisjätekustannuksista. Tästä voidaan suoraan olettaa, että mikäli puujätettä kertyisi työmaalla vähemmän, tyhjennyskertoja olisi vähemmän ja näin ollen jätehuoltoyhtiöllä olisi vähemmän käsiteltävää puujätettä. Jätehuoltoyhtiön antaman hinnaston mukaan sekalaisen puujätteen käsittelyhintaa on yksi pienimmistä. Puujätelavan sisältäessä painekyllästettyä puuta veloitetaan koko jätelava painekyllästetyn puun hinnalla, joka on hinnaltaan 85 % suurempi kuin sekalainen puujäte. Puujätelavalle päätyy myös paljon puulaivoja. Jätehuoltoyhtiö ei peri lainkaan käsittelykustannuksia erikseen kerätyistä puulaivoista, joten olisi järkevää kerätä ne erilleen.

Sekalaisen puun materiaalihävikkinä käytettiin laskelmissa kahdeksaa (8) prosenttiyksikköä vuosittaisista kokonaisostomääristä. Näin laskettuna hävikkiä kertyy 200 tonnia enemmän kuin jätehuoltoyhtiön toimitettua jätetuuta. Luvut ovat sinänsä realistisia, koska osa puujätteistä annetaan omaan käyttöön, esimerkiksi saunapuiksi. Tämä ei kuitenkaan ole sallittua jätelaissa, jossa määrätään, että jätteen saa luovuttaa vain sellaiselle toimijalle, jolla on lupa kyseisen jätteen vastaanottamiseen. Ideaalissa tilanteessa, jossa materiaalihukkaa ei kerry ollenkaan vuosittaisissa puun materiaalikustannuksissa säästettäisiin 8 %.

Jätehuoltoyhtiö arvioi, että puujätelava painaa keskimäärin tyhjennettäessä 1,5 tonnia. Jätehuoltoyhtiön toimittaman raportin perusteella arvioin kuitenkin, että puujätelava painaa enemmän, melkein 2 tonnia (1,92 tn).

Taulukko 13. Kustannusjakauma sekalaisesta puujätteestä

Kalusto	23 %
Käsittely	26 %
Työvoima	2 %
Materiaali hukka	49 %

7.3.7 Rakennusvilla

Pääkaupunkiseudulla toimiva jätehuolto-yhtiö ei ota erikseen toimitettua villajätettä enää vastaan. Jätehuolto-yhtiöön toimitetusta rakennusvillasta peritään rakennusjätteen käsittelymaksu. Ympäristötehokkaampaa olisi toimittaa kuivat eristevillat Eko Expertin tehtaalte. Eko Expert ei peri tuotteista minkäänlaista käsittelymaksua. He myös noutavat kuivat villajätteet veloituksetta työmaalta pyydetessä. Villajätteen kustannuksia on vaikea arvioida tilastointitietojen puuttuessa. Selvää on kuitenkin se, että mikäli villajäte toimitetaan jätehuolto-yhtiön toimesta hävitettäväksi, jätehuoltokustannukset moninkymmenkertaistuvat verrattuna Eko Expertille toimitettaessa.

7.4 Tulosten tarkastelu

Materiaalihukan osuus kokonaisjättekustannuksista on ylivoimaisesti suurin. Kalustokustannuksissa on huomioitu vuosittaiset jäteastioiden, -puristimien ja -päälaimien toimitus-, vuokra- ja tyhjennyskustannukset. Käsittelykustannukset pitävät sisällään jätehuolto-yhtiön perimät tarkastus-, punnitus- ja käsittelymaksut. Työvoimakustannuksissa on arvioitu ympäristövastaavan vuosipalkka sosiaalikuluneen.

Taulukko 14. Jättekustannusten jakautuminen.

Jätejäte	Kalusto	Käsittely	Työvoima	Materiaalihukka
Betonijäte		8 %	9 %	82 %
Energiajäte	28 %	13 %	4 %	55 %
Kipsijäte	15 %		7 %	79 %
Metallijäte	15 %		10 %	75 %
Rakennusjäte	5 %	15 %	0,3 %	80 %
Sekalainen puu	23 %	26 %	2 %	49 %

Työssä saatuja tuloksia on vaikea verrata kirjallisuudessa esiintyviin lukuihin, koska aiheen kirjallisuus keskittyy yhden työmaan jättekustannuksiin. Työssä tarkastellaan koko Skanskan Etelä-Suomen alueen vuosittaisia jätemääriä ja niistä aiheutuvia kustannuksia.

Verrattaessa Suomen jättekustannusten jakautumista Isosta-Britanniasta saatuihin lukuihin, tulokset ovat samaa suuruusluokkaa. Isossa-Britanniassa työvoimakustannukset ovat hiukan suurempia kuin täällä meillä. Tämä saattaa johtua siitä, että Isossa-Britanniassa kustannuksiin on laskettu useamman henkilön palkka. Mikäli tehtyihin laskelmiin työvoiman osalta laskettaisiin mukaan esimerkiksi siivoajien palkat, luvut olisivat lähempänä toisiaan. Isossa-Britanniassa ei eritelty erikseen jätehuoltoyhtiön käsittelykustannuksia, kuten tässä työssä on tehty. Suomen jätehuoltokustannukset ovat 10 % kokonaiskustannuksista.

Taulukko 15. Jätteiden kustannusjakauman vertailua Suomessa ja Isossa-Britanniassa.

	Kalusto	Käsittely	Työvoima	Materiaalihukka
Suomi	14 %	10 %	5 %	71 %
UK	13 %		11 %	76 %

Viimeiseen taulukkoon on eritelty laskelmien pohjalta saatuja Skanskan Etelä-Suomen alueen vuosittaisia jätehuoltoyhtiön tilastoimia jätemääriä ja niistä aiheutuvia kokonaiskustannuksia.

Taulukko 16. Vuosittaisia jätemääriä ja niistä aiheutuvia kustannuksia.

Jätejäte	tn	€/tn	€
Betonijäte	2 090	44	90 960
Energiajäte	203	456	92 570
Kipsijäte	332	228	75 700
Metallijäte	287	163	46 780
Rakennusjäte	2 255	733	1 652 920
Sekalainen puu	2 102	81	170 260
Yht.	7 270	Ka 305	2 129 190

Kustannuksia tarkastellessa eniten epävarmuustekijöitä huomataan rakennusjätteen hinnassa. Todellisuudessa rakennusjätteen hinta on maksimissaan tämän 733 €/tn ja minimissään 456 €/tn, joka on energiajätteen hinta. Laskelmien perusteena käytettiin Skanskan tekemää arviointia "normityömaasta", joka kuvaa Etelä-Suomen asuuntoyksikön keskimääräistä kerrostalokohdetta. "Normityömaan" materiaalikustannuksista arvioidaan keskimääräiseksi hukkaprosentiksi 4 %, josta 40 % on rakennusjätettä. Jäljelle jäävä luku jaetaan Skanskan viime vuonna keskimäärin luovutettujen kohteiden jätemäärällä, 41 tonnilla.

8 Yhteenveto

Suomen jätelaissa säädetään, että jätteiden synnyn määrää ja haitallisuutta on pyrittävä ensisijaisesti vähentämään. Syntynyt jäte on uudelleenkäytettävä ja vasta toissijaisesti kierrätettävä. Mikäli kierrätys ei ole mahdollista, jäte on hyödynnettävä muulla tavoin, kuten polttamalla. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä.

Skanska on tehnyt tavoitteellista ympäristötyötä vuodesta 1995 lähtien. Materiaalihukan pienentäminen ja jätehuollon tehostaminen ovat yksi sen ympäristöpäämääristä. Skanskan ympäristöperiaatteena taas on, ettei työmailta päädy lainkaan jätteitä kaatopaikalle. Pääkaupunkiseudulla tähän tavoitteeseen on joillakin työmailla päästy. Vuonna 2011 ei saavutettu uudisrakennustyömaiden jätemäärätavoitetta, jolloin jätettä syntyi $5,61 \text{ kg/rm}^3$. Kirjallisuudessa arvioitiin, että hyvin suunnitellulla ja hallitulla työmaalla jätettä kertyy $2-6 \text{ kg/rm}^3$. Vielä on parannettavaa, vaikka Skanskan jätemäärä kirjallisuudesta saadun arvion sisään sijoittuikin. Toimimalla Skanskan toimintajärjestelmän mukaisesti ja käyttämällä kaikille työmaille vakioituja työkaluja, kuten LTT:tä, saavutetaan materiaalisäästöjä ja parannetaan tuottavuutta. Lopultakin se on kuitenkin työmaasta kiinni, noudatetaanko sääntöjä.

Materiaalihukan syntymiseen voidaan vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa, jossa valitaan kaikki käytettävät tuotteet ja materiaalit. Erilaisten valmisosarakenteiden käyttöä on suosittava, jolloin työmaalla käsiteltävien materiaalien määrä pienenee ja hukkaa syntyy vähemmän. Määrälaskennan laskemiin lukuihin ei voida luottaa sataprosenttisesti, koska laskentavaiheessa käytetyt piirustukset ovat hyvin muutosalttiita eikä niissä ole huomioitu lainkaan asukasmuutoksia. Materiaalihävikin minimoimiseksi työmaan on varmintä laskea materiaalimenekit itse, tilausta tehdessä. Rakentamisessa syntyvän materiaalihävikin syntyyn vaikuttaa työmaalla asentajan kokemus. Virheiden vähentämiseen ja poistamiseen vaikutetaan hyvällä työnsuunnittelulla ja materiaalien oikealla käytöllä.

Työmaan käynnistysvaiheessa laaditaan ympäristö- ja jätehuoltosuunnitelma yhdessä ympäristövastaavan kanssa. Viimeistään sisävalmistusvaiheeseen on suositeltava hankkia jätehuoltoyhtiöltä jätepuristin, jolla tehostetaan jäte- ja kierrätysmateriaalien keräystä ja kuljetusta. Aliurakkasopimuksiin kannattaa sisällyttää ehtoja liittyen materiaali-

hävikin vähentämiseen sekä ylijäämämateriaalin pois kuljettamiseen. Ahtailla tai vaikeasti liikennöidyillä työmailla käytetään runkovaiheessa täsmätoimituksia.

Eri rakennusmateriaalien jätehuoltokustannusten pienentämiskeinot vaihtelevat materiaalilajeittain hyvin paljon, joten niistä on vaikeaa löytää vain yhtä yhdistävää tekijää. Taulukossa 17 on esitetty muutamia parannusehdotuksia. Kustannustehokkainta olisi käsitellä jokainen materiaali erikseen. Ratu-korteista löytyy työvaihekohtaisia toimenpiteitä materiaalihukan minimointiin. Isossa-Britanniassa tehdyn tutkimuksen perusteella suurimmat kustannukset yksittäisen jäteastian osalta ovat materiaalihävikit. Suomen ja Ison-Britannian jätekustannusten jakautuminen on samaan suuruusluokkaa. Ehdottomasti suurimmat kustannukset syntyvät materiaalihävikistä.

Taulukko 17. Jätehuoltokustannusten pienentämiskeinoja

Betoni	<ul style="list-style-type: none"> • Ylijääneet betonikappaleet, jotka toimitetaan tehtaalle max Ø 1 m. • Kierrätetään tiilijätteet erillään betonista.
Energiajäte	<ul style="list-style-type: none"> • Kierrättämällä puujäte erikseen. • Kierrättämällä pahvit ja muovit (PE-HD) erikseen. • Käyttämällä erilaisia puristimia ja paalaimia jätteiden tiivistämiseen.
Kipsijäte	<ul style="list-style-type: none"> • Materiaalihävikin pienentäminen.
Metallijäte	<ul style="list-style-type: none"> • Nostamalla jätehuoltoyhtiön hyvityshintoja.
Rakennusjäte	<ul style="list-style-type: none"> • Otettava esimerkkiä Etelä-Suomen työmaista, joissa rakennusjätettä ei kerry ollenkaan. • Lopettamalla kokonaan rakennusjätteen keräämisen.
Sekalainen puu	<ul style="list-style-type: none"> • Materiaalihävikin pienentäminen. • Keräämällä puulavat erikseen. • Kierrättämällä painekyllästetyt puutavarat erikseen, vaarallisina jätteinä.
Rakennusvilla	<ul style="list-style-type: none"> • Pitämällä jätevilla kuivina.

Tulosten todenmukaisuutta voidaan epäillä, koska Skanskan tilastoimissa tiedoissa on hyvin paljon eroavaisuuksia riippuen siitä, mistä materiaalista on kyse. Jätehuoltoyhtiön toimittamien raporttien jätemääriä ei voi suoraan verrata työmaalla syntyvän jätteen eli materiaalihävikin määrään, koska kaikkia jätteitä ei toimiteta jätehuoltoyhtiöön. Esimerkiksi betoni- ja tiilijätteet voidaan käyttää myös työmaatäytöissä. Metallijätteet toimitetaan toisinaan muille toimittajille, koska jätehuoltoyhtiön maksama hyvitys on alhaisempi kuin heillä.

Parannusehdotuksena Skanskan työmaiden tulisi kerätä jokainen jätejäte erikseen, jolloin esimerkiksi energiajätettä ei kerättäisi lainkaan. Jätehuoltoyhtiöiden kuljetusautot

tulisi varustaa omilla vaa'oilla, jolloin jäteastian painot saataisiin selville heti lastausvaiheessa. Näiden tietojen perusteella voitaisiin helpommin verrata ostettavan hukkamateriaalin hintaa materiaalista aiheutuviin jätekustannuksiin. Ongelmaa tuottaisivat kuitenkin tuotteet, jotka sisältävät useampia materiaaleja.

Työmaan toimilla säästetään rahaa. Kun jätettä syntyy työmaalla vähemmän, käsiteltävän materiaalin määrä ja jätekuljetukset vähenevät, jolloin jätekustannukset pienenevät. Tämän seurauksena jätteistä aiheutuneet työt vähenevät ja resursseja vapautuu muihin töihin. Ja työympäristön siisteys paranee, energian kulutus pienenee sekä ympäristökuormitus vähenee.

Lähteet

Ekokem. 1/2010. Jätteet hyötykäyttöön. Forssa: Painotalo Auranen.

Haapasalo, H. 2010. Lean managementin merkitys tuotannollisessa toiminnassa -filosofiaa ja käsitteitä. Viitattu 22.11.2011
<<http://tuta.oulu.fi/filosofia%20ja%20tuokalu.pdf>>

Hyödynmaa, M. 1997. Rakennustyömaan jätehuolto. Helsinki: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.

Heino, J. 20.12.2011. Rakennusjätteet. [Sähköpostiviesti] Vastaanottaja: Mira Oinaskallio. Viitattu 28.2.2012

Sagar, N. 15.9.2011. The true cost of waste - how much!!?? [Sähköpostiviesti] Vastaanottaja: Kaisa Kekki. Viitattu 10.3.2012.

Ikäläinen, E. 2011. Toimintajärjestelmä ja Y3 rakentaminen prosessi. Kurssimateriaali. Skanska Talonrakennus Oy.

Ikäläinen, E., Kolhonen, R., Talvitie, U., Vainio, H. & Volanen, J. 2009. Skanskan luotettavan tuotannon toimintatavan ja keskitettyjen logistiikkaratkaisujen ympäristöhokkuus. Ympäristö-strategiatyö. Skanskan Johtava-koulutusohjelma.

Jätelaki nro 646/2011. 17.6.2011.

Kokkonen, E. 2004. Pk-yritysten mahdollisuudet rakennusjätteiden kierrätysliiketoiminnassa. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisu 29/2004. Edita Publishing Oy.

Koskela, L., Koskenvesa, A. 2003. Last Planner -tuotannonohjaus rakennustyömaalla. VTT Tiedotteita 2197. Espoo: Otamedia Oy.

Koski, H., Koskenvesa, A., Mäki, T., Kivimäki, C. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koski, H., Lehtinen, J., Perälä, A-L. & Kiviniemi, M. 1998. Talonrakennus työmaan jätehuollon kehittäminen, VTT Tiedotteita 1883. Espoo: Libella Painopalvelu Oy.

Laine, H., Heljo, J. 2007a. Rakennustyömaan ympäristö- ja jätehuolto-opas. Helsinki: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.

Laine, H., Heljo, J. 2007b. Rakennustoiminta Yrityksen jätehuolto. Helsinki: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.

Lassila & Tikanoja 2012. Rakennusjätteen lajitteluohjeet.

Oulun Yliopisto 2008. Lean Construction. Viitattu 24.1.2012 <<http://tuta.oulu.fi/lean-construction>>

Pirkanmaan elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus, Pakkaukset ja tuottajavastuu 2011. Viitattu 29.11.2011 <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=20623&lan=fi>>

Ratu 2000. Rakennustyön materiaalisät ja -hukat. Suunnitteluohje 1191-S. Rakennustieto Oy.

Rudus. Elpo-hormi. Viitattu 14.12.2011 <<http://www.rudus.fi/tuotteet/elpohormi>>

Skanska Oy 2003. Skanskan tapa toimia [intranet] Toimintajärjestelmä.

Skanska Oy 2010a. Luotettavan tuotannon toimintatapa. [intranet] Viitattu 8.11.2011. <<http://one.skanska.fi-fi/Projects--Procedures/Countries/Finland/Tyomaan-kaytannot/Luotettavan-tuotannon-toimintatapa-LTT/>>

Skanska Oy 2010b. Luotettavan tuotannon toimintatapa. [intranet] Viitattu 8.11.2011. <<http://one.skanska.fi-fi/Projektit-ja-toimintatavat/Countries/Finland/Tyomaan-kaytannot/Luotettavan-tuotannon-toimintatapa-LTT/Miksi-kayttaa-LTTta/>>

Skanska Oy 2010c. Sopimusasiakirja. Suomen Setlementtisäätiö. [sisäinen dokumentti] Kierrätys sopimus 3.12.2010.

Skanska Oy 2010d. Ympäristöpakka [sisäinen dokumentti]

Skanska Oy 2010e. Uutiset: Haku ympäristövastaavien oppisopimuskoulutukseen. [intranet] Viitattu 6.3.2012 <<http://one.skanska.fi-fi/Uutiset/Display-News/?newsid=gUs2KRCJ>>

Skanska Oy 2011a. Toimintajärjestelmä. [intranet] Viitattu 29.11.2011. <<http://one.skanska.fi-fi/Projects--Procedures/Countries/Finland/Toimintajarjestelma/>>

Skanska Oy 2011b. Ympäristötyö. Viitattu 30.11.2011. <<http://www.skanska.fi/fi/Tietoa-Skanskasta/Vastuullisuus/Ymparistovastuu/Skanskan-ymparistotyö/>>

Skanska Oy 2011c. Ympäristöperiaatteet. Viitattu 30.11.2011 <http://skanska.fi/Global/Tietoa_Skanskasta/Downloads/ymp%c3%a4rist%c3%b6periaattemme.pdf>

Skanska Oy 2011d. Materiaalitehokkuus. Viitattu 30.11.2011. <<http://www.skanska.fi/fi/Tietoa-Skanskasta/Vastuullisuus/Ymparistovastuu/Materiaalit/Jatteehyotykayttoon/>>

Skanska Oy 2011e. Sopimusasiakirja. Lassila & Tikanoja Oyj. [sisäinen dokumentti] Alueellinen kausisopimus jäte- ja ympäristöpalveluista Etelä-Suomi 30.6.2011.

Skanska Oy 2011f. Logistiikan käsikirja: Runkovaiheen täsmätoimitukset. [intranet] Luettu 6.3.2012 <<http://one.skanska.fi-fi/Projektit-ja-toimintatavat/Countries/Finland/Tyomaan-kaytannot/Tehokas-logistiikka-tyomaalla/Logistiikka-hankinnoissa/>>

Suomen Setlementtisäätiö 2012. Viitattu 10.1.2012 <<http://www.setmo.fi/?YLEIST%4>>

Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä nro 295/1997. 3.4.1997.

Ympäristöministeriö, Jätealan lainsäädännön kokonaisuudistus 2011. Viitattu
29.11.2011 <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=379258&lan=fi&clan=fi>>

