



Ville-Pekka Lehto

RAKENNETYYPPIKIRJASTON KEHITTÄMINEN

RAKENNETYYPPIKIRJASTON KEHITTÄMINEN

Ville-Pekka Lehto
Opinnäytetyö
Lukukausi Kevät 2012
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Koulutusohjelma, Rakennustekniikka

Tekijä: Ville-Pekka Lehto

Opinnäytetyön nimi: Rakennetyyppikirjaston kehittäminen

Title of thesis: Developing of the structure library

Työn ohjaaja: Martti Hekkanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2012 Sivumäärä: 56 + 61

Lähes jokaisella rakennusliikkeellä on käytössään rakennetyyppikirjasto, joka sisältää rakennusliikkeen eniten käyttämiä tyyppirakenteita. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda rakennusliike Lehto Oy:lle yhtenäinen rakennetyyppikirjasto, joka sisältää yleisimmät Lehto-optimi-konseptissa käytetyt rakenteet. Rakennetyyppikortteihin koottiin tiivistetysti ala-, väli-, ja yläpohja- sekä ulko- ja väliseinärakenteiden tekemiseen ja suunnitteluun tarvittavia ohjeita sekä rakenteeseen vaikuttavia rakentamismääräyksiä. Tavoitteena oli huomioida ala-, väli-, ja yläpohja- sekä ulko- ja väliseinärakenteita koskevat voimassaolevat rakentamismääräykset lämmön- ja ääneneristävyyden sekä palomääräysten osalta. Lisäksi tarkoituksena oli paneutua rakennetyyppien alustavaan kestävyuden ja lujuuden määrittelyyn.

Rakennetyyppien luominen aloitettiin kartoittamalla tilaajalle käyttökelpoiset rakenteet, joista kehitettiin tilaajan tarpeita parhaiten vastaavat rakennetyypit. Rakennetyyppien tiedot koottiin rakennusmateriaalien valmistajilta, tilaajan suunnittelupäälliköltä ja Suomen rakentamismääräyskokoelmasta. Rakennetyyppikorteista pyrittiin muodostamaan selkeät ja helppolukuiset, jotta tilaaja voi hyödyntää rakennetyyppejä tarjouslaskennassa sekä asiakkaan kvr-tarjouksen sisällön esittelyssä.

Opinnäytetyössä tilaajalle luotiin yhtenäinen rakennetyyppikirjasto, jota on tarvittaessa helppo muokata muuttuvien rakentamismääräyksien ja rakennusmateriaalien kustannuskehityksen mukaan. Lisäksi rakennetyyppikirjasto antaa hyvän pohjan kehittää Lehto-Optimiin kuuluvia rakennetyyppejä vieläkin enemmän detaljitasolle, kuten ulkoseinäelementtien liittymiin. Luotu rakennetyyppikirjasto antaa yrityksen toiminnasta ammattimaisemman kuvan asiakkaalle ja antaa lähtötietoja suunnitteluun. Rakennetyyppikorttien rakenne muodostettiin sellaiseksi, että rakenteita on tarvittaessa helppo mallintaa kustannuslaskentaohjelmaan. Muutamasta rakennetyypistä laskettiin kustannuksia, jotta saatiin käsitys käsiteltävän rakenteen hinnasta.

Asiasanat: Rakennetyyppikirjasto, rakennetyyppi, Suomen rakentamismääräyskokoelma

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 RAKENNETYYPPEIHIN VAIKUTTAVAT RAKENTAMISMÄÄRÄYKSET	9
2.1 Lämmöneristysvaatimukset	9
2.1.1 Vuoden 2010 lämmöneristysvaatimuksien määritelmät	9
2.1.2 Rakennuksen vaipan osien lämmöneristys	11
2.1.3 Lämmönläpäisykertoimen laskeminen	14
2.1.4 Vuoden 2012 energiatehokkuusvaatimukset	15
2.2 Tuotanto- ja varastorakennusten palomääräykset	17
2.2.1 Rakennuksen palovaarallisuusluokka ja suojaustaso	17
2.2.2 Rakennuksen paloluokan määrittäminen	19
2.2.3 Rakennusosien ja rakennusmateriaalien paloluokitukset	21
2.2.4 Palokuormat ja kantavien rakenteiden luokkavaatimukset	23
2.2.5 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 muutokset	25
2.3 Ääni ja äänen eristäminen	26
3 RAKENNETYYPPIKIRJASTON KEHITTÄMISPROSESSI	28
3.1 Rakennetyypin määritelmä	28
3.2 Rakennetyyppien luomisprosessi	29
3.3 Rakennetyypikirjaston tuotekehitysprosessi	30
4 RAKENNETYYPPIKIRJASTON SOVELTAMINEN LEHTO-OPTIMI-KONSEPTISSA	33
4.1 Lehto-Optimi-konsepti	33
4.1.1 Lehto-Optimi-konseptin toimintamalli	33
4.1.2 Rakennetyypikirjaston hyödyntämismahdollisuudet Lehto-Optimi-konseptissa	35
4.2 Oma rakennetyypikirjasto rakennusliike Lehto Oy:lle	36
4.2.1 Rakennetyyppien kehittämisprosessi	40

4.2.2 Esimerkki rakennetyypistä	42
4.3 Lehto-Optimin esimerkkikohde Raahen Lapaluotoon	44
4.4 Rakennetyyppien soveltaminen kustannuslaskennassa	47
4.4.1 Maanvaraisen kuitubetonilaatan rakentamisen kustannukset	48
4.4.2 Puurakenteisen välipohjan rakentamisen kustannukset	49
4.4.3 Elementtirakenteisen ulkoseinän rakentaminen	50
4.4.4 Puurakenteisen väliseinän rakentamisen kustannukset	51
5 YHTEENVETO	53
LÄHTEET	55
LIITTEET	
Liite 1. Rakennetyypikirjasto	

SANASTO

Askelääni	Muihin tiloihin kuuluva runkoääni, jonka aiheuttaa esimerkiksi kulkeminen lattialla tai portaissa tai esineiden siirtely
$L_{A,eq,T}$	Keskiäänitaso, jatkuva vakioäänitaso, jonka tehollisarvo on sama kuin vaihtelevan äänitason keskimääräinen tehollisarvo määritetyllä ajanjaksolla
$L_{A,max}$	Enimmäisäänitaso, tarkasteluajanjaksona esiintynyt voimakkuudeltaan korkein äänitaso määritetyllä aikapainotuksella. Ellei aikapainotusta erikseen mainita, tarkoitetaan aikapainotusta F (fast)
$L'_{n,w}$ ja $L_{n,w}$	Askeläänitasoluku, joka saadaan vertaamalla taajuuskaistoittain mitattua ja normalisoitua äänenpainetasoa standardoituun vertailukäyrään. $L'_{n,w}$ mitattu rakennuksessa ja $L_{n,w}$ mitattu laboratoriossa
R_w	Ilmaääneneristysluku, joka kuvaa eri rakenteiden ja tilojen välistä ilmaääneneristävyttä. Mittaus on suoritettu laboratoriossa
R'_w	Ilmaääneneristysluku, kuten R_w , mutta mittaus on tehty rakennuksessa.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda kattava rakennetyyppikirjasto rakennusliike Lehto Oy:n käyttämän Lehto-Optimi-konseptin tarpeisiin. Rakennetyypeissä huomioidaan nykyiset rakentamismääräykset lämmön-, ja ääneneristävyyden sekä palomääräysten osalta sekä paneudutaan myös eri rakennetyyppien alustavaan kestävyys- ja lujuuden määrittelyyn. Tarkoituksena on luoda rakenteista selkeälukuiset rakennetyyppikortit, joita rakennusliike voi hyödyntää tarjouslaskennassa ja suunnittelussa. Rakennetyyppikortteja on tarkoitus käyttää myös jo kaupantekovaiheen neuvotteluissa, joissa asiakkaalle esitellään kvr-tarjouksen sisältöä.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, koska rakennusliikkeellä ei ole ollut aiemmin yhtenäistä ala-, väli-, ja yläpohja- sekä ulko- ja väliseinärakenteita sisältävää rakennetyyppikirjastoa. Kehitettävissä rakennetyypeissä haluttiin ottaa huomioon energiamääräysten kiristyminen ja palomääräyksiä koskevan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 muutokset. Palomääräyksiin tuli muutoksia alkuvuodesta 2011, joten rakennusliikkeillekin se on uutta asiaa. Rakennusliikkeen on pysyttävä uusimpien määräysten tasalla ja tämä opinnäytetyöprosessi palvelee rakennusliikkeen työtä ohjaavaa henkilökuntaa.

Opinnäytetyö on kehitetty erityisesti Rakennusliike Lehdon Lehto-Optimi-konseptin tarpeisiin. Lehto-optimi on muuttovalmis rakennustapa, jossa asiakas rakennuttaa itselleen sopivat tilat avaimet käteen -periaatteella. Asiakkaalla on myös mahdollisuus rakennuttaa haluamansa kaltainen tila ja vuokrata se omaan käyttöön. Tällöin asiakas ei omista rakennusta, vaan on siinä vuokralaisena. Lehto-Optimin muuttovalmiin rakennustavan mukaisesti rakennusliike ottaa vastuun rakennusprojektista suunnittelun aloituksesta valmiiseen rakennukseen asti. Tällä konseptilla on rakennettu useita toimitiloja muun muassa Halpa-Halli-ketjulle, Tokmannille, Wetterille ja Maskulle. (Lehto-Optimi. 2012.)

Työssä tehdään kustannuslaskenta neljään rakennetyyppiin. Kustannuslaskenta tehdään yhdestä ala- ja välipohjatyyppistä sekä yhdestä ulko- ja väliseinätyy-

pistä. Työssä tehdyistä kustannuslaskelmista on tavoitteena saada arvio lasketavan rakenteen hinnasta. Kuitenkin tarjoustusta laskettaessa kukin rakennetyyppi kannattaa laskea tarkemmin niin, että huomioidaan kohteen erikoisvaatimukset, kuten rakenteeseen kohdistuvat kuormitukset.

Opinnäytetyön tilaaja on Päätoimija-konserniin kuuluva Rakennusliike Lehto. Rakennusliike Mustonen & Lehto perustettiin vuonna 1985. Ensimmäinen suurempi kohde oli Honkarakenteen siihen mennessä suurimman hirsitalotoimituksen pystyttäminen huoltoasemaksi Revonlahdelle. Vuonna 1996 Hannu Lehto osti Tapio Mustosen osakekannan ja muutti yrityksen nimeksi Rakennusliike Lehto Oy:n. Päätoimija Oy perustettiin vuonna 2008. Lehdon perheen lisäksi Päätoimijan osakkaina ovat markkinoinnin ja tuotannon johto. Päätoimija-konserniin kuuluvat Rakennusliike Koivukoski Oy, Takuelementti Oy, Vahinkopartio Oy, Remonttipartio Oy, Rakennuskartio Oy ja Rakennusliike Lehto Oy. Vuonna 2010 konsernin liikevaihto oli yli 60 milj. euroa. (Lehto-Optimi. 2012.)

2 RAKENNETYYPPEIHIN VAIKUTTAVAT RAKENTAMISMÄÄRÄYKSET

Rakentamismääräykset ohjaavat hyvään rakentamisen laatuun ja energia-
tehokkuuteen. Määräyksien tarkoitus on karsia pois huonot ja toimimattomat
ratkaisut sekä asettaa uusille rakennuksille laatuvaatimuksia. Rakentamis-
määräyskokoelmassa olevat määräykset ovat velvoittavia. Määräysten lisäksi
rakentamismääräyskokoelmassa on ohjeita. Ne eivät ole velvoittavia, vaan mui-
takin kuin ohjeiden mukaisia ratkaisuja voidaan käyttää, mikäli ne täyttävät ra-
kentamiselle asetetut vaatimukset. (Suomen rakentamismääräyskokoelma A1.
2006.)

Rakennetyypikirjastoa luodessa on muistettava, että rakennetyyppejä kehite-
tään todellisiin rakennuskohteisiin. Näin ollen rakentamismääräykset täytyy ot-
taa huomioon myös rakennetyypikirjastoa kehitettäessä, jotta työssä syntyvät
rakennetyypit täyttävät tämänhetkiset viranomaismääräykset. Seuraavissa lu-
vuissa on käsitelty keskeisimpiä rakennetyyppeihin vaikuttavia viranomaismä-
räyksiä.

2.1 Lämmöneristysvaatimukset

Lämmöneristysvaatimusten muuttuminen tulee vaikuttamaan rakentamiseen
merkittävästi. Eristepaksuuksien kasvaessa rakentaminen kallistuu ja oikeanlai-
nen rakentamistapa korostuu entisestään. Lämmöneristysvaatimusten tiuken-
tuminen johtaa siihen, että kaikenlaiset uudet ratkaisut rakentamisessa ovat
tervetulleita. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. 2010.)

2.1.1 Vuoden 2010 lämmöneristysvaatimuksien määritelmät

Lämmöneristysvaatimukset koskevat uusia rakennuksia, joissa käytetään ener-
giaa lämmitykseen ja myös mahdollisesti jäähdytykseen halutun sisälämpötilan
saavuttamiseksi. Lämmöneristysvaatimukset koskevat rakennuksen tiloja, jotka
on määritetty lämpötilojen mukaan seuraavasti:

1. Erityisen lämmin tila on tila, jossa lämpötila on pysyvästi tai ajoittain korkeampi kuin tavanomainen lämpimän tilan. Tällainen tila voi olla esimerkiksi saunan löylyhuone.
2. Lämmin tila on tila, jossa lämpötila pidetään lämmityskaudella vähintään +17 °C:n lämpötilaa.
3. Puolilämmin tila on tila, jossa ei oleskella jatkuvasti pelkästään sisävaatetusta käyttäen. Tilan lämpötilana pidetään vähintään +5 °C mutta alle +17 °C.
4. Jäähdytettävä kylmä tila on tila, jossa pidetään jäähdytys- ja mahdollisen lämmitysjärjestelmän avulla pysyvästi alle +17 °C:n lämpötilaa. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. 2010.)

Määräykset eivät koske seuraavia rakennuksia:

1. tuotantorakennus, jossa tuotannon aikana syntyy niin suuri määrä lämpöenergiaa, että ei tarvita ollenkaan tai tarvitaan vain vähän muuta lämmitysenergiaa tai tuotantotila, jossa lämmityskauden ulkopuolella lämmöneristys nostaisi sisäilmanlämpötilan tuotannolle haitalliseksi tai lisäisi merkittävästi jäähdytysenergian kulutusta
2. loma-asunto, jossa ei oleskella talvi- tai lämmityskaudella
3. väestönsuoja, lasitettu parveke, kasvihuone tai muu vastaava lämmittämätön rakennus, jonka tarkoituksenmukainen käyttö vaikeutuisi noudatettaessa näitä määräyksiä.

Rakennusosien, jotka erottavat puolilämpimän tai lämpimän tilan ulkoilmasta, lämmittämättömästä tilasta tai toisistaan, tulee olla kosteus- ja lämpöteknisiltä ominaisuuksiltaan sellaisia, että sisäilmasto-olot saavutetaan energiatehokkaasti. Tilojen välisten rakenteiden sekä rakennuksen vaipan tulee olla niin ilmanpitäviä, että vuotokohtien läpi tapahtuvat ilmavirtaukset eivät aiheuta

merkittäviä haittoja rakenteille tai käyttäjille. Ilmanvaihtojärjestelmän täytyy myös toimia suunnitellusti. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. 2010.)

2.1.2 Rakennuksen vaipan osien lämmöneristys

Rakennuksen vaippa on rakennusosa, joka erottaa tilan ulkoilmasta. U-arvo, eli lämmönläpäisykerroin kuvaa rakennuksen eri rakennusosien lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi on lämmöneristys. Lämpimän tilan U-arvo vaatimukset vaihtelevat eri rakennusosille (taulukko 1). Tiukimmat vaatimukset kohdistuvat yläpohjalle ja ulkoilmaan rajoittuvalle alapohjalle, eli ns. rossipohjalle. Puolilämpimän tilan vaaditut U-arvot ovat lämpimän tilan arvoja lievemmiä (taulukko 2). (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. 2010.)

TAULUKKO 1. Erityisen lämpimän, lämpimän ja jäähdytettävän tilan lämmönläpäisykerroimet (Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, 2012)

RAKENNUSOSA	U-arvo (W/m ² K)
Ulkoseinä	0,17
Hirsiseinä	0,40
Yläpohja	0,09
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0,09
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)	0,17
Alapohja (maanvastainen)	0,16
Maan vastainen rakennusosa	0,16
Ikkunat	1,00
Ulko-ovet	1,00
Kattoikkunat	1,00

TAULUKKO 2. Puolilämpimän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimet
(Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, 2012)

RAKENNUSOSA	U-arvo (W/m ² K)
Ulkoseinä	0,26
Hirsiseinä	0,60
Yläpohja	0,14
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0,14
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)	0,26
Alapohja (maanvastainen)	0,24
Maan vastainen rakennusosa	0,24
Ikkunat	1,40
Ulko-ovet	1,40
Kattoikkunat	1,40

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin taulukossa 2 mainituilla vertailuarvoilla lasketun rakennuksen vaipan lämpöhäviö. Poikkeustapauksessa rakennuksen vaipan lämpöhäviö saa kuitenkin olla enintään 30 % suurempi kuin vertailuarvoilla laskettu rakennuksen vaipan lämpöhäviö, tällöin lämpöhäviön ylitys otetaan huomioon pienentämällä rakennuksen vuotoilman tai ilmanvaihdon lämpöhäviötä. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. 2010.)

Rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvo lasketaan kokonaan tai osittain maanpäällisten kerrosten kerrostasoalojen summasta. Vertailuarvo on 15 % rakennuksen kokonaan tai osittain maanpäällisten kerrosten kerrostasoalojen summasta, mutta kuitenkin enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta. Ikkunan pinta-ala lasketaan kehän ulkomittojen mukaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. 2010.)

Rakennusosan pienen osan lämmönläpäisykerroin saa olla suurempi kuin vertailuarvo, mikäli tämä on tarpeellista esimerkiksi lujussyistä. On kuitenkin varmistettava, että tämä ei kuitenkaan aiheuta kosteuden tiivistymistä tai liian korkeaa suhteellista kosteutta rakenteen pintaan tai itse rakenteeseen rakennuksen normaalissa käytössä. Saman rakennuksen eri lämpötilassa olevia tiloja erottaville rakennusosille on määritetty omat U-arvovaatimukset (taulukko 3 ja taulukko 4). (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. 2010.)

TAULUKKO 3. Lämpimän ja puolilämpimän tilan välisten rakenteiden lämmönläpäisykertoimet (Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, 2012)

RAKENNUSOSA	U-arvo (W/m ² K)
Seinä	0,60
Välipohja	0,60
Ikkunat	2,8
Ulko-ovet	2,8

TAULUKKO 4. Jäähdytettävän kylmän tilan ja muiden tilojen välisten rakenteiden lämmönläpäisykertoimet (Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, 2012)

RAKENNUSOSA	U-arvo (W/m ² K)
Seinä	0,27
Välipohja	0,27
Ulko-ovet	1,4

Rakennuksen lämmöneristyksen suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota rakennusosien oikeaan kosteus- ja lämpötekniseen toimintaan, erityisesti silloin, kun lämpimän, erityisen lämpimän, jäähdytettävän kylmän tilan tai puolilämpimän tilan lämmönläpäisykertoimena käytetään vertailuarvoja pienempiä arvoja. Routavaurioita vältettäessä alapohjan lämmöneristys pitää suunnitella yhdessä

routaeristyksen ja mahdollisesti rakennuksen vaippaan kuulumattoman perusmuurin lämmöneristyksen kanssa toimivaksi kokonaisuudeksi. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. 2010.)

2.1.3 Lämmönläpäisykertoimen laskeminen

EN-standardeissa on CE-merkityille rakennusaineille määritetty lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, joilla pystytään laskemaan rakennusosan lämmönläpäisykerroin (U). Lämmönläpäisykertoimen laskennassa voidaan käyttää EN-standardeissa esitettyjä taulukoituja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja tai normaalin lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoja. Lisäksi voidaan käyttää muita yleisesti hyväksyttävällä tavalla määritettyjä, rakennusosalle soveltuvia lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja. Jos samalle aineelle löytyy useita λ_n -arvoja, valitaan kohteeseen parhaiten sopivin. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C4. 2003.)

Lämmönläpäisykerroin, U -arvo, lasketaan kaavan 1 mukaisesti.

$$U = 1 / R_T \quad \text{KAAVA 1}$$

R_T = rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön.

Rakennusosan kokonaislämmönvastukset lasketaan ympäristöstä ympäristöön kaavan 2 mukaisesti.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad \text{KAAVA 2}$$

R_{si} = rakenteen sisäpuolinen pintavastus

R_{se} = rakenteen ulkopuolinen pintavastus

R_1, R_2, \dots, R_n = ohuen ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönvastus

Ainekerrosten lämmönvastukset lasketaan kaavan 3 mukaisesti.

$$R_1 = d_1 / \lambda_1, R_2 = d_2 / \lambda_2, \dots R_n = d_n / \lambda_n \quad \text{KAAVA 3}$$

$d_1, d_2, \dots d_n$ = ainekerroksen 1,2, ... n paksuus [m]

$\lambda_1, \lambda_2, \dots \lambda_n$ = ainekerroksen 1,2, ... n lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, esimerkiksi normaalin lämmönjohtavuus

(Suomen rakentamismääräyskokoelma C4. 2003.)

2.1.4 Vuoden 2012 energiatehokkuusvaatimukset

Uudisrakentamisen energiatehokkuusmääräykset uudistuvat jälleen vuonna 2012. Nyt rakennusten kokonaisenergiatehokkuuteen kiinnitetään entistä enemmän huomiota. Uudet määräykset tuovat parannusta noin 20 % edelliseen tasoon verrattuna, ja rakennuksen käyttämän energian tuotantomuoto otetaan ensimmäisen kerran määräyksissä huomioon. Vuoden 2010 lämmöneristysvaatimuksessa esitetyt U-arvot säilyvät. Energiatehokkuusvaatimusten tiukentuminen pohjautuu Euroopan parlamentin hyväksymään energiatehokkuusdirektiiviin, jonka mukaan uudisrakennusten on oltava lähes nollaenergiarakennuksia vuoden 2020 loppuun mennessä. (Määttä 2010.)

Uusissa määräyksissä energiatehokkuusluku, E-luku, kertoo kaiken oleellisen rakennuksen energiankulutuksesta. E-luku kertoo rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen neliometriä kohden, laskennassa otetaan huomioon myös tarvittavan energian tuotantomuoto erillisen kertoimen avulla. Sallittu kokonaisenergiankulutus nettoneliometriä kohden vaihtelee rakennustyypeittäin. E-luvun laskennassa energiamuotojen kertoimia käytetään vain ostoenergialle (taulukko 5). (Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. 2012.)

TAULUKKO 5. Energiamuotojen kertoimet (Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, 2012)

<i>Energiamuoto</i>	<i>E-luku kerroin</i>
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Energiatehokasta rakennusta suunniteltaessa suunnittelun lähtötiedot saadaan ns. rakennuksen standardikäytöstä, johon liittyvät taulukot löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta D3 2012. Standardikäytöstä löytyvät arvot säätiedoille ja ilmanvaihdolle sekä lämmitys- ja jäähdytysrajat, käyttöajat ja käyttö-asteet sekä sisäiset lämpökuormat. Kuluttajalaitteet eli käyttäjäsähkö lasketaan aina rakentamismääräyskokoelman D3 taulukon arvoilla. Näin E-lukuun ei voida vaikuttaa esimerkiksi valitsemalla energiatehokkaampia kodinkoneita. (Vuolle 2011.)

2.2 Tuotanto- ja varastorakennusten palomääräykset

Paloturvallisuus on olennainen osa rakennusta suunniteltaessa ja valmista rakennusta käytettäessä. Yksinkertaistettuna paloturvallisuudella tarkoitetaan rakennuksissa turvallisuutta, jonka luovat rakenteiden palamattomuus, ja laitteisto joka ilmoittaa palon riittävän ajoissa. (Suomen rakentamismääräys-kokoelma E2. 2005.)

Tulipalojen syttymistä, kehittymistä, savun muodostusta ja palon leviämistä pyritään hidastamaan ja estämään materiaalivalinnoilla ja osastoivilla rakenteilla. Rakenteet tulee suunnitella siten, että ne kestävät tulipalon aiheuttamaa rasitusta riittävän kauan, jotta käyttäjät ehtivät poistua rakennuksesta turvallisesti ja pelastushenkilöstöllä on hyvät ja mahdollisimman turvalliset edellytykset toimia tulipalon yhteydessä. Luvuissa 2.2.1 ja 2.2.2 käsitellään tuotanto- ja varastorakennuksia koskevia palomääräyksiä, koska Lehto-Optimi-konseptilla rakennetut rakennukset ovat tyypillisesti niitä. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E2. 2005.)

2.2.1 Rakennuksen palovaarallisuusluokka ja suojaustaso

Tuotanto- ja varastorakennuksille määritellään palovaarallisuusluokka. Palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvat tilat, joihin liittyy pieni tai kohtuullinen palovaara. Palovaarallisuusluokkaan 2 kuuluvat tilat, joihin liittyy suuri palovaara tai joissa voi esiintyä räjähdysvaara. Rakennuksen pääkäyttötarkoitus määrittää palovaarallisuusluokan koko rakennuksessa. Rakennuksen eri palo-osastojen toimintoja voidaan poikkeustapauksissa kuitenkin käsitellä eri palovaarallisuusluokkiin kuuluvina. Rakennuslupapiirustuksista täytyy käydä ilmi rakennuksen palovaarallisuusluokka. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E2. 2005.)

Palovaarallisuusluokittelua ei voida suoraan soveltaa yksittäisen tuotantokohdan palovaarallisuuden arvioimiseen. Palovaaraa aiheuttavat tuotantokohdat, kuten pölyn- ja purunpoistojärjestelmien suodattimet ja siilot, kuljetuslinjat ja pienehköt palo- tai räjähdysvaaralliset tilat yleensä joko kohdesuojataan tai ympäröidään EI60-luokan osastoivin rakennusosin. Osastoivat rakennusosat täy-

tyy tehdä vähintään A2-s1, d0-luokan rakennustarvikkeista. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E2. 2005.)

Tuotanto- ja varastotilat tulee aina varustaa pelastus- ja sammutustyötä helpottavilla laitteilla valitun suojaustason mukaisesti. Suojaustaso vaikuttaa rakennuksen paloluokkaan, suurimpaan sallittuun osastokokoon, savunpoistoon sekä kantavien ja osastoivien rakennusosien paloluokkavaatimuksiin. Viimeiseksi suojaustason yksityiskohdista päätetään yhdessä paikallisen pelastusviranomaisen kanssa. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E2. 2005.)

Suojaustasossa 1 rakennus on varustettava tavallisella alkusammutuskalustolla sekä tarvittaessa tehostetulla alkusammutuskalustolla. Tässä yhteydessä tavallisella alkusammutuskalustolla tarkoitetaan palonalkujen sammuttamiseen suunniteltuja yhden henkilön käytettävissä olevia laitteita, kuten paloposteja. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E2. 2005.)

Suojaustasossa 2 rakennus on varustettava paikallisesti ja hätäkeskukseen automaattisen ilmoituksen antavalla paloilmoittimella. Lisäksi varustukseen kuuluvat suojaustason 1 mukainen alkusammutuskalusto. Automaattinen paloilmoitin tulisi olla rakennuksissa, joissa riittävän ajoissa aloitettu sammutustyö oleellisesti lisää henkilöturvallisuutta ja vähentää omaisuusvahinkoja. Sammutustyö on tehokkainta, kun se aloitetaan viimeistään 10 minuutin kuluttua paloilmoituksesta. Mikäli tämä vaatimus ei täyty, edellytetään, että kohteella on oma koulutettu sammutusryhmä tai tehdaspalokunta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E2. 2005.)

Suojaustasossa 3 rakennus on varustettava automaattisella sammutuslaitteistolla sekä suojaustason 1 mukaisella alkusammutuskalustolla. Automaattinen sammutuslaitteisto voi olla sprinklerilaitteisto tai vaahtosammutuslaitteisto. Sprinklerilaitteisto on käyttökelpoinen kohteissa, joissa vesi on sopiva sammutusaine ja joissa edellytetään tehokasta sammutusjärjestelmää. Vaahtolaitteisto soveltuu erityisen hyvin syttyvien nesteiden sammutukseen. Tarvittaessa palo-

herkkä kohde voidaan kohdesuojata automaattisella kiinteällä sammutuslaitteella. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E2. 2005.)

2.2.2 Rakennuksen paloluokan määrittäminen

Rakennuksen paloluokka voi olla P1, P2 tai P3. Rakennuksen eri osat voivat kuulua eri paloluokkiin, mutta silloin niiden välille tulee rakentaa palomuri. Rakennuksen kuuluessa P1-paloluokkaan sen kantavien rakenteiden oletetaan pääsääntöisesti kestävän palossa sortumatta. P1-luokkaan kuuluvan rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu ja siihen voidaan sijoittaa palovaarallisuusluokkaan 1 ja 2 kuuluvia toimintoja. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011; E2. 2005.)

Paloluokassa P2 rakennus voi olla yksi- tai kaksikerroksinen. Kaksikerroksisen rakennuksen saa rakentaa enintään 9 m korkeaksi, mutta yksikerroksisen rakennuksen saa rakentaa tätä korkeammaksi (taulukko 6). Yksikerroksiseen rakennukseen voidaan sijoittaa palovaarallisuusluokkaa 1 ja 2 olevia toimintoja. Vastaavasti kaksikerroksiseen rakennukseen ei voida sijoittaa kuin palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvia toimintoja. P2-luokassa kantavilla rakenteilla on lievemmät palonkestovaatimukset kuin P1-luokassa. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan käyttämällä vaatimukset täyttäviä pintamateriaaleja ja paloturvallisuutta parantavia laitteita. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011; E2. 2005.)

Paloluokkaan P3 kuuluva rakennus saa olla vain yksikerroksinen ja enintään 14 metriä korkea (taulukko 6). Kantavilla rakenteilla ei ole erityisvaatimuksia palonkestävyyden suhteen. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilömääriä rajoittamalla käyttötavasta riippuen. P3-luokan rakennukseen voidaan sijoittaa lähinnä palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvia toimintoja. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011; E2. 2005.)

TAULUKKO 6. Rakennuksen kokoa koskevat rajoitukset (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1, 2011)

Rakennuksen ominaisuus	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
KERROSLUKU			
Yleensä	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 2
asuinrakennus, työpaikkarakennus	ei rajoitusta	enintään 8	enintään 2
tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 1
KORKEUS			
Yleensä	ei rajoitusta	enintään 9 m	enintään 9 m
asuinrakennus, työpaikkarakennus 3-4krs.	ei rajoitusta	enintään 14 m	<i>ei sallittu</i>
asuinrakennus, työpaikkarakennus 5-8krs.	ei rajoitusta	enintään 26 m	<i>ei sallittu</i>
yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 14 m
KERROSALA YHTEENSÄ			
Yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 2400 m ²
Kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 1600 m ²
yli kaksikerroksinen	ei rajoitusta	enintään 12 000 m ²	<i>ei sallittu</i>
KERROSALA TUOTANTO- JA VARASTO RAKENNUKSISSA SEKÄ AUTOSUOJISSA			
Yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	<i>ei sallittu</i>

Tapauskohtaisesti enimmäiskerrosala voi olla taulukossa 6 esitettyjä arvoja suurempi. Näissä tapauksissa rakennukseen tulee kuitenkin asentaa joko automaattinen paloilmoin, automaattinen savunpoistolaitteisto tai automaattinen sammutuslaitteisto. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011.)

Rakennettaessa kaksikerroksinen rakennus, jonka halutaan menevän P2-paloluokkaan, rakennukselle on määritetty henkilömäärärajoituksia (taulukko 7). Kaksikerroksisen rakennuksen henkilömäärärajoitukset koskevat tapauksia, joissa seuraavan taulukon käyttötavan mukaiset tilat on sijoitettu kokonaan tai osaksi rakennuksen toiseen kerrokseen. Jos näitä tiloja on vain ensimmäisessä

kerroksessa, voidaan soveltaa yksikerroksista rakennusta koskevia rajoituksia. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011.)

TAULUKKO 7. Enintään kaksikerroksisen rakennuksen henkilömäärää koskevat rajoitukset (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1, 2011)

Käyttötapa	Kerroksia	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot		ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Majoitustilat	1	ei rajoitusta	paikkaluku 150	paikkaluku 50
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 50	paikkaluku 10
Hoitolaitokset	1	ei rajoitusta	paikkaluku 100	paikkaluku 10
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 25	<i>ei sallittu</i>
Kokoontumis- ja liiketilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	henkilöitä 500
	2	ei rajoitusta	henkilöitä 250	henkilöitä 50
Työpaikkatilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	ei rajoitusta	työntekijöitä 150
Tuotanto- ja varastotilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	työntekijöitä 50	<i>ei sallittu</i>

Henkilömäärärajoituksia ei ole silloin, kun yli kaksikerroksisia rakennuksia saa taulukon 7 mukaan rakentaa. Mikäli rakennuksessa on eri käyttötaparyhmiin kuuluvia tiloja, rakennuksen turvallisuustaso arvioidaan tarkastelemalla rakennusta kokonaisuutena. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011.)

2.2.3 Rakennusosien ja rakennusmateriaalien paloluokitukset

Rakennuksen osastoivalle rakennusosalle on asetettu kolmenlaisia vaatimuksia, jotka ilmaistaan kirjaintunnuksella R, E ja I. Näistä R viittaa rakenteelliseen kantavuuteen, E tiivyyteen eli savun ja kaasujen leviämisen rajoittamiseen ja I eristävytyteen, eli lämpösäteilyn estämiseen. Merkintöjen R, REI, RE, EI, E jälkeen ilmoitetaan palonkestävyysaika minuutteina. Aika voi olla 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240 minuuttia. Näin syntyvä kokonaisuus muodostaa rakennusosan paloluokan tunnuksen. (Miettinen 2010; Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011.)

Samalle rakennusosalle voi olla suurempi minuuttivaatimus osastoinnin EI suhteen kuin kantavuuden R suhteen. Tällöin osastoinnin minuuttivaatimus muodostuu määrääväksi myös kantavuudelle R ja rakennus rakennetaan EI vaatimuksen mukaisesti. Palomuurin tunnus on M. Palomuurin tehtävänä on kestää rakennuksen sortuminen ja siitä aiheutuvat iskut. Palomuurin tunnus M esiintyy yleensä yhdessä E- ja I -vaatimusten kanssa, esimerkiksi EI-M 60. (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011.)

Rakennustarvikkeille käytetään paloluokitusta, joka ilmaisee, millä tavoin kyseinen rakennustarvike osallistuu tulipaloon (A1 - F) ja tuottaa savua (s1 - s3) ja minkä verran siitä palaessa irtoaa palavia pisaroita (d0, d1 ja d2). Omat luokituksensa löytyvät vesikatoille, lattiarakenteille ja muille rakennustarvikkeille. (Miettinen 2010; Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011.)

Rakennustarvikkeiden luokat lukuun ottamatta lattiapäällysteitä kuvataan merkeillä A1, A2, B, C, D, E, F. Putkimaisten lämmöneristeiden luokat kuvataan alaindeksillä _L, esimerkiksi A2_L. Lattianpäällysteiden luokat merkitään alaindeksillä _{FL}, esimerkiksi A2_{FL}. Testatusta katemateriaalista käytetään merkintää BROOF(t2). (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011.)

Huomioitavaa on, ettei saman pääluokan rakenteille käytetä useampia lisämäärevaihtoehtoja, joten rakentamismääräyksissä käytetään vain pääluokkaa. Käytössä ovat siis paloluokat A1; A2-s1,d0; B-s1,d0; B-s2,d0; C-s2,d1; D-s2,d2;(rakennusmateriaaleille) A2_L-s1,d0; B_L-s1,d0; C_L-s2,d1; D_L-s2,d2; (lattioille) A2_{FL}-s1, D_{FL}-s1(lämmöneristeille) ja BROOF(t2) (katteille). (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011.)

Seuraavassa on lueteltu rakennustarvikkeiden paloluokitukset:

- A1: tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon (esimerkiksi luonnonkivi ja betoni)

- A2: tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu, tarvike voi sisältää pieniä määriä orgaanisia tuotteita (esimerkiksi kipsilevyt)
- B: tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu (esimerkiksi eri tavoin pinnoitetut kipsilevyt)
- C: tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti. Mahdollisesti B – luokan tuotteita paksummilla palavilla pinnoilla.
- D: tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä (esimerkiksi puutuotteet)
- E: tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä (esimerkiksi muovipohjaiset eristeet ja huokoiset kuitulevyt)
- F: tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty
- s1: savuntuotto on erittäin vähäistä
- s2: savuntuotto on vähäistä
- s3: savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia
- d0: palavia pisaroita tai osia ei esiinny
- d1: palavia pisarat tai osat sammuvat nopeasti
- d2: palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia.

(Miettinen 2010; Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011 .)

2.2.4 Palokuormat ja kantavien rakenteiden luokkavaatimukset

Rakennus jaetaan palo-osastoihin palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, poistumisen turvaamiseksi, pelastus- ja sammutustoimien helpottamiseksi sekä

omaisuusvahinkojen rajoittamiseksi. Palo-osastoidun tilan pääkäyttötapa määrittää tilan palokuorman ja sitä kautta myös kantavien rakenteiden palonkestovaatimuksen (kuva 1). (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1. 2011.)

Eri käyttötavat jaetaan palokuormaryhmiin: **yli 1 200 MJ/m²** (esimerkiksi varastot, jotka ovat erillisiä palo-osastoja), **600 – 1 200 MJ/m²** (esimerkiksi myymälät, näyttelyhallit ja kirjastot), **alle 600 MJ/m²** (esimerkiksi asunnot, majoitustilat, hoitolaitokset, toimistot, koulut, urheiluhallit, teatterit, kirkot ja päivähoitolaitokset). Tähän ryhmään voidaan sijoittaa myös muihin palokuormaryhmiin kuuluvia tiloja, mikäli näihin tiloihin asennetaan tarkoitukseen sopiva automaattinen saamutuslaitteisto. Tämä ei kuitenkaan koske 3 – 8 -kerroksisia P2-luokan rakennuksia. (Suomen rakentamismääräys-kokoelma E1. 2011.)

Rakennuksen paloluokka							
Sarake	P1			P2			P3
	Palokuorma MJ/m ²			Palokuorma MJ/m ²			
	yli 1200	600-1200	alle 600	yli 1200	600-1200	alle 600	
	1	2	3	4	5	6	7
Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä	R 120 *	R 90 *	R 60 *	R 30	R 30	R 30	-
- jos rakennuksen eristeet eivät ole vähintään luokkaa A2-s1, d0	R 120	R 90	R 60	R 30	R 30	R 30	-
- hoitolaitokset, majoitustilat, kellarit	R 120	R 90	R 60	R 30	R 30	R 30	-
3–8-kerroksinen rakennus yleensä	R 180	R 120	R 60	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
3–8-kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus							
- kerrokset	R 180	R 120	R 60	R 180 *	R 120 *	R 60 *	ei mahd.
- kellarikerrokset	R 180	R 120	R 60	R 180	R 120	R 60	ei mahd.
Yli 8-kerroksinen rakennus	R 240	R 180	R 120	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
Ylimmän maanalaisen kellarikerroksen alapuolella sijaitsevat kellarikerrokset	R 240	R 180	R 120	R 240	R 180	R 120	R 60

Yläpohjan rakenteiden vaatimukset enintään 2-kerroksisessa rakennuksessa, jossa ei ullakkoa, mikäli yläpohjan eristeet ovat vähintään A2-s1, d0-luokkaa, tai mikäli yläpohjan eristeet on suojattu syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta:

- P1-luokan rakennuksissa K₂ 60-luokan suojaverhous tai EI 60-luokan rakenne ja
- P2-luokan rakennuksissa K₂ 30-luokan suojaverhous tai EI 30-luokan rakenne.

Läpiviennit ja muut asennukset tulee toteuttaa siten, että eristeiden suojaus ei niiden johdosta heikkene.

KUVA 1. Kantavien rakenteiden luokkavaatimukset (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1, 2011)

2.2.5 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 muutokset

Palomääräyksiä käsittelevä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 uudistukset tulivat voimaan 15.4.2011. Uudistukset koskivat suurimmaksi osaksi asuinrakennuksia, mutta muutama kohta koskee myös tuotanto- ja varastorakennuksia. Seuraavassa on käsitelty tuotanto- ja varastorakennuksia koskevia muutoksia Oulu - Koillismaan pelastuslaitoksen palotarkastusinsinööri Tuomo Kukkosen 2011 materiaalin pohjalta.

- Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 kohta 2.2 Palokuormaryhmät /ohjeteksti 600 MJ/m².

Yleensä tähän ryhmään saa sijoittaa myös muihin palokuormaryhmiin kuuluvia tiloja, mikäli nämä tilat varustetaan tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla. Tämä ei koske 3 – 8 -kerroksisia P2-luokan rakennuksia. (Kukkonen 2011.)

- Taulukko 3.2.1 sisältää kerrosalamääräykset yli kaksikerroksiselle rakennukselle; P1-luokassa kerrosalaa ei rajoitettu, P2-luokassa kerrosala enintään 12 000 m², P3-luokkaista rakennusta ei saa rakentaa.
- Taulukko 6.2.1 sisältää kantavat rakenteet. Uutena P2-luokassa ovat palokuormaryhmät: yli 1 200 MJ/m², 600 – 1 200 MJ/m², alle 600 MJ/m².

2.3 Ääni ja äänen eristäminen

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sen käyttäjät eivät altistu mahdollisesti rakennuksessa tai sen lähellä esiintyvälle melulle. Melun tason on pysyttävä niin alhaisena, ettei se vaaranna rakennuksen käyttäjien terveyttä ja antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C1, 1998.)

Rakennuksien sallitut ääneneristävyyden arvot on määritetty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Rakennukselle on määritetty sallitut ilmanääneneristysluvat ja askeläänitasoluku (taulukko 8). Ääneneristysvaatimukset riippuvat rakennuksen käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi asuinrakennukselle on luonnollisesti tiukemmat vaatimukset kuin toimistorakennukselle (taulukko 9). Suunnittelijan on rakennusta suunniteltaessa otettava huomioon asuinrakennuksissa noudatettavat ääneneristysvaatimukset.

TAULUKKO 8. Asuinrakennuksissa noudatettavat akustiset vaatimukset (Suomen rakentamismääräyskokoelma C1, 1998)

Pienimmät sallitut ilmaääneneristysluvun R'_w arvot		dB
Asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä yleensä		55
Asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välillä, kun välissä on ovi		39
Asuinhuoneiston porrastaso-ovi tai oviyhdistelmä		30
Suurimmat sallitut askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ arvot		dB
Asuinhuoneistoa ympäröivistä tiloista keittiöön tai muuhun asuinhuoneeseen, yleensä		53
Uloskäytävästä asuinhuoneeseen		63
Rakennuksen LVIS-laitteiden ja muiden niihin rinnastettavien laitteiden aiheuttama äänitaso asunnossa	$L_{A,eq,T}$ (dB)	$L_{A,max}$ (dB)
Keittiö	33	38
Muut asuinhuoneet	28	33

TAULUKKO 9. Hotelleissa, oppilaitoksissa, hoitolaitoksissa, päiväkodeissa, toimistoissa ja vastaavissa noudatettavat akustiset vaatimukset (Suomen rakentamismääräyskokoelma C1, 1998)

Pienin ohjeellinen ilmaääneneristysluvun R'_w arvo		dB
Potilashuoneiden tai niihin rinnastettavien tilojen välillä		48
Luokkahuoneiden tai niihin rinnastettavien tilojen, sekä luokkahuoneen ja käytävän välillä		44
Potilas- tai luokkahuoneen ovi vähintään		25
Rakennuksen LVIS-laitteiden ja muiden niihin rinnastettavien laitteiden aiheuttama äänitaso	$L_{A,eq,T}$ (dB)	$L_{A,max}$ (dB)
Potilashuoneissa, lasten lepo- ja vastavissa tiloissa	28	33
Luokkahuoneissa, toimistohuoneissa ja vastaavissa tiloissa	33	38

Rakennuksen LVIS-laitteiden aiheuttamalle keskiäänitasolle on myös määräyksiä. LVIS-laitteiden keskiäänitaso $L_{A,eq,T}$ saa olla enintään 45 dB, kun mitataan äänilähteen kanssa samasta rakennuksesta tai läheisen rakennuksen ikkunan ulkopuolelta, parvekkeelta, pihamaalta tai muilta meluille herkiltä alueilta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C1. 1998.)

3 RAKENNETYYPPIKIRJASTON KEHITTÄMISPROSESSI

Valmis rakennetyyppikirjasto on pitkän kehitystyön tulos. Kirjasto vaatii teoria-tiedon keräämisen lisäksi rakennetyyppien testaamisen ja hiomisen todellisessa kohteessa. Tämän työn tuloksena syntynyt rakennetyyppikirjasto antaa rakennusliike Lehdolle hyvän pohjan aloittaa kattavamman rakennetyyppikirjaston kehittäminen. Rakennusliike Lehdon tavoitteena on kehittää tässä työssä luodusta rakennetyyppikirjastosta vielä yksityiskohtaisempi ja monimuotoisempi rakennekirja. Tämänkaltaisen rakennekirjan tekeminen vaatii kuitenkin aikaa, koska rakenteita tosielämässä käytettäessä työmenetelmät ja rakennusmateriaalit kehittyvät kokoajan sekä teknisesti että kustannuksellisesti, joten rakennekirjan ei voida sanoa olevan täysin valmis tuskin koskaan.

3.1 Rakennetyypin määritelmä

Rakennetyyppi on kyseisen rakenteen periaateratkaisu, jonka tarkoituksena on helpottaa rakenteiden valintaa ja ohjata suunnittelukohteissa rakennerratkaisuja hyvään lopputulokseen. Kohteen suunnittelija vastaa valitsemistaan ja suunnittelemistaan tyypeistä ja detaljeista kaikkien tietojen osalta. Rakennetyyppejä tehtäessä suunnittelijan tulee aina ottaa huomioon kohteen erityispiirteet, liittyvät rakenteet, rajoittuvat huonetilat, ympäröivät olosuhteet jne. siten, että saavutetaan määräysten ja ohjeiden mukainen lopputulos. (Rakennetyyppien ja -detaljien valinnan vastuu ja käyttöohjeet suunnittelukohteissa. 2012.)

Rakennetyyppikortissa esitetään rakenteen leikkauskuva. Kortissa luetellaan rakenteessa käytetyt materiaalit ja esitetään rakennustapa. Rakennetyyppikortin yläreunassa on seliteosa, josta käy ilmi kohde, johon rakenne on suunniteltu ja se, kuka rakennetyypin suunnitteli. Rakenteen leikkauskuvan alla voi olla lisätietoa rakenteesta, kuten U-arvo tai se, millaiset palomääräykset rakenne täyttää.

3.2 Rakennetyyppien luomisprosessi

Rakennetyyppikorttien luominen aloitettiin kartoittamalla rakennetyypeiksi soveltuvien rakenteiden tarve yhdessä rakennusliike Lehdon toimitusjohtajan ja suunnittelupäällikön kanssa. Sovittiin, että suunnittelupäällikkö työstää kirjallisen ohjeen, jota käytetään apuna rakennetyyppien luomisessa. Ohjeeseen oli koottu tärkeimpiä rakennetyyppejä varten selvitettäviä asioita. Rakennetyypit päätettiin luoda Lehto-Optimi-konseptissa käytettyjen ja hyväksi havaittujen rakenteiden pohjalta. Näiden keskustelujen perusteella saatiin kartoitettua eri rakennusosien tärkeimmät ja käyttökelpoisimmat rakenteet.

Tämän jälkeen aloitettiin rakennetyyppikortissa näkyvien tietojen kerääminen. Ensisijaisesti tietoja etsittiin rakennusmateriaalin valmistajien nettisivuilta. Mikäli tietoa ei löytynyt sieltä, otettiin valmistajaan yhteyttä puhelimitse tai sähköpostilla ja pyydettiin puuttuvat tiedot. Tietoa rakenteista ja valmistajien yhteystietoja saatiin myös rakennusliikkeeltä.

Rakennetyyppikirjastoon valittiin rakennetyyppejä alapohjista, välipohjista, yläpohjista, ulkoseinistä, väliseinistä ja sokkeleista. Jokaiseen rakennetyyppiin pyrittiin löytämään tietoa lämmöneristävydestä, palonkestävyydestä, ääneneristävydestä, ja rakenteen neliöpainosta. Tarvittavissa rakennetyypeissä selvitettiin tuulikuorman kestävyudet sovituilla jänneväleillä sekä alustavat tiedot käytävistä kiinnitystavoista.

Rakennetyyppikorttien tekeminen aloitettiin piirtämällä ensimmäinen leikkauskuva kyseessä olevasta rakenteesta. Rakenteesta riippuen leikkauskuva tehtiin omien tietojen, rakennusmateriaalin valmistajilta tai tilaajalta löytyneen tiedon perusteella. Luvussa 3.3 kerrotaan rakennetyypin kehittämisestä tarkemmin.

3.3 Rakennetyyppikirjaston tuotekehitysprosessi

T&K, eli tutkimus- ja kehitystoiminta merkitsee laajassa mittakaavassa kaikkea uuden tiedon synnyttämiseksi ja siitä johdetun tuotteen kehittämiseksi tarkoitettua toimintaa. Tuotekehitys on olennainen osa T&K-toimintaa. Yksinkertaistettuna tuotekehitys merkitsee toimintaa, jonka tarkoituksena on etsiä, synnyttää, valita ja kehittää yritykselle uusia tuotteita sekä karsia pois yritykselle hyödyttömiä tuotteita. Tuotekehitystyö on usein projektimuotoista, jolloin projektinhallinta osaaminen korostuu. Tuotekehitysprosessin koostuu tyypillisesti viidestä osaluokasta, joita ovat tuoteidea ja asiakastarpeen kartoitus, esitutkimus, luonnosteluvaihe, suunnitteluvaihe ja viimeistelyvaihe. (Lähteinen 1999.)

Tuotekehitysprosessi alkaa tarpeen kartoituksella. Tässä työssä tilaajan tarpeet kartoitettiin alussa yhteisessä tapaamisessa, jonka perusteella tilaaja toimitti vielä kirjallisen ohjeen rakennetyyppihin haluamistaan asioista. Tilaajan tärkein intressi oli saada rakennetyyppikirjasto vastaamaan heidän konseptinsa tarpeita ottaen huomioon voimassaolevat viranomaismääräykset. (Lähteinen 1999.)

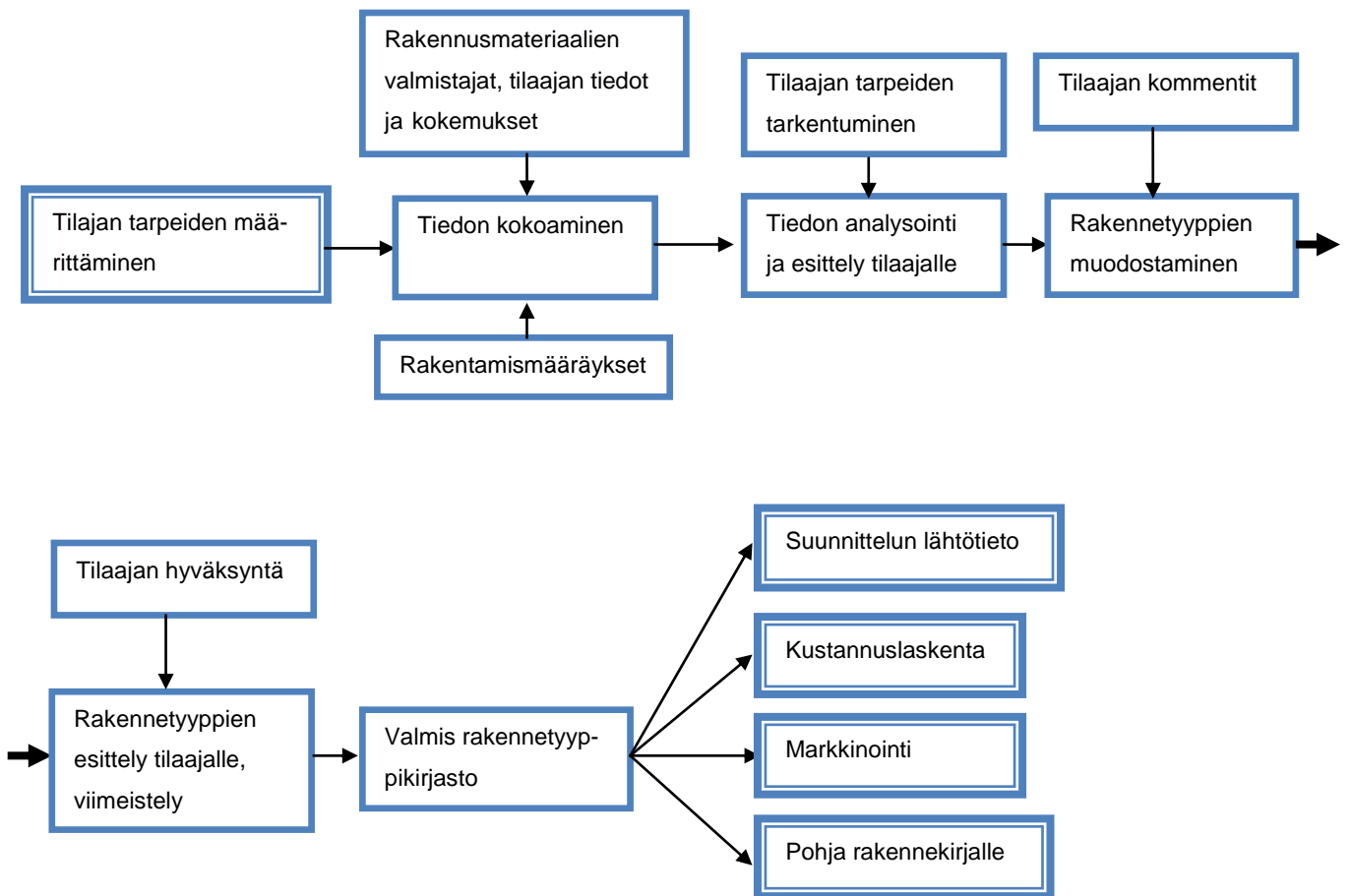
Esitutkimus ja luonnosteluvaiheet olivat eräänlaisia ideointivaiheita, jolloin rakennetyyppihin tulevaa tietoa kerättiin materiaalinvalmistajilta ja tilaajan suunnittelijoilta. Tässä vaiheessa piirettiin ensimmäiset luonnokset rakennetyypeistä, joiden ulkonäköä muokattiin tilaajan toiveiden mukaan. Luonnosvaiheessa pidettiin myös tilaajan kanssa palaveri, jossa kirjailtiin ylös heidän huomioitaan ja kokemuksiaan rakennetyyppikirjastoon tulevista rakenteista. Nämä asiat pyrittiin ottamaan myöhemmin huomioon rakennetyyppien suunnitteluvaiheessa.

Suunnitteluvaiheessa rakennetyyppien piirtäminen käynnistyi täydellä teholla. Tässä vaiheessa rakennetyyppihin tulevat tiedot oli pääosin kerätty, joten rakennetyypeistä voitiin luoda jo tilaajan viimeistä kommentointia ja hyväksyntää odottavia versioita. Suunnitteluvaiheessa tarkistettiin vielä, että rakennetyyppihin tulevat tiedot täyttävät Suomen rakentamismääräykset ja valmistajien antamat luokitukset. Suunnitteluvaiheen lopussa, kun kaikki rakennetyyppikortit oli

luotu, laskettiin neljästä rakennetyypistä kustannukset. Kustannuslaskenta tehtiin rakennusosalaskentaan kehitetyllä excel-sovelluksella.

Viimeistelyvaiheessa rakennetyyppikortit käytiin tilaajan toimitusjohtajan ja suunnittelupäällikön kanssa läpi. Kommenttien perusteella joidenkin rakennetyyppien ulkoasua muokattiin ja näin varmistettiin rakennetyyppien yhdenmukainen stilistiikka. Tässä vaiheessa arvioitiin rakennetyyppien käyttökelpoisuus todellisuudessa. Suunnittelupäällikkö teki käyttökelpoisuuden arvioinnin ja totesi rakennetyyppien vastaavan tavoitteita ja olevan käyttökelpoisia Lehto-Optimi-konseptin tarpeisiin.

Rakennetyyppikirjaston tuotekehitysprosessin tuloksena syntyneitä rakennetyyppikirjastoa rakennusliike Lehto tulee käyttämään kustannuslaskennan tukena, suunnittelun lähtötietona ja markkinoinnin tukena esitellessään asiakkaalle kvr-urakan tarjousta (kuva 2). Rakennusliikkeen tavoitteena on kehittää rakennetyyppikirjastoa vielä enemmän detaljitasolle, jolloin suunnittelukustannukset laskevat entisestään. Työssä luotua rakennetyyppi-kirjastoa on tarkoitus kehittää Lehto-Optimi rakennekirjaksi asti.



KUVA 2. Rakennetyyppikirjaston tuotekehitysprosessin kulkukaavio

4 RAKENNETYYPPIKIRJASTON SOVELTAMINEN LEHTO- OPTIMI-KONSEPTISSA

Rakennetyyppikirjastoa pyritään soveltamaan erityisesti kustannuslaskennassa. Tämä otettiin huomioon luodessa rakennetyyppien ulkoasua. Kaikki rakennetyypit pyrittiin luomaan siten, että ne olisivat mahdollisimman helppo mallintaa TCM pro estimate -kustannushallintaohjelmaan. Kustannustenhallintaohjelmalla rakennusliike laskee tarjouksia sekä tekee kustannusarvioita ja määrälaskentaa. Tätä työtä varten laskettiin neljän rakennetyypin kustannukset, jotta nähdään, ovatko rakennetyyppien kustannukset linjassa tilaajan kokemuksen kanssa.

4.1 Lehto-Optimi-konsepti

Tässä työssä tehty rakennetyyppikirjasto on suunnattu Rakennusliike Lehdon kehittämän Lehto-Optimi-konseptin tarpeisiin. Tyypillinen Lehto-Optimin mukaisesti rakennettu on hallimainen liikerakennus, kuten suuri kauppa tai tuotantorakennus. Rakennus rakennetaan avaimet käteen -periaatteella, jolloin asiakkaan tehtäväksi jää vain valmiiseen rakennukseen muuttaminen ja asiakas voi keskittyä rakennusvaiheen ajan täysipainoisesti omaan liiketoimintaansa. (Lehto-Optimi. 2012.)

4.1.1 Lehto-Optimi-konseptin toimintamalli

Lehto-Optimi on rakennusliike Lehdon kehittämä rakennustapa, jossa asiakas saa vaivattomasti ja nopeasti uudet liiketilat. Asiakas voi keskittyä koko rakennusprojektin ajan omaan liiketoimintaansa, säästäten aikaa ja rahaa. Rakennusliike Lehto on toteuttanut kymmeniä liiketiloja ympäri Suomen Lehto-Optimi-konseptilla. Rakennustapa on kehitetty asiakkaan tarpeiden perusteella ja se poikkeaa normaalista rakentamistavasta merkittävästi. (Lehto-Optimi. 2012.)

Rakennusprojekti alkaa ensimmäisestä tapaamisesta asiakkaan kanssa. Tapaamisessa keskustellaan asiakkaan tarpeista ja tavoitteista rakennus-

hankkeelle arkkitehtuurin ja kustannusten osalta. Yhdessä käydään läpi hankkeen kustannusten muodostuminen ja toimitussisältö. Asiakkaalle esitellään ensimmäiset konkreettiset neliöhinnat. (Lehto-Optimi. 2012.)

Asiakkaan sitoutuessa 2 500 – 5 000 euron kustannuksiin hän saa käyttöönsä kokonaistarjouksen, joka sisältää arkkitehdin asemakuvaluonnoksen, pohjapiirrosluonnoksen ja rakennuksen 3D-luonnoksen. Asiakkaalle esitellään hankkeen kokonaisurakan toimitussisältö, perusrakennekuvaukset, LVIA-järjestelmäkuvaukset ja yksilöity Lehto-Optimi-tarjous rakennusurakasta. Tämän jälkeen käydään alustavat urakkaneuvottelut rakennusliikkeen ja tilaajan välillä. Neuvottelussa käydään lävitse edellä mainittu aineisto. Asiakas tietää tässä vaiheessa tarjouksen sisällön ja rakennushankkeen kustannukset. Asiakas tietää myös rakennushankkeen aikataulun, hankkeelle asetetut laatuvaatimukset ja omat velvoitteensa. (Lehto-Optimi. 2012.)

Alustavan urakkaneuvottelun jälkeen rakennusurakan suunnittelusopimus allekirjoitetaan ja tilaaja sitoutuu rakentamiseen liittyvien erikoissuunnittelujen käynnistämiseen. Lehto-Optimin mukaisesti käynnistetään arkkitehti-, rakenne-, geo-, LVI-, automaatio-, sähkö-, palo-, sprinkleri- ja sisustussuunnittelu. Tässä vaiheessa tarkennetaan mahdolliset rakennukseen tulevat asiakkaan liiketoimintaan liittyvät erikoistarpeet. Rakennushankkeen suunnitteluvaihe kestää 1 – 2 kuukautta. Suunnitelmien valmistuttua lopulliset urakkasopimukset allekirjoitetaan. Urakkasopimusten allekirjoitusten jälkeen aloitetaan rakentamisvaihe. (Lehto-Optimi. 2012.)

Tontin hallinnan, rakennusluvan ja liittymien tulee olla kunnossa ennen rakentamisvaiheen aloitusta. Rakentamisvaihe kestää 4 – 6 kuukautta. Rakennusvaiheen aikana asiakas ja asiakkaan valvoja voivat osallistua työmaakokouksiin ja katselmuksiin. Rakennushanke etenee ennalta laaditun aikataulun ja suunnittelun mukaan. Mikäli rakentamisvaiheessa ilmenee lisätarpeita, niille pyritään etsimään hyviä ja konseptin mukaisia rakenneratkaisuja. (Lehto-Optimi. 2012.)

Rakennusliike suorittaa loppusiivouksen ja itselle luovutuksen ennen asiakkaan ja asiakkaan valvojan käyttöönottotarkastusta. Rakennuksen automaation käyttöön annetaan opastus sekä kiinteistöön liittyvät asia- ja huoltokirjat luovutetaan asiakkaalle. Hyväksytyin luovutuksen jälkeen takuu-aika alkaa. Takuutar- kastus pidetään kahden vuoden kuluttua käyttöönotosta. Mahdolliset viat ja puutteet korjataan. Lopuksi pidetään rakennuksen ja pihojen lopputarkastus. (Lehto-Optimi. 2012.)

4.1.2 Rakennetyyppikirjaston hyödyntämismahdollisuudet Lehto-Optimi- konseptissa

Lehto-Optimi-konseptissa yhteistyö asiakkaan kanssa alkaa asiakaskontaktin saamisella. Asiakaskontakti voi tulla rakennusliikkeen omien myyjien kautta tai asiakkaan omasta aloitteesta. Jo urakkaneuvottelujen alkuvaiheessa rakennus- liike tarjoaa asiakkaalle vaihtoehtoja Lehto-Optimi-rakennustavassa käytettävis- tä rakenteista. Yhdessä asiakkaan kanssa valitaan juuri heidän hankkeeseen sopivimmat rakenneratkaisut. Nämä rakenneratkaisut on koottu rakennetyyppi- kirjastoon selkeiksi korteiksi, joita voidaan jo sellaisinaan esittää asiakkaalle. (Lehto 2012.)

Rakennusliikkeen tavoitteena on mallintaa rakennetyyppikirjaston sisältämät rakennetyypit kustannus- ja tarjouslaskentaohjelmaan TCM Pro Estimateen, josta ne pystytään tarvittaessa helposti ottamaan osaksi uuden hankkeen tar- jouslaskentaa. Hankkeeseen valittujen rakenteiden ollessa valmiina kustannus- ja tarjouslaskentaohjelmassa pystytään asiakkaalle antamaan jo varhaisessa vaiheessa tarkka kustannusarvio tulevasta rakennushankkeesta. Näin raken- nusliike ja asiakas säästävät aikaa ja resursseja rakennushankkeen tarjouslas- kenta- ja suunnitteluvaiheessa. (Lehto 2012.)

Rakennushankkeen suunnittelun alkaessa rakennetyyppejä käytetään suunnit- telun esivalintana, eli kohteeseen suunniteltavat rakenteet löytyvät ensisijaisesti Lehto-Optimin rakennetyyppikirjastosta. Rakennetyyppejä pyritään hyödyntä-

mään valmiina niin pitkälle kuin mahdollista, mutta tarvittaessa niihin voidaan tehdä pieniä muutoksia asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Näin säästyy suunnittelun aikaa ja resursseja. (Lehto 2012.)

Lehto-Optimin mukaisesti asiakkaalle lähetettyyn tarjoukseen liitetään heidän rakennukseensa suunnitellut rakennetyypit. Rakennetyypikirjasto palvelee myös tätä tarkoitusta, koska rakennetyypit viimeisteltiin ulkonäöllisesti yhdenmukaisiksi. Selkeä ja yhdenmukainen rakennetyyppi antaa ammattimaisemman kuvan rakennusliikkeestä tarjouksen saajalle. Myös asiakkaan mahdollisen rakennuttajakonsultin on helppo löytää kortista tarvittava informaatio. (Lehto 2012.)

Rakennusliike Lehdolta on puuttunut aiemmin yhdenmukainen rakennetyypikirjasto. Aikaisemmin jokaiseen hankkeeseen on käytetty erilaisia rakennetyyppejä, joista on puuttunut yhdenmukainen stilistiikka. Tässä opinnäytetyössä luodut rakennetyypikortit pohjautuvat rakennusliike Lehdon hyväksi havaitsemiin rakenneratkaisuihin ja Lehto-Optimi-konseptissa eniten käytettyihin rakenteisiin. (Lehto 2012.)

4.2 Uusi rakennetyypikirjasto rakennusliike Lehto Oy:lle

Tässä työssä luotuun rakennetyypikirjastoon kuuluu rakenteita alapohjista, välipohjista, yläpohjista, ulkoseinistä, väliseinistä ja sokkeleista. Rakennetyyppejä luotiin yhteensä 59 kappaletta. Seuraavassa on lueteltu työssä luodut rakennetyypit.

Lämpimän tilan alapohjatyyppejä sirotepinnoitteella ovat

- AP1 (maanvarainen kuitubetonilaatta 120 mm)
- AP1.1 (maanvarainen kuitubetonilaatta 120 mm)
- AP1.2 (maanvarainen kuitubetonilaatta 150 mm).

Lämpimän tilan alapohjatyyppejä mosaiikkibetonipinnoitteella ovat

- AP2 (maanvarainen kuitubetonilaatta 120 mm)

- AP2.1 (maanvarainen kuitubetonilaatta 120 mm)
- AP2.2 (maanvarainen kuitubetonilaatta 150 mm).

Lämpimän tilan alapohjatyyppinä siroitepinnoitteella ovat

- AP3 (masuunihiekkaeriste, maanvarainen kuitubetonilaatta 120 mm)
- AP3.1 (masuunihiekkaeriste, maanvarainen kuitubetonilaatta 120 mm)
- AP3.2 (masuunihiekkaeriste, maanvarainen kuitubetonilaatta 150 mm).

Puolilämpimän tilan alapohjatyyppinä siroitepinnoitteella ovat

- AP4 (masuunihiekkaeriste, maanvarainen kuitubetonilaatta 120 mm)
- AP4.1 (masuunihiekkaeriste, maanvarainen kuitubetonilaatta 120 mm)
- AP4.2 (masuunihiekkaeriste, maanvarainen kuitubetonilaatta 150 mm).

Lämpimän tilan alapohjatyyppinä siroitepinnoitteella ovat

- AP5 (maanvarainen kuitubetonilaatta 100 mm)
- AP6 (maanvarainen kuitubetonilaatta 80 mm).

Lämpimän tilan alapohjatyyppinä mosaiikkibetonipinnoitteella ovat:

- AP7 (maanvarainen paalulaatta 220 mm)
- AP7.1 (maanvarainen paalulaatta 270 mm).

Lämpimän tilan alapohjatyyppinä siroitepinnoitteella ovat

- AP8 (maanvarainen paalulaatta 220 mm)
- AP8.1 (maanvarainen paalulaatta 270 mm).

Puolilämpimän tilan alapohjatyyppinä siroitepinnoitteella ovat

- AP9 (maanvarainen paalulaatta 220 mm)
- AP9.1 (maanvarainen paalulaatta 270 mm).

Puurakenteisia REI15 välipohjatyyppinä ovat

- VP1 (kannatinpalkit 45x240 mm)
- VP1.1 (kannatinpalkit 51x300 mm).

Puurakenteisia REI30 välipohjatyyppejä ovat

- VP2 (kannatinpalkit 45x240 mm)
- VP2.1 (kannatinpalkit 51x300 mm).

Betonirakenteisia välipohjatyyppejä ovat

- VP3 (ontelolaatta P27)
- VP3.1 (ontelolaatta P32)
- VP4 (paikallavalettu teräsbetoni-laatta 240 mm)
- VP5 (paikallavalettu teräsbetoni-laatta 300 mm).

Lämpimän tilan yläpohjatyyppejä ovat

- YP1 (takuelementin kattoelementti).

Lämpimän tilan ulkoseinätyyppejä ovat

- US1 (IPN-ydin, 120 mm)
- US2 (IPN-ydin, 150 mm)
- US4 (villa-ydin, 240 mm)
- US6 (EPS-ydin 175 mm)
- US8 (EPS-ydin 213 mm)
- US10 (IPN-ydin, VSS-seinä).

Puolilämpimän tilan ulkoseinätyyppejä ovat

- US3 (IPN-ydin, 100 mm)
- US5 (villa-ydin, 150 mm)
- US7 (EPS-ydin, 125 mm)
- US9 (EPS-ydin 138 mm).

Väliseinätyyppejä ovat

- VS1 (vs-elementti, mineraalivilla-ydin 100 mm)
- VS2 (vs-elementti, kivivilla-ydin 100 mm)
- VS3 (vs-elementti, IPN-ydin 80 mm)
- VS4 (peltiranka 66 mm)
- VS5 (peltiranka 95 mm)
- VS6 (peltiranka 120 mm)
- VS7 (peltiranka 66 mm + mineraalivilla)
- VS8 (peltiranka 95 mm + mineraalivilla)
- VS9 (peltiranka 120 mm + mineraalivilla)
- VS10 (puuranka 66 mm)
- VS11 (puuranka 95 mm)
- VS12 (puuranka 120 mm)
- VS13 (puuranka 66 mm + mineraalivilla)
- VS14 (puuranka 95 mm + mineraalivilla)
- VS15 (puuranka 120 mm + mineraalivilla)
- VS16 (muurattu väliseinä 130 mm)
- VS17 (teräsbetoni 200 mm)
- VS18 (teräsbetoni 300 mm).

Lämpimän tilan sokkelityyppejä ovat

- SOKKELI1 (sokkelielementti 1)
- SOKKELI2 (sokkelielementti 2).

4.2.1 Rakennetyyppien kehittämisprosessi

Tiedon keruu prosessin ja viranomaismääräyksiin tutustumisen jälkeen luotiin rakennetyyppien ensimmäiset piirrosluonnokset. Tämän jälkeen piirrosluonnokset käytiin rakennusliikkeen kanssa yhdessä läpi ja sovittiin rakenteet, joista tehdään valmiit rakennetyypit. Tässä vaiheessa työ tehostui ja toisarvoiset rakennetyypit jätettiin pois.

Yhdessä rakennusliikkeen suunnittelupäällikön kanssa sovittiin rakennetyypeissä esitettävät tiedot. Rakenteet, joista rakennetyypit muodostettiin, olivat entuudestaan rakennusliikkeelle tuttuja, mutta yhtenäisiä ja täysin heidän tarpeita vastaavia rakennetyyppejä ei ole aikaisemmin ollut. Rakennusliikkeen tavoitteena on käyttää tässä työssä luotuja rakennetyyppejä myös markkinoinnissaan, joten tämän vuoksi huomioon oli otettava myös rakennetyyppien stilistiikka.

Piirrosluonnospalaverin jälkeen aloitettiin rakennetyyppien luominen. Tavoitteena oli luoda rakennetyypit Lehto-Optimi-konseptin rakennustapaa noudattavaksi ja ulkonäöltään samankaltaisiksi. Rakennusliikkeellä oli selkeät näkemykset siitä, millaiset rakennetyypit ovat heille käyttökelpoisia, perustuen kokemuksiin ja hyväksi havaittuihin toimintatapoihin. Tässä vaiheessa kiinnitettiin huomiota voimassaoleviin rakentamismääräyksiin. Rakentamismääräykset otettiin huomioon lämmön- ja ääneneristävyyden sekä palomääräysten osalta.

Jokaiselle rakennetyypille selvitettiin viranomaismääräyksissä velvoitettavat asiat. Sen lisäksi jokaiselle rakennetyypille muodostui jokin muu selvitettävä ja korttiin liitettävä osa-alue tärkeäksi rakennetyypin toteutuksen vuoksi. Ulkoseinälementeissä perehdyttiin alustavaan lujuuden/kestävyyden määrittelyyn keräten tietoa elementin tuulenpaineen ominaisarvoista. Rakennetyypikorttiin lisättiin alustava tuulenpaineen ominaisarvo ja sitä vastaava elementin maksimijänneväli. Näin suunnittelija voi tehdä esivalinnan jo rakennetyypikortin perusteella.

Alapohjiin koottiin tietoa betonilaatan sallituista kuormituksista jatkuvan ja piste-kuorman osalta. Tietoa koottiin myös sahasaumojen sijoittelusta ja teräskuidun määrästä betonilaatassa. Välipohjissa viranomaismääräysten lisäksi koottiin tietoa askelääneneristävydestä ja mitoitettiin välipohjarakenne-tyyppiin oikean kokoinen kannatinpalkki Finnwood-ohjelmalla.

Yläpohjatyypiksi valittiin Päätoimija Oy:n oma kattoelementti. Tästä U-arvoa laskettaessa havaittiin, että määräysten mukaiseen U-arvoon päästään hieman alkuperäistä matalammalla rakenteella. Tilaajan tarkoituksena on aloittaa kattoelementin valmistus pienemmällä eristemäärällä. Tästä syntyy säästöä, koska kattoelementin valmistamiseen kuluu vähemmän materiaalia.

Väliseinätyyppeihin koottiin tietoa ääneneristävyksien lisäksi seinien maksimikorkeuksista. Lisäksi selvitettiin tiilirakenteisen väliseinän kantavuuksia ja raudoitustarvetta. Tiilirakenteiseen väliseinätyyppiin suunniteltiin lisäksi muutama liittymädetalji.

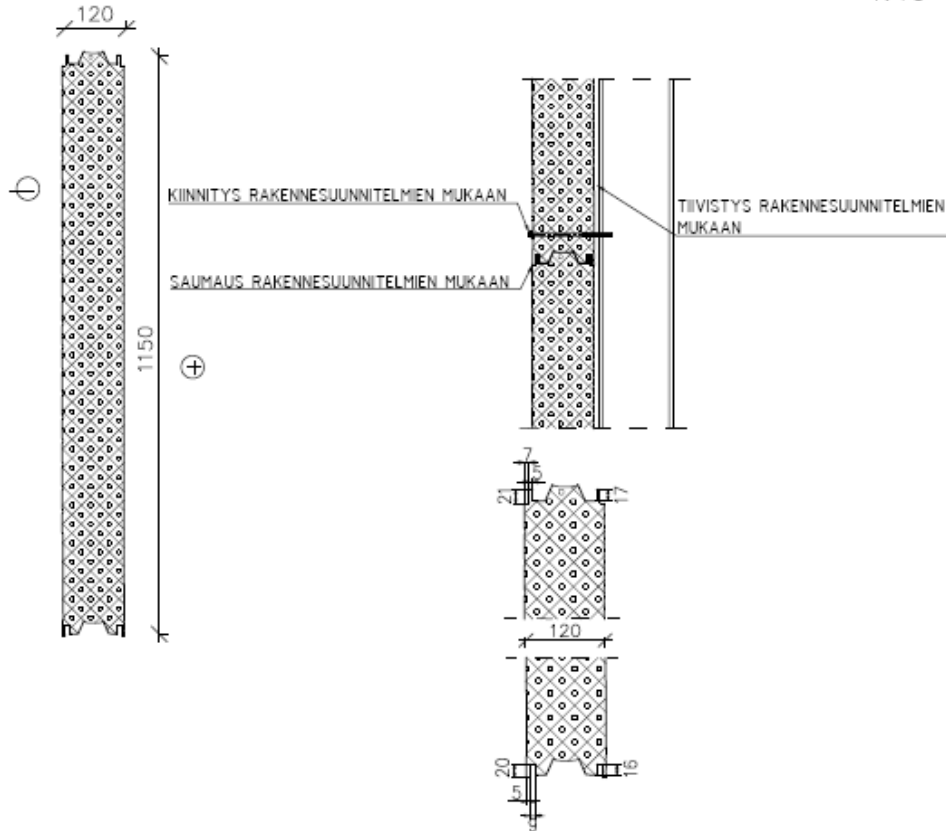
Tietojen lisäämisen ja rakennetyyppien leikkauskuvien yhteensovittamisen jälkeen todettiin rakennusliikkeen kanssa rakennetyyppikorttien tarkennukset ja korjaukset. Tässä palaverissa päätettiin muodostaa rakennetyypeistä yksityiskohtaisia, jotta ne olisivat käyttökelpoisempia käytettäessä niitä kustannustenlaskentaan. Jokaiseen korttiin päätettiin muokata täsmälliset mitat, jotta rakennetyypin mallintaminen kustannuslaskentaohjelmaan olisi helpompaa. Tilaaja kommentoi myös tätä raporttia ja esitti oman näkemyksensä tässä esitettävistä asioista. Sovittiin, että viimeistelyn jälkeen pidetään viimeinen palaveri, jossa tilaaja tarkastaa ja hyväksyy rakennetyypit.

Viimeisessä palaverissa tilaajan suunnittelupäällikkö ja toimitusjohtaja tarkistivat rakennetyypit ja tekivät niille käyttökelpoisuuden arvioinnin. He totesivat rakennetyyppien vastaavan käyttötarkoitustaan. Rakennetyyppikirjasto luovutettiin tilaajalle pdf-tiedostona ja dwg-tiedostona, josta rakennetyyppikirjastoa on tarvittaessa helppo muokata esimerkiksi muuttuvien viranomaismääräysten tai kustannuskehityksen takia.

Tilaaaja tarkasti myös neljästä ennalta sovitusta rakennetyypistä tehdyt kustannuslaskelmat. Näiden kustannuslaskelmien perusteella saatiin alustavaa tietoa rakenteen hinnasta, työstä ja materiaaleista. Kustannuslaskelmia tarkastettaessa todettiin, että kustannukset ovat hieman todellista suurempia, koska materiaalien hinnat ovat otettu nettikauppa taloon.comista. Tämän lisäksi työmenekit on laskettu RATU-kortiston mukaan. Näistä kustannuslaskelmista saadaan kuitenkin arvio rakenteen hinnasta, jolloin pystytään toteamaan rakenteen käyttökelpoisuus.

4.2.2 Esimerkki rakennetyypistä

Rakennetyyppien ulkoasusta haluttiin tehdä mahdollisimman ammattimaisen näköinen. Tyyppeihin päätettiin lisätä rakennusliikkeen yhteystiedot ja alan käytännön mukainen nimiö. Nimiötä päivitetään aina rakennettavan kohteen oikeilla tiedoilla, joten ne jätettiin tässä työstä luoduista tyypeistä tyhjäksi. Lopuksi rakennetyypit vielä stilisoitiin keskenään yhdenmukaisiksi (kuva 3).



LÄMMÖNERISTÄVYYS
U-ARVO: 0,17W/m²K

PALONKESTÄVYYS
PALOLUOKKA: P3, P2, P1, KUN KERROKSIA ENINTÄÄN 2
OSASTOIVANA: EI30 (TUETTAVA K4000)
PALOKÄYTTÄYTYMISLUOKKA: B-s1,d0

ÄÄNENERISTÄVYYS
ILMAÄÄNENERISTYS: R_w = 28 dB

NELIÖPAINO 13,44 Kg/m²
UV-SÄTEILYN KESTÄVÄ PINNOITE ULKOPINNASSA

TUULIKUORMAN OMINAISARVO (kN/m²) JA ELEMENTIN
SUURIN SALLITTU JÄNNEVÄLI YKSIAUKKOISENA

JÄNNEVÄLI	TUULIKUORMA
6000 mm	0,84 kN/m ² (PAINE)
7000 mm	0,61 kN/m ² (PAINE)
8000 mm	0,47 kN/m ² (PAINE)

ULKOSEINÄELEMENTIN KIINNITYKSET JA SAUMAUKSET
RAKENNESUUNNITELMIEN MUKAAN.

KUVA 3. Esimerkki rakennetyypistä, US1

4.3 Lehto-Optimin esimerkkikohte Raahan Lapaluotoon

Insinööriyön esimerkkikohteeksi valikoitui KW-Component Oy:n tehdasrakennus Raahan lapaluotoon. Tehdas rakennetaan tuottamaan Kastelli-talojen pientaloelementtejä. Esimerkkikohteeksi tämä oli loistava, koska tehdasrakennus toteutettiin Lehto-Optimin mukaisella rakennustavalla ja lisäksi työmaan sijainti mahdollisti hyvin vierailut paikan päällä.

Tehdasrakennuksen kantavana runkona ovat betonipilarit ja kattorakenteen kannattimina toimivat liimapuiset harjapalkit (kuva 4).



KUVA 4. Hallin runko

Kantavaan betonipilarirunkoon tukeutuvien liimapuisten harjapalkkien päälle asennetaan Takuuelementin kattoelementti, joka täyttää lämpimän tilan U-arvovaatimuksen 0,09 (W/m²K). Kattoelementissä ovat valmiina vesikate, savunpoistoluukut ja sisäpuolen pintarakenne (kuva 5).



KUVA 5. Päätoimijaan kuuluvan Takuuelementin kattoelementti

Lattiarakenteena on maanvarainen 120 mm vahva kuitubetonilaatta. Lämmöneristeenä toimii metrin reuna-alueilla 700 mm vahva tiivistetty masuunihiekkakerros ja keskialueilla 600 mm vahva tiivistetty masuunihiekkakerros.

Ulkoseinät ovat pelti-IPN-eriste-pelti-rakenteisia elementtiseiniä. Elementin paksuus on 120 mm. Ulkoseinäelementin korkeus on vakio 1 150 mm ja pituus vaihtelee betonipilarirungon mukaisesti. Näillä rakenteilla saavutetaan puolilämpimän tilan U-arvovaatimus, 0,24 (W/m²K). Kohteessa käytetty ulkoseinäelementti täyttää myös lämpimän tilan U-arvovaatimuksen 0,17 (W/m²K). Kuvassa 6 näkyvän ulkoseinäelementin erityispiirre on pontin muoto, josta elementin tunnistaa lämpimään tilaan soveltuvaksi.



KUVA 6. Lämpimän tilan seinäelementti

Tehdasrakennuksen yhteyteen rakennetaan puurunkoinen 2-kerroksinen toimistosiipi. Toimistosiiiven alapohja rakenteena on sama 120 mm:n paksuinen kuitu-betonilaatta kuin hallirakennuksen puolella. Alapohjan eristys toteutetaan hal-

liosan kaltaisesti masuunihiekalla. Toimistosiiven runko tehdään 47x197 mm vahvalla puurungolla. Eristeenä käytetään mineraalivillaa. Seinärungon sisäpuolelle tehdään lisäeristys 47x47 mm vahvalla koolauksella. Tällä seinärakenteella saavutetaan lämpimän tilan U-arvovaatimus 0,17 (W/m²K). Toimisto-osan ulkoverhous rakennetaan julkisivupelistä, jolloin se on halliosan julkisivun kanssa samannäköinen.

4.4 Rakennetyyppien soveltaminen kustannuslaskennassa

Rakennetyypikirjastoon tehtävistä rakennetyypeistä valittiin neljä rakennetyyppiä tarkempaa kustannuslaskentaa varten. Kustannuslaskenta tehtiin rakennusosien tuoteosalaskentaan soveltuvalla Excel-sovelluksella, jossa lasketaan rakenteelle neliöhinta. Hinnassa huomioidaan sekä työ että materiaalit.

Näissä kustannuslaskelmissa käytetyt työmenekit on laskettu suoraan Rakennusteollisuus RT:n julkaisemista työmenekkitiedostosta. RATU:ssa työmenekit on ilmoitettu niin sanottuna T3-aikana, joka pitää kertoa vielä TL3-kertoimella, jotta saadaan työvaiheen kokonaiskesto T4-aika. TL3-kerroin vaihtelee RATU:n mukaan välillä 1,1 - 1,3 riippuen rakennusosasta. Yksinkertaistamiseksi näissä laskelmissa käytetään TL3-kertoimena arvoa 1,2. Materiaalien hinnat on saatu taloon.com-nettirautakaupasta.

Kustannuslaskelmassa keskituntiansioksi asetettiin 18 euroa ja sosiaalikuluiksi 70 % keskituntiansiosta. Omakustannehinnaksi muodostui tätä kautta 30,6 €/h. On huomioitava, että tämä työn hinta ei sisällä yrityksen yleisiä kuluja eikä katetta, joten mahdollista tarjousta laskettaessa ne täytyy lisätä hintaan. Tässä työssä tehdyistä kustannuslaskelmista saadaan hyvä arvio laskettavan rakenteen hinnasta. Kuitenkin tarjousta laskettaessa kukin rakennetyyppi on mahdollisesti laskettava tarkemmin, ottaen huomioon kohteen erikoisvaatimukset, kuten erilaiset kuormitustapaukset.

4.4.1 Maanvaraisen kuitubetonilaatan rakentamisen kustannukset

Ensimmäisenä kustannukset lasketaan maanvaraisesta alapohjatyypistä, jonka kantava rakenne on 120 mm vahva kuitubetonilaatta (taulukko 10). Kuitubetonilaatta poikkeaa tavanomaisesta teräsbetonilaatasta juuri raudoitteena käytettävien teräskuitujen takia. On kuitenkin muistettava, että kuitubetonilla valettaessakin harjateräksiä joudutaan jonkin verran käyttämään. Lisäksi kuitubetonin pumpattaessa kuidun pumppauksesta veloitetaan myös hieman.

TAULUKKO 10. Maanvaraisen kuitubetonilaatan rakentamisen kustannukset

Tuoterakenne	Alv - %	23	Työn hinta, alv = 0 %	30,6
ALAPOHJA 1	Indeksi	130		
Maanvarainen kuitubetonilaatta, h = 120 mm	KTA, €/h	18		
U-arvo 0,16	Sos.kulu-%	70		

Maanvaraisen laatan rakentaminen									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Määrä	TYÖN HINTA			ALIH	ALIH	h
RO	Nimike	Yks	Yks	h/yks (T4)	KTAK	€	€/YKS	€	
	Tiivistetty soratäyttö	m ²	1	0,05	0,9	1,38	4	4	0,05
	Eristelevyjen asennus	m ²	1	0,1	0,9	2,75		0	0,1
	Topparit, tukkeet liikuntasamat, lisäraudoitus	m ²	1	0,032	1	0,98		0	0,032
	Betonointi	m ²	1	0,2	1	6,12		0	0,2
	Pinnan hierto	m ²	1	0,05	1,1	1,68		0	0,05
	Liikuntasauvojen sahaus	jm	1	0,1	1	3,06		0	0,1
						0,00		0	0
				0,532		15,9732		4,00	0,532
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
			Mat,yks				Hukka	yht	
RO	Nimike	Yks	My	My/yks	€/My	€/yks	%	€	
Ro	Tiivistetty soratäyttö	m ²	m ³	0,35	25,00	8,75		8,75	
	Lämmöneriste 120 + 1m:n reuna-alueella 190 mm	m ²	m ²	1	6	6	5	6,30	
	Lisäraudoitteet	m ²	m ²	3	1	3	5	3,15	
	Työsaumat, topparit tms. materiaalit	m ²	m	22	1	22	5	23,10	
	Kuitubetoni (sis.kuidun pumppauslisän)	m ²	m ³	0,12	120	14,4	5	15,12	
						0		0,00	
								56,42	

Yks	h/yks	Työ	Aine	Alih	YHT(alv =0 %)
m ²		€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²
	0,532	15,973	56,42	4	76,39

Tämän laskelman mukaan maanvaraisen kuitubetonilaatan rakentaminen maksaisi 76,39 €/m². Tätä laskelmaa käytettäessä täytyy ottaa huomioon, että rakennusmateriaalien hinnat on poimittu taloon.com-nettirautakaupasta, joten ne ovat todennäköisesti rakennusliikkeen omakustannehintoja kalliimpia. On muistettava, että kuitubetonilaatan teräskuitumäärät vaihtelevat rakenteen kuormi-

tusten mukaan. Lisäksi työmenekkien laskennassa ei ole huomioitu työryhmää, jonka työn tekeminen todellisuudessa vaatisi.

4.4.2 Puurakenteisen välipohjan rakentamisen kustannukset

Puurunkoisten rakenteiden kustannuksiin vaikuttavat merkittävästi voimassa olevat palo- ja ääneneristysvaatimukset, koska materiaalina puu täytyy aina suojata paloa vastaan. Välipohjarakenteessa täytyy lisäksi huomioida myös tarvittaessa värähtelymitoitus. Tässä kustannuslaskelmassa laskettava rakenne täyttää paloluokat P3 ja P2 ja on osastoivuudeltaan REI15 (taulukko 11).

TAULUKKO 11. Puurakenteisen välipohjan rakentamisen kustannukset

Tuoterakenne	Alv - %	23	Työn hinta, alv = 0 %	30,6
VÄLIPOHJA 1	Indeksi	130		
Puurakenteinen välipohja	KTA, €/h	18		
Paloluokka P2, REI15	Sos.kulu-%	70		

Puurakenteisen välipohjan rakentaminen

TL3=1,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Määrä	TYÖN HINTA			ALIH	ALIH	h
RO	Nimike	Yks	Yks	h/yks (T4)	KTAK	€	€/YKS	€	
	Tavarantoimitus ja materiaalien siirrot	m ²	1	0,048	0,9	1,32		0	0,048
	Lattiakipsilevyjen asentaminen	m ²	2	0,12	1	7,34		0	0,24
	Välipohjan runkotyöt	m ²	1	0,48	1,1	16,16		0	0,48
	Eristystyöt + ilmansulkupaperin asentaminen	m ²	1	0,145	1	4,44		0	0,145
	Katon kipsilevyjen asentaminen	m ²	1	0,18	1	5,51		0	0,18
	Lopettavat työt, siivous	m ²	1	0,024	0,9	0,66		0	0,024
						0,00		0	0
				0,997		35,42868		0,00	1,117
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
			Mat,yks				Hukka	yht	
RO	Nimike	Yks	My	My/yks	€/My	€/yks	%	€	
Ro	Kipsilevyt 2x15 mm	m ²	m ²	2	7,00	14	5	14,70	
	Ruuvit, naulat	erä	erä	1	3	3	10	3,30	
	Harvalauta 22x100 k300	m ²	m	3,33	0,7	2,331	10	2,56	
	Palkit 45x240 k600	m ²	m	1,66	5	8,3	10	9,13	
	Mineraalivilla 95 mm	m ²	m ²	1	6,5	6,5	5	6,83	
	Ilmansulkupaperi	m ²	m ²	1	1	1	5	1,05	
	Harvalauta 22x100 400	m ²	m	2,5	0,7	1,75	10	1,93	
	Kipsilevy 13 mm	m ²	m ²	1	5	5	5	5,25	
								44,74	

Yks	h/yks	Työ	Aine	Alih	YHT(alv =0 %)
m ²		€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²
	1,117	35,429	44,74	0	80,17

Taulukon 11 mukaisen puurakenteisen välipohjan rakentaminen maksaisi 80,17 €/m². Tätä laskelmaa tulkittaessa täytyy ottaa huomioon, että rakennusmateria-

aalien hinnat on poimittu taloon.com-nettirautakaupasta, joten ne ovat todennäköisesti rakennusliikkeen omakustannehintoja kalliimpia. On muistettava, että välipohja palkin koko riippuu välipohjan kuormista. Tässä tapauksessa palkkien jänneväli oli 4 000 mm ja kuormat hyötykuormaluokkaa A, eli tasainen kuorma on 2 kN/m² ja pistekuorma 2 kN.

4.4.3 Elementtirakenteisen ulkoseinän rakentaminen

Lehto-Optimi-konseptilla rakennetuissa rakennuksissa ulkoseinärakenteena käytetään sandwich-tyyppistä ulkoseinäelementtiä (taulukko 12). Elementtirakenteella saavutetaan monia etuja verrattuna esimerkiksi paikallarakennettuun puurunkoiseen ulkoseinään. Elementtirakenne on esimerkiksi nopeampaa asentaa ja ulkopinta on asennuksen jälkeen valmis.

TAULUKKO 12. Sandwichelementtirakenteisen ulkoseinän rakentamisen kustannukset

Tuoterakenne	Alv - %	23	Työn hinta, alv = 0 %	30,6
Ulkoseinä 1	Indeksi	130		
Sandwich ulkoseinäelementti	KTA, €/h	18		
	Sos.kulu-%	70		

Sandwich ulkoseinäelementin asentaminen				TL3=1,2					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Määrä	TYÖN HINTA			ALIH	ALIH	h
RO	Nimike	Yks	Yks	h/yks (T4)	KTAK	€	€/YKS	€	
	Tavaran vastaanotto	kpl	1	0,012	0,9	0,33		0	0,012
	Elementin asennus (sis. Elementin nosto, mittaukset, tilkitseminen, listoitus, kiinnitykset)	erä	1	1,452	1	44,43		0	1,452
	Lopettavat työt, siivous	kpl	1	0,012	1	0,37		0	0,012
					1	0,00		0	0
				1,476		45,12888		0,00	1,476
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RO	Nimike	Yks	Mat,yks	My/yks	€/My	€/yks	%	€	
Ro	Ulkoseinä elementti	m ²	m ²	1	34,00	34	0	34,00	
	Muu materiaali (ruuvit, tilkkeet, listat)	m ²	m ²	1	10	10	5	10,50	
		m ²	m	0	0	0	10	0,00	
								44,50	

Yks	h/yks	Työ	Aine	Alih	YHT(alv = 0%)
m ²		€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²
	1,476	45,129	44,50	0	89,63

Tämän laskelman mukaan elementtirakenteisen ulkoseinän rakentaminen maksaisi 89,63 €/m². Laskelmaa tulkittaessa täytyy ottaa huomioon, että ulkoseinäelementin hinta vaihtelee riippuen rakennettavan seinän määrästä. Mitä enemmän rakennetaan, sitä halvemmaksi tulee. Ulkoseinäelementin hinta vaihtelee näin eri projektienkin välillä.

4.4.4 Puurakenteisen väliseinän rakentamisen kustannukset

Puurakenteisen väliseinän kustannuslaskelmassa on huomioitu ainoastaan puurakenteisen väliseinän rakentaminen, joten laskelma ei sisällä pintarakenteita, kuten tasoitusta ja maalausta (taulukko 13).

TAULUKKO 13. Puurunkoisen väliseinän rakentamisen kustannukset

Tuoterakenne	Alv - %	23	Työn hinta, alv = 0 %	30,6
VÄLISEINÄ 1	Indeksi	130		
Puurunkoinen väliseinä	KTA, €/h	18		
	Sos.kulu-%	70		

Puurakenteisen väliseinän rakentaminen				TL3=1,2						
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10
RO	Nimike	Yks	Määrä	TYÖN HINTA		€	ALI	ALI	h	
			Yks	h/yks (T4)	KTAK	€	€/YKS	€		
	Aloittavat työt (tavaran vastaanotto ja materiaalien siirrot)	m ²	1	0,024	0,9	0,66		0	0,024	
	Väliseinärungon paikalleen mittaus ja asennus k600	m ²	1	0,204	1	6,24		0	0,204	
	Seinän levytys (1 kipsilevy molemmin puolin)	m ²	1	0,24	1,1	8,08		0	0,24	
	Lopettavat työt, siivous	m ²	1	0,012	1	0,37		0	0,012	
						0,00		0	0	
				0,48		15,34896		0,00	0,48	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
			Mat,yks				Hukka	yht		
RO	Nimike	Yks	My	My/yks	€/My	€/yks	%	€		
Ro	Kipsilevyt 2x13 mm	m ²	m ²	2	5,00	10	5	10,50		
	Ruuvit, kiinnikkeet	erä	erä	1	3	3	10	3,30		
	Puurunko 45x65 k600	m ²	m	1,66	2	3,32	10	3,65		
	Ylä ja alajuoksun peltikiskot	m ²	m	2	3	6	5	6,30		
								23,75		

Yks	h/yks	Työ	Aine	Alih	YHT(alv = 0%)
m ²		€/m ²	€/m ²	€/m ²	€/m ²
	0,48	15,349	23,75	0	39,10

Taulukossa 13 esitetyn laskelman mukaan puurakenteisen väliseinän rakentaminen maksaisi 39,10 €/m². Tätä laskelmaa tulkittaessa täytyy ottaa huomioon,

että rakennusmateriaalien hinnat on poimittu taloon.com-nettirautakaupasta, joten ne ovat todennäköisesti rakennusliikkeen omakustannehintoja kalliimpia.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia rakennetyypikirjasto Rakennusliike Lehto Oy:n kehittämän Lehto-Optimi-konseptin tarpeisiin. Rakennetyypikirjastossa olevia rakennetyypikortteja voidaan käyttää apuna suunnittelussa, jolloin suunnittelija tekee rakennetyypikorttien perusteella rakenteen esivalinnan aloittaessaan kohteen suunnittelua. Näin rakennusliike säästää aikaa ja resursseja. Rakennetyyppejä voidaan käyttää myös tarjousvaiheessa esiteltäessä mahdolliselle asiakkaalle rakennusliikkeen käyttämiä rakennevaihtoehtoja.

Tulevaisuudessa rakentamisessa tapahtuu suuria muutoksia. Suurin muutos, energiamääräysten kiristyminen, vaikuttaa kaikkeen rakentamisessa. Tämän vuoksi rakennusalan ammattilaisilla on edessä enemmän uusien määräysten opiskelua ja niihin perehtymistä kuin koskaan aiemmin. On erittäin tärkeää, että rakennusala valvovat viranomaiset, kuten rakennusvalvonta, ottavat vastuuta ja pitävät tiedotus- ja koulutustilaisuuksia muutoksiin liittyen.

Yksi työn tavoitteista oli kerrata ja saada lisätietoa voimassaolevista viranomaismääräyksistä lämmön- ja ääneneristävyysvaatimusten sekä palomääräysten osalta. Tämä tuli tehtyä varsin kattavasti, koska asiat olivat hyvin keskeisiä rakennetyyppejä luodessa. Lisäksi uutena tietona tutustuttiin Suomen rakentamismääräyskokoelman palomääräyksiä käsittelevän osan E1 muutoksiin.

Rakennetyypikirjasto onnistuttiin luomaan tavoitteiden mukaisesti. Kirjastoon kuuluvia rakennetyyppejä voidaan hyödyntää hyvin yrityksen tarpeisiin ja rakennetyyppejä voidaan helposti muuttaa sekä kehittää muuttuvien viranomaismääräyksiä ja tuotteiden kehityksen mukaan. Työn edetessä myös oma tietämys erilaisista rakenteista lisääntyi, lisäksi tuli kerrattua kattavasti voimassaolevat viranomaismääräykset. Uutena asiana tutustuttiin T&K-toimintaan erityisesti tuotekehityksen osalta.

Tulevaisuudessa rakennetyypikirjasto voidaan kehittää lisäämällä eniten käytettyihin rakennetyyppeihin mahdollisesti enemmän täydentäviä tietoja. Lisäksi rakennetyyppejä voidaan viedä vielä enemmän detaljitasolle, jolloin tyyppeihin lisättäisiin enemmän leikkauskuvia ja liitosdetaljeja. Tässä työssä luotu rakennetyypikirjasto antaa rakennusliikkeelle hyvän pohjan kehittää jatkossa rakennetyypikirjasto eteenpäin, vaikka aivan rakennekirjaksi saakka.

LÄHTEET

Kukkonen, Tuomo 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 uudistukset 2011.

Lehto, Hannu 2012. Toimitusjohtaja, Rakennusliike Lehto Oy. Keskustelut 2012.

Lehto-Optimi. 2012. Saatavissa: <http://www.lehto-optimi.fi/>. Hakupäivä 2.3.2012.

Lähteinen, Ville 1999. Videoneuvottelu- ja etäopetusvälineet hajautetussa tuotekehityksessä. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu. Seminaarityö. Saatavissa: <http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/Tik-110.555/1999/tyo8.htm>. Hakupäivä 1.4.2012.

Miettinen, Aarne 2010. Palo-osastoinnin kartoittaminen korjausrakennuskohteissa. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Määttä, Marika 2012. Uudisrakennusten energiamääräykset uusiksi. Suomen ympäristökeskus. Ympäristö-lehti 07/2010, sivu 28. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=369803&lan=fi&clan=fi>. Hakupäivä 22.11.2011.

Rakennetyyppien ja -detaljien valinnan vastuu ja käyttöohjeet suunnittelukohteissa. 2012. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: <http://betoni.com/download.aspx?intFileID=2225&intLinkedFromObjectID=7074>. Hakupäivä 4.3.2012.

RATU 33-0243. 2002. Metallielementtityö. Menekit ja menetelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RATU 54-0263. 2003. Väliseinätyö. Menekit ja menetelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RATU 51-0257. 2004. Puurunkotyö, ala-, väli- ja yläpohja. Menekit ja menetelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelma A1, 2006. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma C1, 1998. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma C3, 2010. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma C4, 2003. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma E1, 2011. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Vuolle, Mika 2011. E-luku ja sen laskenta. Saatavissa:

<http://ely.combo.fi/fi/ELYkeskukset/varsinaissuomenely/Ajankohtaista/Rakentamisen%20ohjauksen%20seminaari%20732012/E-luku%20ja%20sen%20laskenta.pdf>. Hakupäivä 1.12.2011.