

JULKISEN PUURAKENTAMISEN KEHITTÄMINEN LAPISSA

Opinnäytetyö

Harju Tuomas
Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Juntunen Helena
Luonnonvara-ala
Metsätaloudenkoulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Luonnonvara-ala
Metsätaloudenkoulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

Tekijät	Tuomas Harju ja Helena Juntunen	2018
Ohjaajat	Liisa Kuutti ja Mikko Vatanen	
Toimeksiantaja	Lapin liitto	
Työn nimi	Julkisen Puurakentamisen kehittäminen Lapissa	
Sivu- ja liitesivumäärä	121 + 4	

Opinnäytetyössä kartoitettiin puisia julkisia rakennuksia Lapin kunnista. Tavoitteena oli kartoittaa kaikki kymmenen vuoden aikana rakennetut puiset julkiset rakennukset. Toisena tavoitteena oli selvittää kunnissa vireillä olevat uudet puurakentamisen kaavoitukset ja hankkeet. Kartoituksen tilaajana toimi Lapin liitto.

Kartoitus toteutettiin kvalitatiivisena tutkimuksena ja siihen osallistui 20 Lapin kuntaa. Kuntien yhteyshenkilöitä tavoitettiin sähköpostikyselyin sekä puhelinhaastatteluin. Kuntien yhteyshenkilöinä toimivat pääasiassa kunnanjohtajat, teknisen osaston johtajat ja kaupungin arkkitehdit sekä kunnan rakennustarkastajat. Vastaukset kirjattiin tuloksiin kuntakohtaisesti. Tuloksista koottiin myös liitteeksi taulukko selkeyttämään ja tiivistämään tuloksia.

Opinnäytetyöaineisto sisältää puurakentamiseen syventäviä teoriaosuuksia, jotka on kirjoitettu metsätaloudelle ja rakennustekniikalle ominaisessa valossa. Teoriaosuus perustuu lähes kokonaan kirjalliseen aineistoon. Rakennustekniikka hyödynsi aineistossaan myös asiantuntijaa haastattelun pohjalta.

Communication and Transport
Degree Programme in
Civil Engineering
Bachelor of Engineering

School of Forestry and
Rural Industries
Forestry Degree Programme

Author	Tuomas Harju and Helena Juntunen	2018
Supervisors	Liisa Kuutti and Mikko Vatanen	
Commissioned by	Regional Council of Lapland	
Subject of thesis	Development of public wood construction in Lapland	
Number of pages	121 + 4	

The primary aim of this thesis was to survey all public wooden buildings situated in the municipalities of Lapland, which were built during a time span of ten years. The second object was to study every ongoing plan and project regarding both the zoning and constructing of wooden buildings. This survey was commissioned by the Regional Council of Lapland.

The survey was conducted as a qualitative research to which twenty municipalities throughout Lapland participated. The contacts of these municipalities were mostly the mayors, directors of technical departments, architects and building inspectors, all of whom were contacted via electronic questionnaires and telephone interviews. The results were then sorted on a case-by-case basis according to the municipalities. Additionally, a chart created on the results was included in the survey for the sake of clarification and compactness.

The literature of this thesis includes theories based on wood construction which were written characteristically for both forestry and construction engineering. The theory consists almost entirely of written material. Lastly, an expert of construction engineering was consulted in an interview regarding the subject.

Key words Lapland, public construction, survey, wood construction, wood products

SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Tausta ja tavoitteet	9
1.2 Tutkimusmenetelmät.....	10
1.3 Työnjako ja -rajaus	10
2 PUU RAAKA-AINEENA LAPISSA	12
2.1 Puun ominaisuudet	12
2.1.1 Tiheys.....	13
2.1.2 Hygroskooppisuus ja kosteuspuskurointi	14
2.1.3 Hengittävyys.....	15
2.1.4 Akustiikka	16
2.1.5 Lujuus.....	16
2.2 Puulajit.....	18
2.2.1 Metsämänty.....	19
2.2.2 Metsäkuusi	21
2.2.3 Raudus- ja hieskoivu	23
2.3 Lapin raaka-ainekapasiteetti	26
2.4 Puun monet ulottuvuudet.....	28
2.5 Ruotsi edelläkävijänä	30
3 PUUN JATKOJALOSTAMINEN.....	33
3.1 Insinööripuutuotteet	33
3.1.1 Liimapuu.....	33
3.1.2 CLT-massiivipuu.....	34
3.1.3 LVL-massiivipuu	36
3.1.4 I-palkki.....	37
3.2 Keitele Group.....	38
3.3 Pellopuu.....	39
4 PUURAKENTAMINEN.....	41
4.1 Puurakentamisen historiaa 1990-luvulta nykypäivään	41
4.2 Rakentamisen muutostrendit	44

4.2.1	Hiilenkierto ja hiilijalanjälki.....	44
4.2.2	Ilmastomuutoksen torjunta ja kestävä kehitys	46
4.2.3	Resurssi- ja energiatehokkuus	48
4.2.4	Biotalous ja kiertotalous	49
4.3	Rakennusfysikaaliset ominaisuudet.....	50
4.3.1	Pakotettu konvektio	50
4.3.2	Luonnollinen konvektio.....	52
4.3.3	Ilmanpaine ja kosteus.....	53
4.4	Lämpö.....	53
4.5	Kosteus ja vesihöyryn konvektio.....	57
4.5.1	Vesihöyrynvastus ja diffuusio	58
4.5.2	Puuseinän toiminnallinen suunnittelu	58
4.5.3	Rakennekosteus.....	59
4.5.4	Hengittävä rakenne	60
4.5.5	Sadevesi	62
4.6	Ääneneristys ja meluntorjunta.....	62
4.6.1	Ilmaääneneristys ja sivutiesiirtymä	63
4.6.2	Rakenteiden äänieristävyys	64
4.6.3	Puuseinärakenne	66
4.6.4	Välipohjat	68
4.6.5	Askeläänieristys	68
4.6.6	Äänenvaimennus.....	69
5	PUUN PALONKESTÄVYYS	71
5.1	Puun palotekniset ominaisuudet	71
5.1.1	Liitosten ja kantavien puurakenteiden palonkestävyys	72
5.1.2	Rakennuksen paloturvallisuuden osoittaminen	72
5.2	Rakennuksen paloturvallisuuden suunnittelu.....	74
5.2.1	Rakennustarvikkeet.....	76
5.2.2	Puun palonkesto-ominaisuuksien parantaminen	77
5.2.3	Puiset lattiapäällysteet.....	77
5.2.4	Palon leviämisen estäminen osastoivilla rakennusosilla	78
5.2.5	Vaakarakenteisiin vaikuttavat osastointiperiaatteet	79
5.3	Ulkovaipan rungon palomitoitus	80

5.3.1	Palomuuuri	81
5.3.2	Palokatkot	82
5.3.3	Puujulkisivun palokatkot	83
5.3.4	Talotekniikan läpivientien palokatkot	84
5.3.5	Uloskäytävän palotekniikka	85
5.4	Paloturvallisuuden parantaminen	86
5.4.1	Palovaroitin ja paloilmoitin sekä automaattisuus	86
5.4.2	Sprinklerijärjestelmä	87
5.5	Puurakenteiden palomitoitus	87
5.5.1	Puurakenteiden suojaus	88
6	RAKENNERATKAISUT SUURISSA JULKISISSA KOHTEISSA	89
6.1	Puukerrostalon runkojärjestelmiä	89
6.1.1	Tilaelementit	89
6.1.2	Betonirakenteen päällä oleva puurunko	90
6.1.3	Pilari-palkkirunko ja pilari-laattajärjestelmä	92
6.1.4	Rankarunko	92
6.1.5	CLT-massiivipuutalo	93
6.1.6	Hirsirakenne	95
6.1.7	Kattoristikko	96
6.2	Rakentamisen tulevaisuudennäkymät	97
7	TULOKSET	98
7.1	Vastausprosentti ja tulosten koonti	98
7.2	Etelä-Lappi	98
7.2.1	Kemi	98
7.2.2	Keminmaa	99
7.2.3	Pello	100
7.2.4	Posio	100
7.2.5	Ranua	100
7.2.6	Rovaniemi	102
7.2.7	Simo	104
7.2.8	Tervola	105
7.2.9	Tornio	105

7.2.10	Ylitornio	105
7.3	Itä-Lappi.....	105
7.3.1	Kemijärvi	105
7.3.2	Pelkosenniemi.....	106
7.3.3	Salla	106
7.3.4	Savukoski.....	106
7.3.5	Sodankylä	107
7.4	Länsi-Lappi	108
7.4.1	Kittilä	108
7.4.2	Kolari	108
7.4.3	Muonio	108
7.5	Pohjois-Lappi	108
7.5.1	Enontekiö	108
7.5.2	Inari	109
7.5.3	Utsjoki	109
8	POHDINTA	110
8.1	Kartoituksen eteneminen	110
8.2	Eteen tulleita epäkohtia.....	110
8.3	Kuntakohtaista pohdintaa	111
8.4	Työn luotettavuus ja käytettävyys	112
9	LIITTEET	122

ALKUSANAT

Kiitämme Lapin kuntien yhteyshenkilöitä, jotka mahdollistivat tämän tutkimuksen tekemisen. Kiitokset Jouni Liimataiselle haastattelusta ja Jwood Ky:n omistamien valokuvien käyttöoikeudesta tässä opinnäytetyössä.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Julkinen puurakentaminen ja puukerrostalot ovat yleistyneet 20 vuoden aikana vauhdilla. Suomessa on aina rakennettu puusta, vaikka uusiin käyttökohteisiin on herätty ja puun jalostus- ja esivalmiusastetta nostettu vasta 1990-luvun loppupuolelta alkaen. Oman osansa puurakentamisen kasvavaan suosioon tekevät ekologiset asiat ja ilmastonmuutos sekä koko ajan lisääntyvä ympäristötietous. Puulla on uusiutuvana raaka-aineena maapalloa pelastava valttikortti, jota esimerkiksi betonilla ei ole. (Luukkonen 2017, 12; Palokallio 2017.)

Lapin maakunnassa toimii useita Arktinen ja älykäs-klustereita, joista yksi näistä on Kestävän rakentamisen klusteri. Klusterin myötä Lapissa on tavoiteltu muun muassa alueellista yhteistoimintaa rakennussektorien välille useiden hankkeiden avulla. Vuoden 2017 aikana Lapin maakunnassa oli käynnissä kaksi tavoitetta edesauttavaa hanketta. Ensimmäinen hankkeista oli Arktisen kestävän rakentamisen verkosto, jossa oli mukana Lapin AMK ja Digipolis. Toinen hanke oli Arktinen biotalous, jossa oli mukana puurakentamisen teemaryhmä Lapin liitolta. Toimintaan liitettiin myös EU-tasoinen kestävän rakentamisen verkosto nimeltään Sustainable buildings partnership. (Ahoranta, Sirkka, Pernu, Häyrynen & Asiala 2017.)

Kestävän rakentamisteeman hankkeet, teemaryhmät, kansainvälinen toiminta, yritykset ja sidosryhmät sekä tutkimukset kuuluvat kaikki osana Lapin kestävän rakentamisen klusteritoimintaan (Ahoranta ym. 2017). Opinnäytetyö toimii yhtenä tutkimustoimintana kestävän rakentamisen aiheissa ja se voidaankin liittää puutuvana palasena klusteriin.

Tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa julkista puurakentamista Lapin kunnista. Lapin liiton toiveesta kartoitetaan Lapista kymmenen vuoden sisällä rakennetut puiset julkiset rakennukset ja uudet puurakentamisen suunnitelmat sekä kaavoitukset. Tarkoitus on selvittää puurakentamisen etuja ja ongelmakohtia. Työssä käsitellään puurakentamista vahvasti Lapin näkökulmasta.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö on toteutettu kvalitatiivisena tutkimuksena. Opinnäytetyötä kuvaa parhaiten kartoitustutkimus, josta käytetään lyhennettä kartoitus. Kartoitustyö on rajattu Lappiin ja kohteena ovatkin Lapin kaikki 21 kuntaa. Aineisto kerätään sähköpostikyselyillä (Liite 1) ja puhelinhaastatteluilla. Työ on laadullinen tutkimus, jossa käytetään, ihmisten omin sanoin kerrottua tai kirjoitettua aineistoa. Analysoinnin avulla aineistosta kerätään yhtenäinen tietokokonaisuus.

Opinnäytetyö on historiallisen poikkitieteellinen, koska metsätalous ja rakennustekniikka kirjoittavat yhden yhtenäisen kokonaisuuden. Työssä hyödynnetään kummankin tietotaitoa. Metsätalouden ja rakennustekniikan yhteistyötä opinnäytetyön tekemisessä ei ole Lapin ammattikorkeakoulun historiassa vielä ennen tehty.

1.3 Työnjako ja -rajaus

Opinnäytetyö on rajattu selkeästi metsätalouden ja rakennustekniikan kesken. Yhteisiksi osioiksi jäivät abstraktin, johdannon ja pohdinnan sekä tiivistelmän kirjoittaminen. Teoriaosuus on hyvin laaja verrattuna tuloksiin. Teoriaosuudessa on pyritty käsittelemään aiheita julkisen puurakentamisen ja Lapin näkökulmasta, jotka kirjoittaja on kokenut työlle oleellisiksi ja itselle mielekkäiksi.

Työ alkaa metsätalouden teoriaosuudella, joka koostuu puuraaka-aineen ominaisuuksista, puulajeista ja raaka-ainekapasiteetista. Raaka-aineosiossa puhutaan lisäksi puun eri ulottuvuuksista esimerkiksi terveyteen ja hyvinvointiin. Osiossa sivutetaan aihetta myös Ruotsin puutuoteteollisuudesta. Sen jälkeen teoria painottuu puun jatkojalostukseen ja pääasiassa nykyaikaisiin insinööripuutuotteisiin sekä Lapissa sijaitseviin puunjalostustehtaisiin. Sitten siirrytään puurakentamisen otsikon alle, jonka metsätalous aloittaa historiaosuudella 1990-luvulta aina tähän päivään saakka. Metsätalous alustaa puurakentamisaihetta lisäksi muutostrendeillä, joissa käydään läpi esimerkiksi ilmastonmuutoksen ja biotalouden vaikutusta uuden puurakentamisen aikakauteen.

Rakennustekniikka jatkaa työtä luontevasti puun rakenteiden fysikaalisilla toiminnoilla, kuten painesuhteilla ja luonnollisilla sekä pakotetuilla konvektioilla. Sen jälkeen teoria painottuu rakennusteknisesti merkittäviin ominaisuuksiin, kuten puun kosteuteen, ääneneristävyyteen, sekä paljon puhuttuun ja huolta herättäneeseen puun palonkestävyyteen. Lopuksi rakennustekniikka siirtyy julkisen rakentamisteeman aiheisiin ja esittelee muun muassa eri rakenneratkaisuja suurissa rakennuskohteissa. Osuudessa käydään läpi erilaisia runkojärjestelmiä, kuten pilari-palkkirunkoja, rankarunkoja ja tilaelementtejä. Ennen tuloksiin siirtymistä metsätalous valaisee lyhyesti rakentamisen tulevaisuudennäkymistä ja avaa tutkimuksen toteutuksen kulkua.

Työn ydin eli kartoitus oli helppo jakaa kunnittain. Kuntien jako toteutettiin satunnaisesti. Tuloksissa kunnat ovat kuitenkin merkattu maantieteelliseen järjestykseen. Metsätalous otti hoitaakseen Lapin kunnista Enontekiön, Inarin, Kemin, Kittilän, Kolarin, Muonion, Posion, Ranuan, Rovaniemen, Simon ja Sodankylän. Rakennustekniikalle jäi kunnista Kemijärvi, Keminmaa, Pelkosenniemi, Pello, Salla, Savukoski, Tervola, Tornio, Utsjoki ja Ylitornio. Kuntien jako säilyi koko työn ajan samana yhteydenotoista alkaen tuloksiin ja pohdintaan asti.

2 PUU RAAKA-AINEENA LAPISSA

2.1 Puun ominaisuudet

Kautta aikojen ihminen on osannut hyödyntää rakentamisessa puuta. Egyptiläiset osasivat rakentaa vahvoja puulaivoja 4 700 vuotta sitten, ja liimata viiluja yhteen muodostaen lujaa vaneria jo 5 000 vuotta sitten. (Kärkkäinen 2007, 13.) Suomessa vanhimmat hirsilöydökset sijoittuvat ajanjaksolle 400–900 ennen ajanlaskun alkua (Luukkonen 2017, 10). Puutieteellistä kirjallisuuttakin on ollut jo ennen ajanlaskun alkua. Tuolloin kasvitieteiden kirjoissa on ollut esillä puun ominaisuuksista muun muassa tiheys, kovuus, lujuus, kutistuminen, lahonkestävyys, paisuminen ja työstettävyys, ja useat silloiset käsitykset ovat vielä tänäkin päivänä täysin valideja puutieteelle. (Kärkkäinen 2007, 13.)

Työstettäessä ja jalostaessa puuta, on selvää, että puun luonne tulee tuntee, jotta sitä käsitelisi oikein ja saisi parhaimman mahdollisen lopputuleman puutuotteelle. Käsittelemätön puu on kuitenkin materiaalina altis hyönteistuhaille, se palaa helposti ja voi myös lahota. Puun ominaisuuksien tunteminen lähtee liikkeelle puun rakenteen ja kasvutapahtuman ymmärtämisestä. (Luukkonen 2017, 14; Opetushallitus 2018.)

Puulla on esimerkiksi juuret, joilla se ottaa maasta ravinteensa ja runko, joka kuljettaa ravinteita ja tukee puuta. Sillä on myös oksat, jotka muodostavat kasvualustan lehdille tai neulasille, sekä viimeksi mainitut, joissa tapahtuu kasveille ominainen veden ja hiilidioksidin yhteyttäminen sokeriksi, eli glukoosiksi aurinkoenergian avulla. Glukoosista puu valmistaa selluloosaa, hemiselluloosaa ja ligniiniä, jotka ovat mikroskooppillisia rakenneosasia, mutta joista myös muodostuu puun kuiva-aines. (Luukkonen 2017, 14; Opetushallitus 2018.)

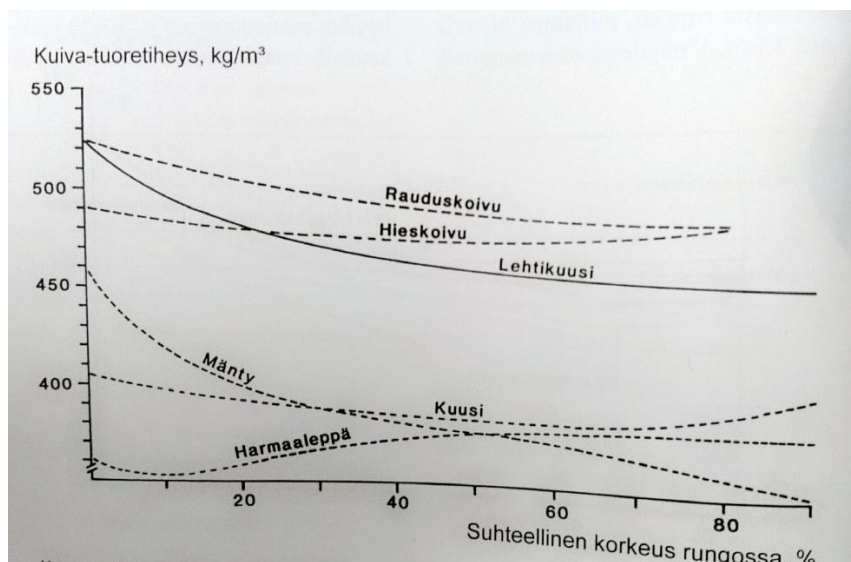
Puu on eräänlainen kemiallinen tehdas; Se sisältää useita mineraaleja ja paljon eri yhdisteitä, mutta se rakentuu pääasiassa hiilestä, vedystä ja hapesta. Puu myös käyttää ilmasta saatavaa hiilidioksidia ja vedestä saatavaa happea, sekä typeä ja muuttaa ne itselleen käytettävää muotoon. Nämä ovat ruohonjuuritasolla tapahtuvia ilmiöitä, mutta yhtään vähättelemättä ne sisältävät myös puun

päätarkoituksen, ja sen ymmärtäminen auttaa käsittelemään kasvavaa puuta ja puuainesta. (Opetushallitus 2018.)

2.1.1 Tiheys

Puun lujuusominaisuudet ovat riippuvaisia puun tiheydestä. Puun tiheyteen vaikuttavat useat seikat, kuten puun kosteus, ikä, kasvunopeus, kesäpuun osuus ja puun maantieteellinen sijainti. Esimerkiksi puun tiheys laskee mentäessä etelästä pohjoiseen, mutta tutkimusten mukaan kukin puulaji tuottaa tiheintä puuta levinneisyysalueensa keskivaiheilla. Tiheys myös vaihtelee puulajista ja puunosasta riippuen (Kuvio 1). (Kärkkäinen 2007, 172, 167.)

Selvää on, että tiheä puuaines, jolla on paksut soluseinämät, kestää paremmin ulkopuolelta tulevia ärsykeitä ja voimia, kuin tiheydeltään pieni ja ohutseinäinen puuaines. Puun soluseinämän tiheys on havupuilla hiukan suurempi kuin lehtipuilla, mutta yleisesti ottaen puun ainestihyettä pidetään vakiona, joka on noin 1500 kilogrammaa kuutiometriä kohden. (Alen ym. 2000, 39–40.) Luku ilmaisee, kuinka paljon kosteudeltaan tuore ja tilavuudeltaan tietty puukappale sisältää keskimäärin puuainesta eli pääasiassa soluseinämien materiaaleja (Fagerstedt, Pellinen, Saranpää & Timonen 2005, 9).



Kuvio 1. Tärkeimpien kotimaisten puulajien tiheyden vaihtelu (Kärkkäinen 2007, 152)

Tiheyden avulla voidaan puulajit luokitella kevyisiin ja raskaisiin puuaineiksi. Tiheyttä määriteltäessä puuta kuivatetaan tuoreesta kuivatuoreeksi, joka on nykyisin eniten käytetty tiheystunnus. Puuaineen kosteus on tällöin alle tuoretiheyden eli 40–60 prosenttia, mutta yli ilmakehiätiheyden eli 15 prosenttia. Kuivatuoretiheydessä puun massa on mitattu kuivana ja tilavuus puun syiden kyllästymispistettä korkeammassa kosteudessa. Kyllästymispisteellä tarkoitetaan puun maksimaalista kosteussuhdetta, jonka puu voi saavuttaa vesihöyrystä suhteellisen höyrynpaineen ollessa yksi. Käytännössä kyllästymispiste on saavutettu silloin, kun puun kuivuessa soluista poistuu vapaa vesi, mutta soluseinämissä on edelleen sitoutuneena maksimimäärä vettä. Puun syiden kyllästymispiste on suuruusluokaltaan noin 30 prosenttia, mutta se hiukan vaihtelee lämpötilan ja puulajin mukaan. (Kärkkäinen 2007, 139, 178; Nenonen 2011, 16.)

Kevyet puulajit ovat tiheydeltään 300–450 kilogrammaa kuutiometriä kohden (kg/m^3) ja tähän luokkaan kuuluvat kotimaisista puulajeista kuusi, mänty, haapa, lehmus ja tervaleppä. Ne kestävät heikommin mekaanista kuormitusta, koska ne ovat tiheydeltään pienempiä ja pinnaltaan pehmeämpiä. Loput kotimaiset puulajit, kuten koivut kuuluvat keskiraskaiden ryhmään. Niillä tiheys on jo suurempi ja puuaines kovempi, mikä kestää hyvin rakenteissakin. Keskiraskaiden tiheys liikkuu 450–600 kg/m^3 välillä. Marjakuusi kuuluu ainoana puulajina raskaiden ryhmään ja se ylittää tiheydeltään 600 kg/m^3 . (Fagerstedt ym. 2005, 9.) Kuvio 1 valaisee merkittävimpien kotimaisten puulajien tiheyden vaihtelua rungon eri osissa.

2.1.2 Hygroσκοoppisuus ja kosteuspuskurointi

Puun hygroσκοoppisuus tarkoittaa puun kykyä imeä vettä. Puu sekä sitoo, että luovuttaa vettä ilman suhteellisen kosteusvaihteluiden mukaan. Se pyrkii siis aina tasapainoiseen kosteuspitoisuuteen ympäristönsä kanssa. Kosteuden vaikutus tulee aina ottaa huomioon rakennesuunnittelussa, koska siitä johtuen puu on anisotrooppinen aine, joka turpoaa, kutistuu, halkeilee tai muuttaa muotoaan. Anisotropia tarkoittaa puun kosteuselämistä kosteuden muuttuessa. Puu kutistuu pituussuunnassa melko vähän, prosentuaalisesti vain 0,1–0,3 prosenttia. Säteensuunnassa kutistuminen on jo 3–6 prosenttia ja tangentin suunnassa kutistumista

tapahtuu jopa 6–12 prosenttia. Puun poikittaissuuntainen eläminen on siis merkittävintä, mutta hyvällä suunnittelutyöllä yllätyksiltä vältytään. (Nenonen 2011, 17; Puuinfo Oy 2011, 1; Puuinfo Oy 2018e.)

Hygroskooppisella puulla on hyvätkin puolensa rakennusmateriaalina. Hygroskooppisella puulla on nimittäin kosteuspuskurointiominaisuus, joka tasaa niin ulko- kuin sisäilman kosteustasapainoa, ja sitä kautta parantaa sisäilman laatua, vähentää tarvetta koneelliseen ilmastointiin, sekä samalla pienentää energiankulutusta. (Puutuoteteollisuus Ry & Puuinfo Oy 2017, 21.) Kosteuspuskurointi tasaa suhteellisen kosteuden vaihteluista aiheutuvia huippuja eli toisin sanoen pidentää optimaalisen kosteustason kestoja (Puuinfo Oy 2018b). Puskuroinnin tehokkuuteen vaikuttavat puulaji, puun pintakäsittely ja puun syysuunta. Tehokkain kosteuden puskurointikyky on tutkimusten mukaan pintakäsittelemättömällä puulla. Tutkimuksista on käynyt myös ilmi, että kuusipaneeli ja mäntyhirsi sisäverhousmateriaalina alentavat sisäilman kosteutta jopa 50 prosentilla verrattuna maalattuun kipsilaastiseiniin. (Puuinfo Oy 2018g.)

2.1.3 Hengittävyys

Puu on hengittävä rakenne, jolla tarkoitetaan, että rakenne on ilmatiivis, mutta se kuitenkin päästää lävitseen ilmassa sisältäviä kaasuja diffuusion avulla tasoittaakseen ilman osapaineita. Ilman sisältämiä kaasuja ovat esimerkiksi vesihöyry ja hiilidioksidi. Puun hengittävän ominaisuuden terveellisyys perustuukin siihen, että puurakenne pystyy varastoimaan itseensä vesihöyryä hygroskooppisena kosteutena. Ilmanvaihdon kuivattaessa huoneilmaa, puuhun hygroskooppisesti varastoitunut kosteus vapautuu jälleen takaisin tuomaan kosteutta. Näin puurakenteella vältetään sisäilmanlaadun kuivat ja kosteat ääripäät. (Kokko 2002, 9; Puuinfo Oy 2018a.)

Muut ilman kaasut, kuten hiilidioksidi ei pysty sitoutumaan puurakenteisiin, koska ei ole olemassa toista samankaltaista ilmiötä, kuin vesihöyryn hygroskooppinen sitoutuminen. Muut huoneilman epäpuhtauksi katsottavat kaasut poistuvat huo-

neilmasta kuitenkin ilmanvaihdon ja diffuusion avulla puurakenteen läpi ulkoilmaan. Diffuusion avulla puu toimii ikään kuin ihmisen hengityskin; puhalttaa hiili-dioksidia ulos ja hengittää happea sisään. (Kokko 2002, 9.)

Käytännössä on harvinaista, että kosteus kulkisi koko rakenteen läpi. Rakenteessa on kuitenkin useampia kerroksia. Merkittävämpää asukkaan kannalta onkin pintakerrosten hengittävyys eli sisä- ja ulkopintojen kyky tasata kosteutta. (Puuinfo Oy 2018a.)

Hengittävä rakenne tuo mukanaan myös riskejä; Jos kosteutta kertyy rakenteisiin liikaa, on silloin olemassa homevaurion riski. Esimerkiksi jo ulkopintoihin sitoutunut kosteus voi kasvattaa homeitiökerrosta ulkopinnalle, josta se voi levitä myös sisätiloihin, jos rakennuksessa on voimakas alipaine. Lisäksi rakennuksen lämmöneristeiden kostuessa, sen kyky eristää lämpöä heikkenee. (Puuinfo 2018a.)

2.1.4 Akustiikka

Äänen nopeus puussa verrattuna ilmaan on yli kymmenkertainen. Puu on myös huono imemään ääntä, eli toisin sanoen ääneneristävyys on heikko. Rakenteissa ääneneristävyttä saadaan kuitenkin parannettua esimerkiksi useilla puulevykerroksilla. Puu ei siis ime ääntä, vaan se heijastaa sitä. (Suomen Metsäyhdistys Ry 2011, 18.)

Tästä ilmiöstä johtuen puuta hyödynnetään paljon musiikkitaloissa ja soittimissa, koska puulla saadaan muodostettua ääntä suuntaavia pintoja. Eri puulajeilla ja puun osilla on toisistaan hieman poikkeavia akustisia ominaisuuksia. (Suomen Metsäyhdistys Ry 2011, 18.)

2.1.5 Lujuus

Puulla on useita lujuusominaisuuksia, kuten murto-, puristus-, taivutus-, veto- ja leikkauslujuudet. Näihin lujuuksiin vaikuttavat monet eri tekijät, kuten puulaji, kevät- ja kesäpuun osuus, puuaineksen tiheys ja viat, olosuhteet, joissa puuta säilytetään ja kuormitetaan, sekä puun anisotrooppisuus. Teoriassa ja kaikessa yk-

sinkertaisuudessaan puun lujuus tarkoittaa puun kykyä kantaa kuormaa ja se ilmaistaan voimayksikköinä pinta-alaa kohden, kuten newton per neliömillimetri (N/mm^2). (Alen ym. 2000, 22, 30.)

Käytännössä lujuusominaisuudet ovat kuitenkin kaikkea muuta, kuin yksinkertaisia newtoneita neliömetreillä. Muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna puu ei oikeastaan ole edes aine, vaan rakenne. Puurakenteessa on monta tasoa, josta puun lujuutta mitataan ja määritellään:

- 1) soluseinämatasolla puhutaan selluloosan ja hemiselluloosan lujittamasta ligniinimatriisista,
- 2) mikroskooppisella tasolla lujuus perustuu trakeideista muodostuvaan kennomaiseen rakenteeseen ja monimutkaiseen puun ydinsäteiden muodostamaan verkkoon,
- 3) ihmissilmin nähtävällä eli makroskooppisella tasolla tutkitaan muun muassa puun vuosilustojen tiheyksien vaihteluja. (Kärkkäinen 2007, 216.)

Vuosilusto syntyy puun kasvaessa eli toisin sanoen solujen jakautuessa. Puu, kuten muutkin kasvit kasvavat kasvukauden aikana, keväällä ja kesällä. Yksi vuosilusto sisältää sekä kevät-, että kesäpuuta. Kevätpuuta muodostuukin keväällä veden ja yhteyttämistuotteiden kuljetusta varten. Se vahvistaa puuta, kun kesäpuu muodostuu. Nimenomaan kesäpuun osuudella on suuri merkitys puun tiheydelle ja sitä kautta puun lujuusominaisuuksille, koska kesäpuulla on paksummat soluseinät ja pienemmät soluontelot verrattuna kevätpuuhun, ja näin ollen se on kevätpuuta lujempaa. (Pro Puu Ry 2018b; Vilppunen 2007, 3.)

Pohjoisen männyn lujuus suhteessa sen tiheyteen on erinomainen kilpailija muille puulajeille sekä muille materiaaleille. Pohjoisen männyn tiheys on pienempää, kuin eteläisen männyn, mutta silti se on sahatavarana usein lujempaa tekoa, joutuksen pienioksikkuudesta, suorasyisyydestä ja sitä kautta suuremmasta vetolujuudesta. Pohjoisessa puu kasvaa hitaammin, mikä on eduksi puun lujuudelle, koska hitaassa kasvussa nuorpuun määrä jää pienemmäksi ja nuorpuu, eli puun 10–25

sisintä vuosilustoa, on puuaineksesta laadullisesti heikointa. (Luonnonvarakeskus 2010b.) Kestävin puunosa on sydänpuu, joka sijaitsee pintapuun ja ytimen välissä. Sydänpuu on tummaa, kuollutta puuainesta, joka ikään kuin tukee elävää pintapuuta. (Pro Puu Ry 2018b.) Se sietää hyvin sää- ja kosteusolojen muutoksia ja näin ollen kosteuseläminen on vähäisempää sekä mitta- ja muotopysyvyydet kasvavat (Luonnonvarakeskus 2010b).

Rakenteellisissa käyttökohteissa puun taivutus- ja puristuslujuudet ovat merkittäviä lujuusominaisuuksia. Veto- ja leikkauslujuus ovat puolestaan merkittävässä osassa sisustustuotteissa, huonekaluteollisuudessa ja puusepän töissä. Ne ilmaisevat muun muassa puun työstettävyyttä, halkeilemisherkkyyttä sekä liitosten kestävyyttä. (Luonnonvarakeskus 2010b.)

2.2 Puulajit

Suomessa luontaisesti kasvavista puulajeista vain neljä lajia kuuluu havupuihin. Näitä ovat kuusi, mänty, kataja ja Ahvenanmaalla kasvava euroopanmarjakuusi. Loput kotimaisista puista kuuluvat lehtipuihin. Tunnetuimpia koko Suomessa esiintyviä lehtipuita ovat hies- ja rauduskoivu, harmaa- ja tervaleppä, haapa, pihlaja ja raita. Etelä- ja Keski-Suomen lajeja ovat lehmus, vaahtera ja tammi. Lapissa taas kasvavat omiksi lajeikseen eriytyneet tunturi- ja vaivaiskoivu. Kaikkiaan Suomessa esiintyy noin 30 puulajia luontaisesti. (Luonnonvarakeskus 2016.)

Puiden lisäksi Suomessa tavataan lähes 40 täysin kotimaista puuvartista lajia, jotka jäävät kasvussaan useimmiten pensasmaisiksi. Näistä tyypillisimpiä lajeja ovat kataja, euroopanmarjakuusi ja paju. (Luonnonvarakeskus 2014.) Puuvartisilla kasveilla puisevan varren saa aikaan ligniini liimaamalla soluseinien selluloosasäikeitä toisiinsa. Ruohovartisilla kasveilla ei ole ligniiniä. (Luontoportti 2018a.)

Kotimaisten puiden lisäksi Suomessa kasvaa vieraitakin puulajeja, kuten useampia lajeja lehtikuusia, mäntyjä, pihtoja, vaahteroita, katajia sekä omenapuita. Vieraita puulajeja, varsinkin havupuita on kasvatettu ja tutkittu jo melko paljon, ja

tutkimusten mukaan eniten metsätaloudellista hyötyä saataisiin euroopan- ja siperianlehtikuusten kasvattamisesta, myös douglaskuusi ja kontortamänty menestyisivät. Tällä hetkellä vieraita puulajeja käytetään pääasiassa piha- ja koristepuina. (Luonnonvarakeskus 2016.)

Seuraavaksi esitellään sekä Lapille, että puurakentamiselle merkittävimmät kotimaiset puulajit, joita ovat mänty, kuusi ja koivu. Valitut lajit ovat Helsingistä Utsjoelle tunnetuimpia ja runsaslukuisimpia lajeja. Niitä kutsutaankin valtapuulajeiksi. (Luonnonvarakeskus 2016.)

2.2.1 Metsämänty

Mänty eli metsämänty kuuluu mäntyjen Pinaceae-heimoon ja Pinus-sukuun. Kaikista havupuusuvuista Pinus-suku on lajirikkain käsittäen kaikkiaan lähes 90 lajia. (Sarvas 2002, 296.) Pinus sylvestris kasvaa koko Suomessa lukuun ottamatta pohjoisinta Lappia ja sen tuntureita (Suomen metsäyhdistys Ry & Lusto 2012, 4). Suomen pohjoinen kallioperä on siinä mielin erityinen, että metsänrajan muodostaa nimenomaan mänty, toisin kuin muissa pohjoismaissa sen muodostaa tyypillisesti kuusi tai lehtikuusi (Hyppönen 2002, 647).

Männyn tunnusomaisia piirteitä ovat oksaton ja solakka runko, jossa nuorilla männyillä näkee punaruskean ja hilseilevän kaarnakuoren. Vanhemmiten kuori paksunee ja harmaantuu. Yli 150 vuotiailla ikipetäjillä kaarnakuori paksuuntuu edelleen ja sille on annettukin nimitys kilpikaarna. Mänty sietää hyvin metsäpaloja, paksun kaarnansa ansiosta. Muita ominaispiirteitä ovat Pinus-suvulle ominainen kasvaimien erikoistuminen pitkä- ja kääpiöversoihin, pareittain kasvavat, pitkät 4–6 senttimetrin (cm) neulaset ja lyhyet sekä kartiomaiset 3–6 cm kävyt. (Sipilä 2006; Suomen metsäyhdistys Ry & Lusto 2012, 4.) Lisäksi on mainittava männylle tyypillinen ja hyödyllinen ominaisuus, nimittäin paalujuuren kasvattaminen kuohkeassa maaperässä. Syvälle ulottuvan paalujuuren ansiosta mänty on myrskyn kestävä ja se pystyy imemään vettä ja ravinteita köyhästäkin maaperästä. (Sipilä 2006.)

Lapissa mänty on eniten viljelty puulaji. Mänty on tunnetusti paljon valoa vaativa, kuivien ja karujen kasvupaikkojen puulaji. Lapissa sen viljely tuoreilla kankailla

on kuitenkin todettu kannattavammaksi kuin kuusen viljely. (Hyppönen 2002, 648; Sipilä 2006.) Suuri osa männiköistä varsinkin Lapissa uudistetaan luontaisesti, eli päätehakkuuvaiheessa metsikkökuviolle jätetään 50–150 mäntyä hehtaarille siementämään uusia taimia, lisäksi haittaava puusto raivataan ja maanpinta rikotaan esimerkiksi äestämällä, jotta siementen kasvuun lähtö olisi todennäköisempää. (Sipilä 2006.) Nopein ja varmin tapa männyn uudistamiselle on kuitenkin suorittaa männyn viljely istuttamalla männyn paakkutaimia avohakkuun ja kasvupaikalle sopivimman maanmuokkauksen jälkeen. Paakkutaimia istutetaan 2 000–2 200 kappaletta hehtaaria kohti. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014, 142.)

Mänty siementää kolmen vuoden välein, mutta niin sanottuja huippusatoja sattuu vain 6–7 vuoden väliajoin, eikä Lapissa ihan niinkään usein. Kaikki kolme pääpuulajia ovat yksikotisia, eli samassa puussa on sekä emi-, että hedekukinto. Niiden kukat ovat lisäksi yksineuvoisia eli yksi kukka koostuu vain joko heteistä tai emeistä. Männyllä hedekukinto kasvaa uuden vuosiverson tyvellä ja emikukinto jopa viisittäin sen latvassa. Mänty kukkii kesäkuussa ja samalle kesälle emikukat kääntyvät kohti maata, toisena kesänä ne muuttuvat vihreiksi kävyiksi ja vasta kolmannen vuoden keväällä kävyt avautuvat ja varistavat siivelliset siemenensä maahan. Mänty kukkii ja siementää kuitenkin suhteellisen nuorena, jo 8–20 vuoden iässä. (Fagerstedt ym. 2005, 72.)

Mänty on tunnetusti valopuu. Nuorena se kasvatetaan kuitenkin varsin tiheässä, jotta alaoksat karsiutuvat, ja tätä kautta puun laatu paranee, kun oksikkuus väheenee. Mänty toimii pioneeripuuna ja kasvaa nuorena varsin nopeaa. Saavuttaessaan 50–60 vuoden iän, männyn pituuskasvu kulminoituu. Vasta 100–150 vuoden iässä männyn pituus- ja paksuuskasvu alkaa tulla päätökseensä tai vähintäänkin heikkenee. Tässä vaiheessa metsän sanotaan olevan päätehakkuukypsää, kun metsän uudistamisesta saadaan suurempi hyöty, kuin sen edelleen kasvattamisesta. (Sipilä 2006.) Etelässä männiköt uudistetaan kuitenkin tavallisesti 70–90 vuoden iässä, kun taas Lapissa ikää kartutetaan 90–120 vuoteen asti, koska pohjoisessa, niin mänty, kuin muutkin puut kasvavat hitaammin (Metsäkeskus 2018). Mänty ehtii kasvaa hakkuukypsyyteen mennessä keskimäärin 25–

35 metrin pituiseksi ja 22–32 senttimetrin paksuiseksi. Tämän jälkeen mänty kasvattaa pääasiassa vain latvustaan leveämmäksi, jolloin sille voi muodostua upea lakkapää. Mänty voi elää keskimäärin 250-vuotiaaksi, mutta Lapin vanhin mänty on ollut jopa 800-vuotias. (Sipilä 2006.)

Mäntyä käytetään puusepäntuotteisiin, jos puuaines on peräisin vähintään 25 senttimetrin rinnankorkeusläpimitaltaan olevasta puusta. Mäntyä käytetään raaka-aineeksi myös sisustuksessa, hirsi-, rakennus- ja pakkausteollisuudessa, sekä veneenrakennuksessa. Männystä valmistetaan myös listoja, paneeleja, liimalevyä ja lautatavaraa. Perinteisimpiä käyttökohteita ovat pylvää, rakennushirsi, ratapölkky, mastot, vaneri, aidakset, paperi ja päreet. (Pro Puu Ry 2018a.) Raakapuun lisäksi männystä saadaan muun muassa pihkaa, josta voidaan valmistaa tervaa, tärpättiä ja pikiöljyä. Havuista saatavaa mäntyöljyä käytetään hieronta- ja kylpyvoiteiksi, sekä männyn kerkistä voidaan valmistaa C-vitamiinipitoisia rohdoksia ja lääkeaineita. (Luontoportti 2018b.)

2.2.2 Metsäkuusi

Kuusella eli metsäkuusella (*Picea abies*) on pitkät kävyt, lyhyet neulaset ja pintaa myötäilevät juuret. Se kasvaa parhaiten viljavilla mailla, kestää hyvin varjostusta, mutta huonosti tulipaloa. Näistä mainituista ominaisuuksista voisi todeta, että kuusi on männylle täysin vastakohta. Se on männyn kanssa yhteistä, että kuusi-kin kasvaa lähes koko maassa ja se on heti männyn jälkeen runsaslukuisin puulaji. (Fagerstedt ym. 2005, 50.)

Metsäkuusi kuuluu *abies*-heimoon ja *Picea*-sukuun. *Picea*-suvun lajeja tunnetaan maailmalla yhteensä noin 40. (Sarvas 2002, 213.) *Picea abies* on muodostunut kahdesta alalajista; Euroopanmetsäkuusesta (ssp. *abies*) ja siperianmetsäkuusesta (ssp. *obavata*). Euroopanmetsäkuusi keskittyy Etelä- ja Keski-Suomeen levinneisyysalueeltaan. Lapissa taas tapaa enemmän siperianmetsäkuusta. Euroopanmetsäkuusi kasvaa normaalimittoihin, joka on 15–30 metriä, mutta siperianmetsäkuusi jää pienemmäksi, vain 8–20 metriin. Kävytkin ovat euroopanmetsäkuusella pidemmät. (Sarvas 2002, 226; Sipilä 2006.) Edellä mainitut kuusen

muodot ovat kuitenkin niin lähellä toisiaan, että yhtäläisyyksien korostaminen tulee metsänhoidollisestikin merkittävämmäksi, kuin eroavaisuuksien alleviivaaminen (Sarvas 2002, 223). Metsäkuusta tavataan useilla eri kasvupaikoilla, mutta parhaiten sen on todettu kasvavan ravinteikkailla maapohjilla, kuten tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla tai lehdoissa (Anttila 2016, 2).

Metsäkuusella on suora ja haaraton runko. Tiheässä kasvaessaan runko on alhaalta oksaton ja solakka, kun taas avoimella kasvupaikalla runko on alas asti oksainen. Tarkemmin tarkastellen nuoren kuusen rungolla on sileä, harmaan punaruskea kaarna, mutta vanhetessaan se alkaa paksuuntua, tummua ja lohkeilla. Oksat sojottavat joko suoraan sivulle tai kaareutuvat alaspäin. Oksa koostuu oksarangasta, jota peittävät 1–2 cm pitkät, yksittäiset ja kierteisesti asettuneet neulasaset. Kuusen 8–15 cm pitkät kävyt kehittyvät pääasiassa vain latvuksen yläosaan. Latvukseen päin mentäessä kuusi kapenee tasaisesti ja latvus muodostaakin melko symmetrisen kartion. Pohjoisessa latvus voi jäädä hyvin pylväsmäiseksi, mikä johtuu usein tykkilumen aiheuttamasta kuormasta. (Sarvas 2002, 226; Fagerstedt ym. 2005, 50; Sipilä 2006.)

Kuusi kukkii verrattain myöhään, keskimäärin vasta 40-vuotiaana, vähän riippuen kasvupaikasta. Kuusi eläisikin hyvin vanhaksi, mikäli sen annetaan vain kasvaa. Se saavuttaa biologisen täysi-ikäisyytensä vasta 250–350-vuotiaana. (Sarvas 2002, 226.) Kukat avautuvat ennen mäntyä touko-kesäkuun aikana. Hedekukinnot ovat aluksi punaisia, mutta avauduttuaan niiden väri muuttuu siitepölystä keltaiseksi. Emikukinnot ovat myös viininpunaisia ja näyttävät heti kukittuaan jo pieniltä kävyiltä. Kävyn kehittyessä, myös sen sisällä olevat siemenet kypsyvät jo samana kesänä, mutta kävyt avautuvat vasta seuraavana keväänä, jolloin siivelliset siemenet vapautuvat tuulen kuljetettavaksi. Lapissa hyvien siemenvuosien väli voi venyä jopa kymmeneen vuoteen, kun taas etelässä niitä on noin 2–3 vuoden välein. (Fagerstedt ym. 2005, 50.)

Kuusen luontaista uudistamista hyödynnetään suojuspuu- ja kaistalehakkuissa. Luontainen uudistuminen onnistuu parhaiten, jos maaperä on taimettumisherkkä. Suojuspuuhakkuuta toteutetaan monivaiheisesti ja lähinnä turvemaidella, sekä hal-

lanaroilla alavilla mailla. (Kankaanhuhta & Väkevä 2012.) Ennen päätehakkuuvaihetta metsä on täytynyt väljentää harvaksi, jotta nähdään, syntykö alle elinvoimainen taimikko. Metsän voi silloin hakata suojuspuuasentoon, jos taimikko on syntynyt. Suojuspuita jätetään noin 200 runkoa hehtaaria kohti. (Metsäkeskus 2016.)

Kaistalehakkuu sopii niin kuuselle kuin männyllekin ja sen tarkoituksena on jättää päätehakkuuvaiheessa noin 25 metrin levyinen reunametsä siementämään ympärille hakattua aukkoa. Kuusen luontainen kyky uudistua on kuitenkin Lapissa verrattain huono, johtuen muun muassa siemensatojen vähyydestä. (Sarvas 2002, 228; Metsäkeskus 2016.)

Parhaita tuloksia kuusen uudistamiselle on kuitenkin saatu istuttamalla kuusen paakkutaimia mättäisiin tai laikkuihin, riippuen kasvupaikalle soveltuvasta maanmuokkaustavasta, joka valitaan maalajin ja vesitalouden mukaan. Kuusta istutetaan mieluiten noin 1 800 tainta hehtaaria kohti, mutta istutustiheys voi vaihdella 200 tainta yli tai ali, riippuen kasvupaikkojen viljavuudesta tai metsän kasvatuksen tavoitteista. (Äijälä ym. 2014, 81.)

Kuusta käytetään samoin, kuin mäntyä pakkausteollisuuden, vanerin ja paperin raaka-aineeksi. Kuusi on pitkäkuituisuutensa ansiosta oivallinen materiaali myös erilaisiin kemiallisiin tuotteisiin, kuten viskoosiin. Kuusesta valmistetaan huonekaluja, ovia ja ikkunoita. Laadukkaasta kuusesta tehdään myös soittimia, esimerkiksi viuluja. (Pro Puu Ry 2015b.)

2.2.3 Raudus- ja hieskoivu

Suomen neljä tunnetuinta koivua ovat hieskoivu (*Betula pubescens*), rauduskoivu (*Betula pendula*), tunturikoivu (*Betula pendula* ssp. *czerepanovii*) ja vaivaiskoivu (*Betula nana*). Näistä hies- ja rauduskoivut kasvavat täyteen mittaansa; tavallisesti 20–30 metrisiksi, mutta tunturi- ja vaivaiskoivut jäävät kasvussaan pensasmaiseksi eli runko haaroittuu, eikä kasva niin pitkiin mittoihin. Hies- ja rauduskoivu menevät monesti sekaisin, mutta tunnetuimpia ominaispiirteitä ovat tyvirunko ja lehdet, joista ne voi helpoiten erottaa toisistaan (Kuvio 2). Rauduskoivun

tyvirunko on karkeakaarnainen ja uurteinen, kun taas hieskoivulla se on sileätuohinen. Rauduskoivun lehdet ovat kolmionmalliset ja laidaltaan toissahaiset, kun taas hieskoivulla ne ovat paljon pyöreämmän muotoiset ja vain kertaalleen sahailaiset. Rauduskoivulla on lisäksi tyypillisesti riippuvat oksat, ja se tunnetaan toiselta nimeltään riippakoivuna. (Metsäkeskus 2011.)



Kuvio 2. Rauduskoivun tyvi (vas.) on karkeakaarnainen ja uurteinen, kun taas hieskoivulla (oik.) se on sileätuohinen (Metsäkeskus 2011)

Rauduskoivu on Suomen kansallispuu ja se on taloudellisesti merkittävämpi puulaji kuin hieskoivu, nopeasti järeytyvän ja suoran runkonsa vuoksi. Rauduskoivusta saadaan siis myös tukkipuuta. Rauduskoivua käytetäänkin männyn ja kuusen tavoin huonekaluteollisuudessa, vanerin- ja paperinvalmistuksessa, sekä soittimissa ja sorvaamoissa. Sitä käytetään myös sisustukseen, parketteihin ja urheiluvälineisiin. Molemmista koivuista voidaan hyödyntää lisäksi mahlaa ja tuohta. Koivun tuohta on käytetty aikoinaan myös rakennusten rakenne-eristeinä. Rauduskoivusta tavataan Suomessa useita eri muunnoksia ja yksi niistä on arvokkaana pidetty muhkurarunkoinen visakoivu (*Betula pendula* ssp. *carelica*). (Luontoportti 2018c; Pro Puu Ry 2015a.)

Rauduskoivun kasvupaikkavaatimuksiin kuuluvat ilmavat, ravinteikkaat ja rinteiset maat. Parhaiten se menestyykin lehtomaisilla ja tuoreilla kankailla, sekä met-sitettävillä kivennäismaapelloilla. (Metsäkeskus 2011.) Rauduskoivun jalostus-aste on kotimaisista puulajeista korkeimmalla ja sen vuoksi sitä viljelläänkin pääasiassa istuttamalla. Parhaimmat rauduskoivun siemenviljelysalkuperät ovat nostaneet puuntuotosta jopa kolmanneksella verrattuna luontaiseen siemeneen. Rauduskoivua istutetaan tyypillisesti noin 1 600 tainta hehtaarille, jolloin maanmuokkaustavaksi soveltuu parhaiten joko maanpintaa paljastava muokkaus, kuten laikutus, mutta vaihtoehtoisesti myös kohoumia muodostava maanmuokkaus, kuten laikkumätästys. (Äijälä ym. 2014, 82.)

Hyvän metsänhoidon suosituksissa rauduskoivun viljelyä, kylvöä tai luontaista uudistamista ei kuitenkaan suositella tehtäväksi Pohjois-Suomessa (Äijälä ym. 2014, 82). Tämä johtunee osaksi Pohjoisen karummista kasvuolosuhteista ja hirvieläinten aiheuttamista valtaisista tuhoista, mutta toisaalta myös siitä, että koivu ilmaantuu varsinkin Pohjois-Suomen kasvupaikoille pioneeripuuna ilman viljelyäkin. Lapissa ja muualla Pohjois-Suomessa kuitenkin tavataan koivikoita ja siellä myös viljellään koivua niillä alueilla, joihin se soveltuu parhaiten ja missä eläintuhojen riski ei ole niin suuri. Usein varmimpana keinona koivun kasvuun lähdölle toimii tässäkin tapauksessa istuttaminen. Nykyään on käytettävissä myös useita keinoja hirvieläinten torjumiseen taimikoissa. (Farmit Website Oy 2018.)

Etelä- ja Keski-Suomessa on kuitenkin omat suosituksensa rauduskoivun viljelylle. Rauduskoivua suositaan istuttamaan keskikarkeille tai karkeille lehtomaisille kankailla tai keskikarkeille tuoreille kankailla. Kylvöä suositaan vain varauksin tuoreille kankailla, koska lenninsiivellinen koivunsiemen on niin hento ja herkästi vioittuva. Koivun siemensato on lähes jokavuotinen ja usein myös runsas, mutta silti rauduskoivun luontaista uudistamista ei suositella tehtäväksi ilman varauksia keskikarkeille maille. Koivu kukkii lehtien puhjetessa huhti-kesäkuussa ja kukintoa kutsutaan norkoksi. Norkkojen sisältä löytyy koivunsiemen eli pähkylä. (Äijälä ym. 2014, 74; Metsäkeskus 2011.)

Hieskoivua hyödynnetään enemmän soiden ja turvepeltojen metsitykseen hyvän vedensietokykynsä ja kasvupaikkaa kuivattavan vaikutuksensa takia. Hieskoivua

suositellaankin kasvatettavaksi pääasiassa mustikkaturvekankailla ja sitä paremmilla turvemailla. Hieskoivun kasvatuksesta saadaan kerättyä talteen pääasiassa energia- ja kuitupuuta, koska hieskoivulla on tyypillisesti paljon eri laatuviikoja, kuten mutkaisuus, haaraisuus, laho ja paksuoksaisuus. Heikon taloudellisen tuoton vuoksi hieskoivua ei aktiivisesti uudisteta, mutta se uudistuu hyvin herkästi siemenistä tai kantovesoista useimmille kasvupaikoille. (Pro Puu Ry 2015a; Äijälä ym. 2014, 84.)

2.3 Lapin raaka-ainekapasiteetti

Lapin maapinta-alasta 98 prosenttia on metsätalousmaata. Hehtaareina sama luku on 9,1 miljoonaa. Metsätalousmaahan kuuluvat sekä metsä-, kitu-, että joutomaat ja ne luokitellaan edellä mainittuihin luokkiin maan puuntuotoskyvyn perusteella. Metsätalousmaa luokitellaan metsämaaksi, kun puu kasvaa vuodessa vähintään yhden kuutiometrin hehtaarilla kiertokauden eli noin 100 vuoden aikana. Kitumaaksi se luokitellaan silloin, kun kasvua tapahtuu hehtaaria kohden vähintään 0,1 kuutiometriä vuodessa ja joutomaaksi silloin, kun kasvu jää alle 0,1 kuutiometriä vuodessa. (Timonen ym. 2017, 23.)

Lapissa on tunnetusti paljon karuja erämaita, tuntureita ja vaaroja, mitkä kasvatavat jouto- ja kitumaiden osuutta. Joutomaita on noin 20 prosenttia metsätalousmaista ja kitumaita noin 15 prosenttia. Lapissa kitumaat biomassan lähteinä ovat kuitenkin merkittäviä. (Timonen ym. 2017, 23–24.) Biomassalla tarkoitetaan eliöiden kuivapainoa, määritettyä pinta-alaa tai tilavuusyksikköä kohden. Suppeamassa määritelmässä biomassaan lasketaan mukaan vain elävä aines, mutta laajemmin mukaan luetaan myös kuollut eloperäinen aines. (Hanski, Lindström, Niemelä, Pietiäinen & Ranta 1998, 432.) Puuntuotannollisesti merkittäviä metsätalousmaita Lapissa on noin 5,9 miljoonaa hehtaaria, joista noin 55 prosenttia kuuluu valtion omistukseen (Lapin luotsi 2017b). Valtion metsiä hallinnoi Metsähallitus, joka suunnittelee luonnonvarojen käyttöä yhdessä paliskuntien, matkailuyrittäjien ja muiden metsänkäyttäjien kanssa. Metsämailla puuston kasvu on kirinyt jo 13 miljoonaan kiintokuutiioon vuodessa. (Timonen ym. 2017, 23–24.) Vuosittainen hakkuukertymä on vaihdellut lähivuosina vähän alle sekä yli viiden miljoonan kiintokuutiometrin (Ihalainen ym. 2017, 15).

Lapin metsien käyttö on kestäväällä pohjalla, sillä vuosittainen hakkuukertymä ja luontainen poistuma käsittävät 47 prosenttia metsien kokonaiskasvusta. Lisäksi puuntuotannollinen maa-ala on pienentynyt, mutta puuston keskikasvu suurentunut, mihin vaikuttaa esimerkiksi se, että lähes 50 prosenttia Lapin metsämaista on kehitysluokaltaan nuorta kasvatusmetsää. Puuntuotannollisen maa-alan kuitistumiseen vaikuttavat esimerkiksi perustetut suojelualueet ja -ohjelmat. (Ihalainen ym. 2017, 15.)

Koko Suomessa ja myös Lapissa on tähtäimessä metsien tehostunut hyödyntäminen. Lappiin odotetaan nousevan Kemin ja Kemijärven uudet sellutehtaat, sekä Rovaniemen Mustikkamaan voimalaitoshanke. Myös perinteisen metsäteollisuuden odotetaan säilyvän Lapissa vähintään nykyisen suuruisena. Uusien hankkeiden ja laitosten myötä puunkäyttö lisääntyy ja vuoteen 2020 mennessä hakkuukertymätavoitteeksi on asetettukin jo seitsemän miljoonaa kuutiometriä, mikä käsittää lähes kymmenen prosenttia koko Suomen hakkuukertymästä. Vuonna 2017 koko Suomen hakkuut olivat lähes 75 miljoonaa kiintokuutiota. Metsämailla kasvavan puuston kokonaistilavuudeksi on ennustettu vuoteen 2020 mennessä lähes 300 miljoonaa kiintokuutiota. (Lapin luotsi 2017a.)

Puuntuotannollisen metsän laatu alkaa kääntyä laskuunsa päätehakkuukypsyyden saavuttamisen jälkeen. Lapissa suurimmat puun laadulliset ongelmat kohdistuvat juuri vanhoihin, päätehakkuukypsiin metsiin. Esimerkiksi Itä-Lapin metsäinventoinnin tuloksista selvisi, että uudistuskypsistä metsistä jopa 40 prosenttia on vajaatuottoista, kun taas laadultaan vähintään tyydyttäviä uudistuskypsiä metsiä on vain 29 prosenttia. (Ihalainen ym. 2017, 18.) Vajaatuottoisuutta on monenlaista, mutta tässä tapauksessa sillä tarkoitetaan todennäköisimmin sitä, että puusto on selvästi yli-ikäistä tai täysin kasvunsa lopettanutta. Muita vajaatuottoisuuden syitä voisivat olla esimerkiksi negatiiviseksi muuttunut arvokehitys tai pohjapinta-ala, joka on alle 50 prosenttia harvennusmallien vähimmäispuustosta. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2014, 9.) Kasvatusmetsissä vähintään tyydyttävän laatuista puuta on kuitenkin jopa 64 prosenttia ja vajaatuottoisuutta ilmenee keskimäärin vain viisi prosenttia (Ihalainen ym. 2017, 18).

Lapissa metsätalouden harjoittaminen on selvästi rajoitetumpaa muuhun Suomeen verrattuna. Metsätaloustalouden ulkopuolelle on jätetty huomattava osa metsäalueita, johtuen esimerkiksi paliskuntien laidunmaista ja luontokohteista. Lapissa on luonnonsuojelualueita reilu 1,5 miljoonaa hehtaaria. Esimerkiksi Metsä-Lapissa metsien suojeluaste on hyvin korkea. Vuonna 2009 Metsä-Lapin metsämaasta siirrettiin 35 000 hehtaaria kokonaan metsätalouden ulkopuolelle ja vieläpä 2 700 hehtaaria rajoitetun metsätalouden käyttöön. Luonnontilaisten ja vanhojen metsien vuoksi metsätalouden käyttöön jäi tältä alueelta vain 6 600 hehtaaria. Metsä- ja porotaloutta joudutaan harjoittamaan kuitenkin paljon myös samoilla alueilla, niinpä Metsähallitus ja paliskunnat neuvottelevat aika ajoin omista tarpeistaan ja pyrkivät sovittamaan tavoitteensa niin, että molemmat elinkeinot ovat turvattuina kyseessä olevalla alueella. (Metsähallitus 2015a; Metsähallitus 2015b; Metsähallitus 2015c.)

2.4 Puun monet ulottuvuudet

Näyttöä alkaa olla koko ajan enemmän ja enemmän, että puu on terveysvaikuttainen materiaali ja puutalo on asukkailleen terveellinen. Terveiden ja hyvinvointin edistäminen on tällä hetkellä yksi näkyvimmistä puun uusista ulottuvuuksista. Puulle kehitellään jatkuvasti uusia käyttömuotoja niin rakentamisessa, kuin elintarvike-, lääke- ja tekstiiliteollisuudessa (Kuvio 3). (Puutuoteteollisuus Ry & Puuinfo Oy 2017, 20.)

Jo 20 minuutin metsässä kävelyn on todettu tutkimusten mukaan alentavan stressitasoja, sydämen sykettä ja verenpainetta. Yhtä lailla sisätilojen puupinnat ovat aiheuttaneet ihmisille positiivisia vaikutuksia sekä psyykkisellä, että fyysisellä tasolla. Näistä tutkimustuloksista päätellen puulla täytyy olla jokin terveysvaikuttainen voima, eikä se mikään ihme ole, koska puulla on paljon hyviä, jo edellä mainittuja ominaisuuksia, joiden voisi kuvitella vaikuttavan ihmisten viihtyvyyteen ja sitä kautta hyvinvointiin. Sisäpinnoissa puu myös heijastaa kauniisti ja luonnollisesti valoa, vähentää melustressiä ja ylläpitää hyvää ilmanlaatua. Puuaineksella on todettu olevan myös antibakteerisia ominaisuuksia, jolloin se vähentää mikrobikasvustojen määrää. Näin ollen esimerkiksi puinen leikkuulauta on antibakteerisempi kuin muovinen. (Puutuoteteollisuus Ry & Puuinfo Oy 2017, 20.)

Puun antibakteerisuutta voisi tulevaisuudessa hyödyntää enemmänkin, esimerkiksi sairaaloiden sisäpinnoissa. Tiina Vainio-Kaila nimittäin toteaa väitöstyössään puun VOC-yhdisteillä (Volatile Organic Compounds) olevan jonkin verran antibakteerisia ominaisuuksia, mutta puun uuteaineet voisivat pärjätä jopa antibioottiresistenttejä sairaalabakteereja vastaan. Puun VOC-yhdisteillä tarkoitetaan erilaisia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, kuten alkoholeja, aldehydejä ja terpeenejä, joista puun tuoksu syntyy. Teollisuudessa VOC-yhdisteet pyritään yleensä minimoimaan, terveysriskin uhalla, mutta puun VOC-yhdisteiden ei ole todettu olevan haitallisia ihmisille. Ainakaan puutalolle ei ole kukaan vielä allergisoitunut. (Partanen 2018.) Puussa on tuhansia eri yhdisteitä, joista tunnetaan vasta murto-osa, mutta joita on osattu hyödyntää jo monenlaisiin käyttökohteisiin, kuten Kuvio 3 kertoo.



Kuvio 3. Puuta voidaan hyödyntää lukemattomin eri tavoin (Suomen Metsäyhdistys Ry 2011, 101)

Suomalainen puurakentaminen olisi myös oivallinen vientituote, jolle varmasti on kysyntää. Joihinkin maihin, kuten Itävaltaan ja Japaniin on rakennettu muun muassa puusairaaloita suomalaisen Hongan massiivihirrestä. Motiivit Japanin puurakentamiselle ovat terveysvaikutusten lisäksi suomalaisen puurakenteen kestävydessä maanjäristyksiä vastaan. (Franck media 2016.)

2.5 Ruotsi edelläkävijänä

Ruotsissa ollaan oltu jo kolmatta vuosikymmentä Suomea askeleen edellä puurakentamisen suhteen, vaikka Suomessa on periaatteessa aina rakennettu puusta ja puun hyödyntäminen on suomalaisille vähän liiankin luontevaa, ovathan Suomen puuvarannot maailman suurimpia. Puusta onkin voinut

tulla suomalaisille raaka-aineena täysin itsestäänselvyys, eikä sitä ole osattu myydä trendikkäänä tuotteena tai varsinkaan maailmaa pelastavana, kestävän kehityksen perikuvana. Mitä luultavimmin pinttyneet ja arkiset asenteet puuta kohtaan ovat olleet yhtenä syynä siihen, ettei Suomesta oikein vieläkään löydy erikois- ja huippuosaamista puurakentamisesta. (Heino 2011, 5.)

Ruotsissa rakentamisessa painotetaan laatua ja suunnittelua, mutta viime vuosina tärkeiksi painopisteiksi ovat nousseet myös kestävä kehitys ja vihreä rakentaminen, mikä on kasvattanut puurakentamisen kysyntää. Aiemmin yli kaksikerroksiset puurakenteiset rakennukset olivat kiellettyjä myös Ruotsissa palomääräysten vuoksi, mutta tähän on tullut muutos jo hyvissä ajoin ennen Suomen palomääräysten höllentämistä ja nykyään ruotsalaiset rakentavat noin joka viiden kerrostaloistaan puusta. (Joensuu-Salo & Kettunen 2017, 43; Pohjala 2017.)

Selvä syy Ruotsin aiempaan kehittymiseen ja yleistymiseen puukerrostalorakentamisessa on, että siellä se oli mahdollista aikaisemmin kuin Suomessa. Palomääräykset koskettavat myös Ruotsia, mutta siellä ne ovat olleet alusta alkaen löysemmät ja esimerkiksi kerrosten lukumäärää sai luvan korottaa aikaisemmin, kuin Suomessa. Elementtitekniikat pääsivät kehittymään Ruotsissa vauhdilla, kun palomääräykset antoivat myöten. Ruotsista löytyykin jo useita eri elementtivalmistajia, kun taas Suomessa ensimmäinen tilaelementtivalmistaja Elementti Sampo, aloitti toimintansa vasta vuonna 2015. (Herkert 2017, 47–48.)

Ruotsissa on myös selvästi panostettu puurakentamisen kehityskulkuun, varsinkin puukerrostalojen osalta, mikä perustuu jatkuvaan tutkimustyöhön rakennus- ja puutuotealoilla, yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa. Ruotsissa puuhun suhtaudutaan myös hyvin avoimesti ja puuosaamista suunnataan pois perinteisistä käyttökohteista ja -tavoista. Puuta yhdistellään muiden materiaalien kanssa rohkeasti ja puuta uskalletaan käyttää joskus jopa perustuksiin. (Heino 2011, 9.) Ruotsi on myös Norjan kanssa Pohjoismaista ainoana yltänyt Keski-Euroopan tasolle puusiltojen rakentamisessa. Ajoneuvoliikenteen ja kevyen liikenteen silta- ja ratkaisuissa käytetään hybridirakenteita, jolloin tässä tapauksessa liimapuun kanssa käytetään sekä terästä, että betonia. (Palokallio 2018.)

Ruotsissakaan ei ole viime vuosina tapahtunut järjestyttävää kasvua puurakentamisen saralla, vaikka he ovatkin Suomea askeleen edellä. Tästä voidaan vetää päätelmiä, etteivät ruotsalaisetkaan ole vielä saaneet puusta täysin kilpailukyistä materiaalia betonia vastaan. Suomessa tähän ongelmaan tulisi panostaa ja päästä Ruotsin kanssa tasoihin, tai jopa edelle esimerkiksi hybridirakenteiden avulla, jotka voisivat sisältää esimerkiksi puun ja betonin yhdistelmä rakenteita. (Herkert 2017, 48.)

3 PUUN JATKOJALOSTAMINEN

3.1 Insinööripuutuotteet

Insinööripuutuotteilla tarkoitetaan puun jatkojalosteita. Normaalista puu- ja sahatavarasta jalostetaan eli tuotetaan uusia tuotteita. Yleisimmät näistä ovat liimapuu, viilupuu eli LVL, monikerroslevy eli CLT ja I-palkit. Levytuotteita, kuten vaneria, lastu- ja puukuitulevyjä ei lasketa insinööripuutuotteiksi, vaan ne luokitellaan omaan jatkojalosteryhmäänsä. (Puuinfo Oy 2018c.)

Insinööripuutuotteet ovat kasvattaneet puun mielenkiintoa rakennusmateriaalina. Viilupuu eli LVL on suomalaisillekin tuotteena tuttu. Se on tullut markkinoille jo 1980-luvulla. Monikerroslevy eli CLT on Suomessa vielä melko uusi tuote, mutta muualla Euroopassa se on jo kasvattanut suosiotaan. (Pitkänen 2017, 13.)

Keveytensä, lujuutensa, mittatarkkuutensa ja hyvän työstettävyytensä ansiosta insinööripuutuotteet soveltuvat hyvin nykyaikaiseen teolliseen rakennusosien valmistukseen. Esivalmistettujen rakennusosien, kuten puuelementtien asentaminen työmaalla on kustannustehokasta; Puuelementit ovat keveämpiä kuljettaa ja nostaa verraten muihin rakennusmateriaaleihin, asennustyö sujuu nopeasti johtuen osien isosta esivalmiusasteesta, yksinkertaisesta liitostekniikasta ja kivistä rakentamisolosuhteista. (Vatanen, Ahoranta, Sirkka & Pirttinen 2017, 13–14.)

3.1.1 Liimapuu

Liimapuu koostuu vähintään kahdesta yhteen liimatusta puusoirosta, joiden syy-suunta on liimapuutuotteen pituussuuntainen (Kuvio 4). Yhden puusoiron vahvuus saa olla enintään 45 millimetriä (mm). Liimapuiden vakiokorkeudet ovatkin yleensä 45 mm kerrannaisia. Liimapuupalkkien korkeusluokat alkavat siis korkeusluokasta 90 mm ja päättyvät luokkaan 495 mm. Leveydeltään yleiset liimapuupalkkien mittaluokat ovat 90, 115, 140 ja 165 millimetriä. Hyvin yleiset mitat pienelle liimapuupalkille, jonka voi löytää lähimmästä rautakaupastakin ovat 90 kertaa 225 millimetriä. Liimapuupalkkeja ja -pilareita on saatavilla myös erikoismitoilla valmistajakohtaisesti, jolloin niiden enimmäiskorkeudet ovat yleisimmin

kaksi metriä ja pituudeltaan ne voidaan venyttää jopa 30 metriin. (Heiskari 2017, 7; Puuinfo Oy 2018c.)

Liimapuun valmistuksen päävaiheita ovat puutavaran kuivaus, lujuuslajittelu ja sormijatkaminen. Siitä edelleen valmistusvaiheet ovat lamellien höyläys, liiman levitys ja liimaus, jonka jälkeen kannatteiden höyläys ja muotoilu ja lopuksi pintakäsittely sekä pakkaus. (Puuinfo Oy 2016, 40.)



Kuvio 4. Liimapuuta saa monen kokoisina palkkeina ja pilareina (Puukeidas 2018)

Liimapuun käyttö on hyvin monipuolista, energiatehokasta ja edullista. Liimapuun valmistus kuluttaa vähemmän raaka-ainetta, kuin esimerkiksi perus sahatavaran valmistus, koska sitä voidaan valmistaa vielä pienirunkoisemmastakin kuitupuusta. Liimapuu on erinomainen materiaali kantavissa rakenteissa, koska siitä voidaan valmistaa lähes minkä muotoisia ja kokoisia osia tahansa, ja sen avulla pystytään toteuttamaan pitkiäkin rakenteiden tukien välejä eli jännevälejä. (Heiskari 2017, 7.) Liimapuun käyttökohteina toimivat niin teollisuus- ja urheiluhallit, koulut ja suurmyymälät, kuin maatalousrakennukset ja pientalotkin (Puuinfo Oy 2016, 40).

3.1.2 CLT-massiivipuu

CLT tulee englannin kielen sanoista Cross Laminated Timber ja suoraan käännettynä CLT tarkoittaa ristikkäin liimattua puuta ja sitä se myös on; CLT-massiivipuu koostuu vähintään kolmesta ristikkäin liimatusta puulevykerroksesta, joka

muodostaa jäykän ja kantavan rakennusmateriaalin. Puulautakerrokset ovat yleisimmin mäntyä tai kuusta. Puulevykerroksia liimataan useimmiten kolme, viisi, seitsemän tai jopa kahdeksan päällekkäin, riippuen kuinka lujaa, muotopysyvää, eristävää ja kantavaa massiivipuuta halutaan valmistaa. (Stora Enso 2013; Pulkkinen 2016, 4.)

CLT pitää sisällään puun hyvät lämpö-, kosteus- ja palonkestävyysominaisuudet, sekä se on materiaalina lujaa, mutta kevyttä, ekologista ja kestävän kehityksen mukaista. CLT soveltuu hyvin monipuoliseen rakentamiseen. Siitä voidaan valmistaa pien- ja kerrostaloja, kouluja, päiväkoteja, halleja, siltoja ja kauppakeskuksia. CLT-rakentamista suositetaan pätevänä vaihtoehtona myös maanjäristysalueille. (Pulkkinen 2016, 4.)

CLT soveltuu moniin runkorakenteisiin niin seiniin, kattoon kuin välipohjiinkin. Lisäksi CLT toimii rakenteellisena ilman- ja höyrynsulkuna, sekä omalta osaltaan lämmöneristeenä, eli erillistä höyrynsulkua ei tarvita, eikä lämpöeristettä tarvitse lisätä yhtä paksua kerrosta kuin muihin runkotyyppeihin. CLT:tä on myös helppo käyttää yhdessä muiden materiaalien kanssa. Sitä voidaan yhdistää muun muassa lasin ja teräksen kanssa. Lisäksi CLT:lle voidaan tehdä lähes rajattomasti erilaisia pintakäsittelyratkaisuja, mikä vain monipuolistaa ja helpottaa sen soveltamismahdollisuuksia. (Pulkkinen 2016, 4; Vatanen ym. 2017, 12.)

CLT-rakentaminen on melko uutta, mutta vähitellen yleistyvää tulevaisuuden rakentamista. Suomeen tuotavia CLT-levyjä on valmistettu 2000-luvun aikana pääasiassa Itävallassa Stora Enson toimesta (Kuvio 5), mutta vuonna 2014 Suomessa aloitti ensimmäisenä CLT:n tuottajana CrossLam Kuhmo Ltd, jonka tuotantolaitos sijaitsee Kuhmossa. Sen jälkeen vuonna 2015 nousi CLT Finland yritys Alajärven Hoiskon tehdasalueelle. (Poikajärvi 2017, 1; Pulkkinen 2016, 4.)



Kuvio 5. Stora Enson CLT-elementtejä (Kuninkaankylän puurakentajat 2018)

Kolmas ja tuorein CLT:n valmistaja CLT-Plant Oy aloittaa tuotteidensa toimituksen tämän vuoden aikana ja yritys sijaitsee Kauhajoen Aronkylässä. CLT on kasvattanut aiemmin suosiotaan selvästi eniten Keski-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa, mutta mahtavaa, että myös Suomessa suosio lisääntyy. Ihmeellistä, että niinkin vanhasta materiaalista kuin puu, on saatu nykyaikaisella tekniikalla trendikästä ja pätevää jatkojalostetta. (CLT-Plant Oy 2018; Lensu 2017.)

3.1.3 LVL-massiivipuu

LVL eli Laminated Veneer Lumber tarkoittaa suomeksi lyhykäisyydessään viilupuuta. LVL-massiivipuu valmistetaan sorvatuista viiluista liimaamalla niitä toisiinsa (Kuvio 6). Ero vanerin valmistukseen on se, että viilupuussa viilujen pääasiallinen syysuunta on pitkittäin. Suomalainen viilupuun on tavallisesti kolmen millimetrin paksuista havupuuviilua. (Puuinfo Oy 2016, 46.)

Viilupuun kauppaniminä toimivat kertopuu tai kerto. Suomessa suurimpia kertopuun jalostajia ja toimittajia ovat muun muassa Stora Enso ja Metsä Wood. Kertopuuta valmistetaan useissa mitoissa ja vahvuuksissa käyttökohteesta riippuen. Kertopuu soveltuu lähes mihin vain, kuten lattioihin, kattoihin, seiniin ja perustuksiin. Se muotoutuu useiksi eri komponenteiksi, kuten palkeiksi, pilareiksi, levyiksi, ristikoiksi, kehiksi ja suuriksi puuelementeiksi. (Pitkänen 2017, 15.)



Kuvio 6. LVL-kertopuu valmistetaan liimatuista viilupuista (Puumerkki 2018)

Suosituin Kerto-tuote, joita tavallinen remontoijakin käyttää, on väliseinäpalkki. Se on kasvattanut suosiotaan seinän runkojen teossa lujuutensa ja suoruuutensa ansiosta. Kertopuun vahvuuksina normaaliin sahatavaraan verrattuna voidaan pitääkin sen lujuutta, keveyttä ja muotopysyvyyttä. Kertopuuhun saadaan saman suuruinen lujuusarvo vähemmällä materiaalmäärällä. Kerto ei myöskään kutistu, eikä turpoa, niin kuin tavallinen puu, joka voi alkaa muuttamaan muotoaan ajan saatossa. (Pitkänen 2017, 16; Tynkkynen 2017.)

Yleisesti ottaen raha ratkaisee kaikessa investoinneissa. Hinta-laatusuhde on valitettavan usein se ratkaiseva tekijä, mitä rakennusmateriaaleja investointiin valitaan, eikä niinkään esimerkiksi lujuusarvot tai ekologisuus. Kertopuu, niin kuin muutkin insinööripuutuotteet ovat selvästi normaalia sahatavaraa kalliimpaa. Korkeamman hinnan lisäksi, sahatavaran saatavuus on vielä tänä päivänä nopeampaa ja varmempaa. (Pitkänen 2017, 19.)

3.1.4 I-palkki

I-palkit ovat puupaarteista ja vaneriumasta liimaamalla yhdistettyä I-muotoista puupalkkia (Kuvio 7). Kyseistä palkkia voidaan käyttää talonrakentamisessa kantavana rakenteena niin ala- ja ylä-, kuin välipohjissakin. I-palkin rakenne on luja, mutta kevyt ja se saavuttaa saman kantavuuden pienemmällä materiaalmäärällä kuin liimapuu- ja sahatavara. (Puuinfo 2018c; Sanoma Media Finland Oy 2018.)



Kuvio 7. I-palkit ovat nimensä mukaisesti I-kirjaimen muotoisia ja lujuusopillisesti optimaalisia (Sanoma Media Finland Oy 2018)

I-palkit soveltuvat myös keveytensä ansiosta helposti muunneltaviksi väliseiniksi. I-palkkeja jätetään myös selvästi näkyviin näyttävinä sisustuselementteinä, jolloin ne luovat avaruutta taloon. Sisustuspalkkiin voi yhdistää myös valaistuksen, koska uumalevyyn on helppo porata reikiä sähkö- ja LVI-vetoja varten. (Puuinfo Oy 2018d; Sanoma Media Finland Oy 2018.)

3.2 Keitele Group

Keitele Forest Oy on yksi Suomen suurimpia puunjalostuksen toimijoita, joka perustettiin perheyriyksenä vuonna 1981. Keitele Groupin tuotantolaitokset sijaitsevat Lapissa Kemijärvellä, Etelä-Pohjanmaalla Alajärvellä ja Itä-Suomessa Keiteleellä. Keitele Groupiin kuuluu emoyhtiö Keitele Forest Oy:n lisäksi Keitele Timber Oy, Keitele Wood Products Oy ja Keitele Energy Oy. Koko konsernin liikevaihto oli vuonna 2017 yli 237 miljoonaa euroa. Kasvua liikevaihtoon on tiedossa, nimittäin viime vuonna 2017 Keitele Group investoi 35 miljoonalla eurolla Alajärven sahalle, jonka tehdaskapasiteetin odotetaan kaksinkertaistuvan ja yltävän Kemijärven sahan lukemiin. (Keitele Forest Oy 2018.)

Kemijärvellä toimii emoyhtiön lisäksi Keitele Timber Oy eli sahayhtiö ja myös Keitele Wood Products Oy eli jatkojalostusyksikkö. Kemijärven saha aloitti toimintansa vuonna 2015 ja sen vuosittainen toimintakapasiteetti on tällä hetkellä noin

300 000 kuutiota puuta. Saha tuottaa asiakasmittoihin tehtyä saha- ja höylätavaaraa, sekä liimapuuta yhdessä jatkojalostusyksikön kanssa. Raaka-aineena käytetään pohjoisen havupuuta. (Keitele Forest Oy 2018.)

Kemijärven Wood Products Oy toimii siis integroituna yksikkönä sahailaitoksen kanssa. Jatkojalosteiden tuotanto on täten mutkatonta ja kustannustehokasta. Tehdas tuottaa niin pieniä kuin suuriakin rakenteellisia liima- ja viilupuutuotteita. Jatkojalosteita käyttävät rakennus- ja huonekaluteollisuus, ikkuna- ja oviteollisuus, sekä listahöyläämöt. Suurimmat liimapuun markkinat ovat tällä hetkellä pääasiassa Japanissa ja sinne menevät tuotteet myydään oman AURORAZAI-tuotemerkin alla. (Keitele Forest Oy 2018.)

3.3 Pellopuu

Pellopuu Oy on Lapin toinen nykyaikainen puunjalostustehdas. Se sijaitsee Pelton kunnan kylässä Turtolassa, Tornionjoen varrella. Yritys on osa Kriston kiinteistöt Oy:n konserniyhtiötä. Pellopuulla on historiaa jo yli 100 vuoden takaa, kokemusta hirsirakentamisesta yli 60 vuoden edestä ja yritys on laajentunut, sekä kehittynyt jo useampaan otteeseen vuosien aikana. Paraikaa yritys on mukana yli kolmen miljoonan euron investointihankkeessa, jonka tavoitteena on tuotannon tehostaminen ja nykyaikaistaminen. Hankkeessa on mukana EU:n ohjelma Kestävää kasvua ja työtä 2014–2020 ja hankkeen toteutusaikataulu on vuosina 2017–2019. (Pellopuu Oy 2018.)

Pellopuulla on pitkä historia hirren valmistuksen parissa. Teollinen hirsitalotuotanto käynnistyi jo vuonna 1971. Matkan varrella on tapahtunut useita muutoksia, mutta hirsi on edelleen Pellopuun päätuote. Hirsituotteista Pellopuu valmistaa höylähirttä, lamellihiirttä ja hirsipalkkia, joka koostuu kahdesta tai useammasta lamellista. Tehtaalla on myös oma Makron logmatic-hirsilinjasto, joka tuottaa valmiita hirsikehikkoja hirsitaloja ja -mökkejä varten. (Pellopuu Oy 2018.)

Pellopuu saa raaka-aineensa Suomen ja Ruotsin pohjoisesta sertifioidusta havupuusta. Yrityksen tuotteista noin 65 prosenttia tehdään männystä ja loput 35 prosenttia kuusesta. Arktisten olojen männyt ovat hyvin arvostettuja, mihin on osa-

syynä se, että vuosien saatossa Lapin mänty ei tummu niin kuin reheväkasvuis-
ten alueiden männyt, vaan se muuttaa väriään kauniin punertavaksi. Vuonna
2002 tuo punertava petäjä rekisteröitiinkin Pellopuun omaksi tuotemeriksi Lapin
punahongaksi. (Pellopuu Oy 2018.)

Vuonna 2012 Pellopuu alkoi valmistamaan myös liimapuupalkkeja ja -pilareita.
Liimapuutuotteet soveltuvat hyvin kantaviin rakenteisiin ja massiivisuutensa an-
siosta niillä on hyvät palonkesto-ominaisuudet pitkilläkin jänneväleillä. Alla taulu-
kossa (Taulukko 1) on listattuna pilareiden vakioulottuvuuksia eli -dimensioita.
(Pellopuu Oy 2018.)

Taulukko 1. Pilareiden vakiodimensioita, varastokokoja (Pellopuu Oy 2018)

Leveys (mm)	Kor- keus (mm)	Lamel- leja	Pituudet (m)
90	90	2	3,6,12
115	115	2	3,6,12
135	135	2	3,6,12
135	135	3	3,6,12
180	180	3	3,6,12
200	200	3	3,6,12

4 PUURAKENTAMINEN

4.1 Puurakentamisen historiaa 1990-luvulta nykypäivään

Suomessa puurakentamiseen herättiin uudelleen, kun kestävän kehityksen periaatteet ja ekologinen ajattelumalli nostivat päätään 1990- ja 2000-lukujen taitteessa. Silloin valtio kannusti omalta osaltaan puurakentamista ja ryhtyi tukemaan tutkimustyötä puurakentamiseen liittyen, sekä rahoittamaan puurakentamiseen liittyviä hankkeita. Puuaiheisia toimintaohjelmia ovat olleet muun muassa Puurakentamisen teknologiaohjelma 1995–1998, Puun aika 1997–2000, Puurakentaminen 2000, Puurakentamisen edistäminen 2004–2010 ja Metsästrateginen ohjelma 2011–2015. Tällä hetkellä maa- ja metsätalousministeriön kärkihankkeina toimivat Biotalous ja puhtaat ratkaisut, sekä Puu liikkeelle ja uusia tuotteita metsästä. Kaikki puun puolesta toimivat ohjelmat ja hankkeet ovat vaikuttaneet osakseen siihen, kuinka korkea suosio puun käytöllä on tänä päivänä. (Luukkonen 2017, 12, 51–52; Maa- ja metsätalousministeriö 2018b.)

Aiemmin puu on toiminut julkisessa rakentamisessa vain kokonaisuutta täydentävänä materiaalina. Vuonna 2000 valmistunut Lahden Sibeliustalo nousi julkisen puurakentamisen uudenlaiseksi lippulaivaksi (Kuvio 8). Sibeliustaloa on kehitetty yhdeksi maailman parhaimmista konserttitaloista. Sen jälkeen on rakennettu yhä enemmän julkisia rakennuksia, joissa puuta hyödynnetään oleellisesti arkkitehtuurissa. Puisen arkkitehtuurin myötä puulle on keksitty yhä vaativampia rakennuskohteita ja rakennuskomponentteja on jouduttu kehittämään sen mukaan. Puusta on tullut suosittu materiaali esimerkiksi konserttitalojen arkkitehtuurissa muun muassa puun akustisten ominaisuuksien vuoksi. (Suomen metsäyhdistys Ry 2011, 77.)



Kuvio 8. Sibelius-taloon on käytetty valtavasti suomalaista puutavaraa (Sibelius-talo 2018)

Suomalaisessa kerrostalorakentamisessa otettiin mallia ulkomaalaisesta Platform-rakennustekniikasta 1990-luvulla, mikä perustui pääasiassa paikallaan rakentamiseen. Platform-kokeiluista jäi huono kaiku suomalaisten rakennusliikkeiden keskuudessa, eikä se saanut yleistä hyväksyntää Suomessa, koska työmaalla rakentaminen oli altista sääolosuhteille. Silloin ei vielä kiinnitetty juurikaan huomiota esimerkiksi työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan, ja näin ollen rakenteet kärsivät. (Laukkanen 2018.)

Arkkitehti Karjalainen Markku suoritti 1990-luvun lopulla asukastyytyväisyyskyselyn Suomen ensimmäisten puukerrostalojen asukkaille. Kyselyn vastauksia voidaan peilata myös julkiseen puurakentamiseen. Asukastyytyväisyyskyselyjen perusteella monet asumiseen vaikuttavat rakenteelliset seikat eivät olleet vielä niin hyvällä mallilla kuin nykypäivänä. Esimerkiksi ääneneristys ei ole toiminut vielä tuolloin niin hyvin, koska kyselyihin vastaajista jopa 80 prosenttia ilmoitti kuulevansa paljon tai merkittävän paljon häiritseviä yläkerran ääniä. Vuoden 2016 lopulla puukerrostalojen asukastyytyväisyyskysely haluttiin uusua, jotta nähtäisiin, kuinka suhtautuminen puukerrostaloihin on muuttunut vajaassa 20 vuodessa. Uuden kyselyn vastausten perusteella puukerrostaloja on saatu kehitettyä

hiljaisemmiksi eli ääneneristys on parantunut merkittävästi 1990-luvulta. Ääneneristykseen tyytymättömien vastaajien määrä on enää 21 prosenttia. (Puuinfo Oy 2017, 50–51.)

Kerrostaloasumisen suosio on kasvanut reilusti 1990-lukuun verraten. Edellä mainitun kyselyn valossa asukkaiden innostus kerros- tai pienkerrostaloasumiseen on kasvanut jopa 55 prosentilla 90-luvulta tähän päivään tultaessa. Vanhan kyselyn perusteella vain 13 prosenttia vastaajista asui mieluiten kerrostalossa. Kerrostaloasumisen yleistyessä edelleen, on puurakentamisenkin täytynyt vastata kysyntään. (Puuinfo Oy 2017, 51.) Vuonna 2016 puukerrostaloja rakennettiin Suomessa viisi prosenttia kaikista uusista kerrostaloista (Pohjola 2017).

Vuonna 2011 tapahtuikin yksi merkittävimmistä yksittäisistä rakentamisen määreysten muutoksista. Tuolloin toimeenpantiin palomääräys, joka sallii enintään kaksikerroksisten puukerrostalojen rakentamisen ilman sprinklerijärjestelmää eli automaattista tulipalon sammutuslaitteistoa. Tähän asti sprinklerijärjestelmä on pitänyt asentaa jokaiseen huoneeseen, jopa parvekkeelle, olipa kerroksia sitten yksi tai enemmän. (Luukkonen 2017, 12; Toijonen 2016.) Palomääräykset säilyivät muilta osin kuitenkin edelleen hyvin tiukkoina liittyen linjauksiin sisäpintojen suojaverhouksista, puupintojen peittämiseen sisä- ja ulkorakenteissa, sekä rajoitettuun kerrosten lukumäärään, varsinkin majoitusrakennuksissa ja hoitolaitoksissa (Toijonen 2016).

Nykyään Ympäristöministeriön asettamat uudet palomääräykset, jotka astuivat voimaan vuoden 2018 alusta, sallivat muun muassa kahdeksankerroksisten majoitus- ja hoitolaitosten rakentamisen yhtä lailla kuin asuin- ja työpaikkarakentamisenkin. Uudet määräykset vapauttavat puunkäyttöä muullakin tapaa; puupintoja saa nykyään jättää esiin jopa 80 prosenttia näkyvästä pinta-alasta, kaksikerroksisten asuintalojen sisäpintoja ei tarvitse enää suojaverhoilla ja korkeisiin kerrostaloihin on annettu lupa rakentaa myös rajallinen määrä kokoontumis- ja liiketiloja. Kerrosten lukumäärä on vielä edelleen rajoitettu neljään, jos kyseessä on pelkästään liike- ja kokoontumistiloiksi suunniteltu puurakennus. (Virtanen 2017.)

4.2 Rakentamisen muutostrendit

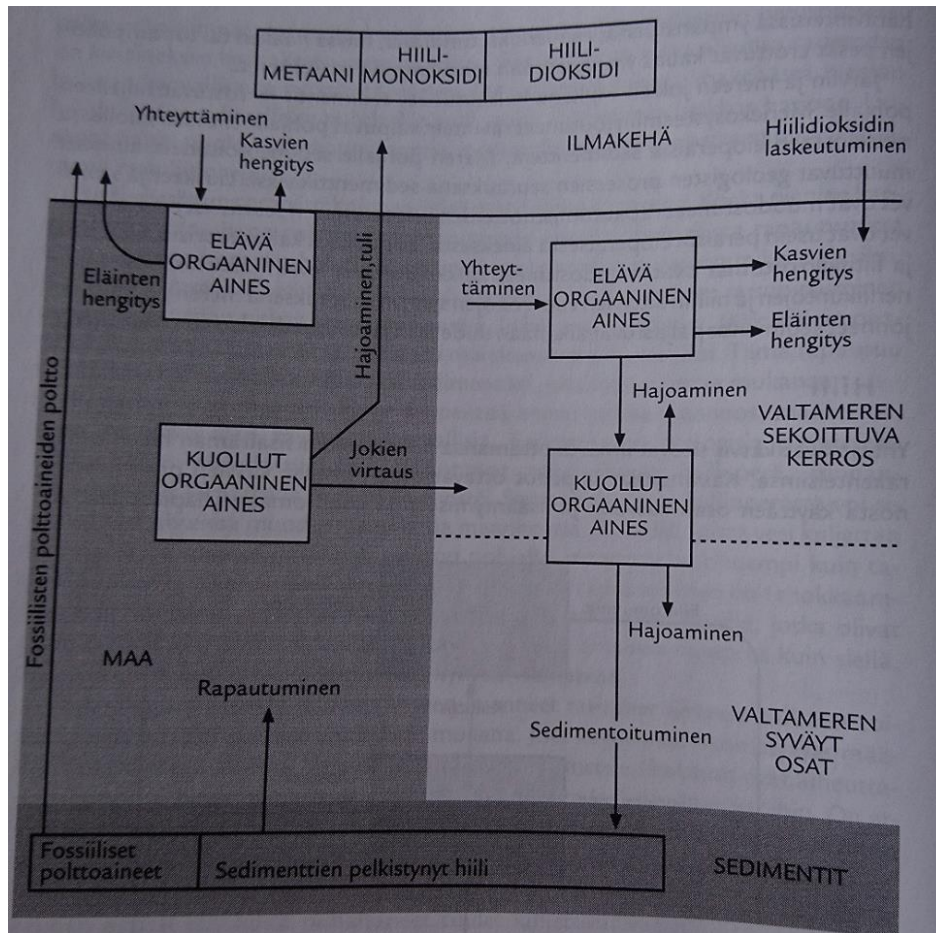
Tämän hetkiset tilastot osoittavat rakennussektorin olevan suurin energiankuluttaja Euroopassa; 40 prosenttia EU-alueen energiankulutuksesta ja 38 prosenttia hiilidioksidipäästöistä (Ahoranta 2017). Muun muassa ilmastonmuutos, väestönkasvu, kaupungistuminen ja kasvava ruoan sekä energiantarve pakottavat etsimään ja kehittämään uusia ratkaisuja nykyisten 100 vuotta vanhojen toimintamallien tilalle. Arvioitujen, jatkossa tarvittavien resurssien määrä on jo 1,6 maapallon verran, jos pinttyneisiin tapoihin ja kulutustottumuksiin ei tule muutoksia. (Elinkeinoelämän keskusliitto EK Ry 2018.)

Suunta muutokseen on kuitenkin jo näkyvää. Hyviä ilmastotekoja pyritään tekemään koko ajan erilaisin sopimuksin, joissa sitoudutaan vähentämään hiilidioksidipäästöjä. Suureksi tavoitteeksi on otettu pyrkimys vähähiiliseen yhteiskuntaan. Tavoitteen saavuttamiseksi Suomella on muutamia selkeitä muutostrendejä hyödynnettävänä. Näitä ovat ainakin kestävän kehityksen periaatteiden noudattaminen, resurssi- ja energiatehokkuus, sekä edelläkävijänä toimiminen biotaloudessa ja kiertotaloudessa. (Karjalainen 2016.)

Puurakentaminen toimii yhtenä konkreettisena keinona kohti vähähiilistä yhteiskuntaa. Puu jättää jälkeensä rakennusjätettä vain murto-osan verrattuna muihin keinotekoisiiin rakennusmateriaaleihin. Lisäksi puurakentamisesta syntyvät jätteet voidaan kierrättää ja käyttää uudelleen, mikä noudattaa kestävän kehityksen periaatteita ja soveltuu kiertotalouden toimintaan. (Puuinfo Oy 2006.) Seuraavaksi tarkennuksia muun muassa hiilijalanjälkeen ja edellä mainittuihin muutostrendeihin.

4.2.1 Hiilenkierto ja hiilijalanjälki

Hiilenkiertoa tapahtuu eliökunnasta ja ekosysteemistä toiseen. Hiilenkierto on monilta osin luonnollinen tapahtumaketju, jota selvittää parhaiten Kuvio 9. Suurimmat hiilivarastot ovat maankuoren sedimenteissä, joista fossiiliset polttoaineet edustavat vain noin yhtä tuhannesosaa. Hiiltä on sedimenttien lisäksi maassa, meressä ja ilmakehässä. (Hanski ym. 1998, 62.)



Kuvio 9. Maapallon hiilivarannot ja hiilenkierto ekosysteemeissä (Hanski ym. 1998, 62)

Sedimenteistä hiiltä vapautuu maihin ja meriin maaperän rapautumisen, tulivuorten toiminnan ja fossiilisten polttoaineiden käytön myötä. Ilmakehään vapautuva hiili on peräisin pääasiassa maalla elävien eläinten ja kasvien hengityksestä sekä hajottajien toiminnasta, mutta myös fossiilisten polttoaineiden, kuten kivihiilen palamisesta. Maa- ja meriekosysteemeissä on lähes yhtä paljon hiiltä sitoutuneena kuolleeseen orgaaniseen ainekseen, mutta maalla elävää orgaanista ainesta on jopa 20-kertainen määrä mereen nähden. Meriekosysteemeissä osa kuolleesta orgaanisesta aineksesta hajoaa takaisin maaperään ja sedimentoituu. Ilmakehästä hiili palaa takaisin ekosysteemien kiertoon laskeuman ja yhteyttämisen ansiosta. (Hanski ym. 1998, 63.)

Hiilijalanjäljestä puhutaan ilmaston kuormituksen mittarina. Sillä mitataan, kuinka paljon tuote, palvelu tai jokin toiminta aiheuttaa elinkaarensa aikana kasvihuonekaasupäästöjä, joita ovat metaani, hiilimonoksidi ja hiilidioksidi. Toisinaan hiilijalanjälki ilmoittaa kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen sijaan pelkästään hiilidioksidipäästöjen määrän. Hiilijalanjäljen avulla pystytään arvioimaan tekojen ja kulutustottumusten vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. (Suomen Ympäristökeskus SYKE, Aaltoyliopisto YTK & Ilmatieteenlaitos 2018.)

Puutuotteet toimivat hiilivarastoina. Puu sitoo hiiltä ja samalla vähentää hiilidioksidipäästöjä. Näin ollen puhutaan, että puutuote on hiilineutraali. Puutuotteella on siis hyviin pieni hiilijalanjälki. Suomen tulevaisuus-sarjan jaksossa Hyvinvointia puusta mainittiin, että yksi kuutiometri CLT-massiivipuulevyä varastoi 2 000 kilogrammaa hiilidioksidia. On tutkittu, että yksi puukuutiometri sitoo itseensä keskimäärin 900 kilogrammaa hiilidioksidia, kun taas yhden puukuutiometrin tuottaminen vähentää hiilidioksidipäästöjä keskimäärin 1 100 kilogrammaa, jos sitä vertaa saman teräs-, betoni- tai muovimäärän valmistamiseen. Tästä yhtälöstä päätetään 2 000 kilogrammaan varastoitua hiilidioksidia. (Franck Media Oy 2016; Luonnonvarakeskus 2010a.)

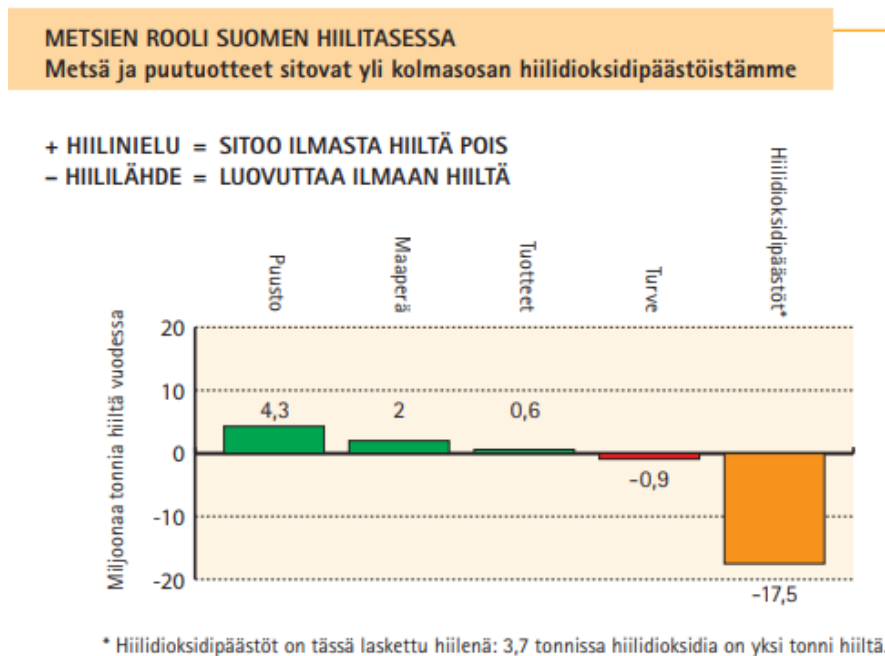
4.2.2 Ilmastonmuutoksen torjunta ja kestävä kehitys

Ilmaston lämpeneminen johtuu pääasiassa kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin lisääntymisestä ilmakehässä. Suurimmat hiilidioksidipäästöt syntyvät fossiilisten polttoaineiden eli hiilen ja öljyn palamisesta. Metsät hillitsevät ilmaston lämpenemistä. Tällä hetkellä pohjoisen ja lauhkean vyöhykkeen metsät sitovat hiiltä huomattavasti enemmän kuin vapauttavat, joten metsistä puhutaan hiilinieluna. Suomen metsät ja maaperä sitovat ilmakehästä hiilidioksidia määrän, joka vastaa yli kolmannesta Suomen hiilidioksidipäästöistä (Kuvio 10). (Suomen metsäyhdistys Ry 2011, 19.)

Hiilidioksidia sitoo eniten puiden kasvu. Hoidetut talousmetsät sitovat enemmän hiilidioksidia, kuin luonnontilaiset metsät, koska niiden kasvu on tehostetumpaa ja turvatumpaa. Luonnontilaisissa vanhoissa metsissä on enemmän varastoituneena hiilidioksidia kuin talousmetsissä, mutta ne myös vapauttavat yhtä paljon

hiilidioksidia kuin sitovatkin. Esimerkiksi puun lahoaminen vapauttaa hiilidioksidia ilmaan. Vanhat, jo kasvunsa lopettaneet metsät eivät siis toimi enää hiilinieluna. (Suomen Metsäyhdistys Ry 2011, 19.)

Hakkuuaukot toimivat hiililähteinä eli ne luovuttavat ilmaan hiilidioksidia. Sen vuoksi jokaisen kaadetun puun tilalle tulee kasvattaa uusi puu, jotta hiili sitoutuu jälleen puun kasvuun. Lahoamisen lisäksi puun palaminen ja hengittäminenkin luovuttavat hiilidioksidia ilmaan, mutta tämän kompensoivat kasvit, jotka yhteyttäessään sitovat ilman hiilidioksidia. (Suomen Metsäyhdistys Ry 2011, 19.)



Kuvio 10. Metsien ja maaperän lisäksi puutuotteista esimerkiksi rakennukset toimivat merkittävänä hiilidioksidivarastona (Suomen Metsäyhdistys Ry 2011, 20)

Suomessa onneksi osataan hyödyntää metsiä välineenä ilmastonmuutoksen hillitsemisessä. Maa- ja metsätalousministeri Jari Leppä on vaatinut suomalaisen puutuoteviennin jalostusasteen nostoa, koska hän kokee puun merkittävänä tekijänä Suomen biotalous-strategialle, sekä suurena välineenä ilmastonmuutoksen hillitsemisessä. Hallitusten välisessä ilmastonmuutospaneelissa (IPCC) metsiin ja puutuotteisiin sitoutuneet hiilivarastot on todettu merkittäviksi ilmastotekijöiksi. Hallitusohjelma onkin linjannut, että pitkäikäisiä puurakennuskohteita on

syytä kehittää Suomessa lisää, sillä hiili varastoituu puurakenteisiin muuta käyttöä pidemmäksi aikaa. (Ympäristöministeriö 2017b.)

Metsä kasvaa enemmän kuin ikinä ennen, mutta sitä myös hyödynnetään enemmän kuin koskaan. Metsää tulisikin muistaa käyttää myös jatkossa kestävän kehityksen periaatteitten mukaisesti. Kestävällä kehityksellä turvataan hyvät elämisen mahdollisuudet, niin nykyisille kuin tulevillekin sukupolville. Kaikessa toiminnassa ja päätöksenteossa pyritään ottamaan tasavertaisesti huomioon talous, ihminen ja ympäristö, jotta se palvelisi kestävän kehityksen periaatteita. (Ympäristöministeriö 2017a.)

4.2.3 Resurssi- ja energiatehokkuus

Energiatehokkuudella tarkoitetaan resurssia, jolla rahoitetaan paremmat olosuhteet kustannustehokkaasti. Siinä energiaa käytetään tehokkaasti, vähillä kustannuksilla ja pienillä päästöillä. Energiankäyttöä pyritään rajoittamaan ilmaston lämpenemisen lisäksi myös muista syistä, joita ovat muun muassa energian turvaaminen seuraaville sukupolville, resurssitehokkuus ja tuontienergiatarpeen vähentäminen. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2018.) Esimerkiksi rakentamisen kuljetuskustannuksissa voidaan miettiä, kuinka paljon säästetään aikaa, rahaa ja energiaa käyttämällä lähellä olevaa, kevyttä ja kotimaista puuta sen sijaan, että käytäisi ulkomaisia, raskaampia rakennusmateriaaleja (Suomen metsäyhdistys Ry 2011, 15). Energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset tulee täyttyä useilla teollisuuden aloilla, kuten rakentamisessa ja ne täytyy pystyä osoittamaan laskelmien avulla (Työ- ja elinkeinoministeriö 2018).

Resurssitehokkuuden tavoitteena on käyttää maapallon resursseja kestävästi ja vähentää ympäristön kuormitusta, sekä kasvihuonekaasupäästöjen määrää. Resurssitehokkuus toimii myös keinona kohti vähähiilistä yhteiskuntaa ja vihreää taloutta. Vihreällä taloudella pyritään luonnonvarojen tehokkaaseen, mutta kestäväan käyttöön yhteiskunnassa. Resurssitehokkuus kattaa tuotteiden ja energiankäytön tehostamisen, materiaalien ja jätteiden uudelleenkäytön sekä kierrätyksen. Laajemmassa merkityksessä se sisältää myös maan- maaperän, veden- ja ilman käytön. (Suomen Ympäristökeskus SYKE 2018.)

4.2.4 Biotalous ja kiertotalous

Tänä päivänä puhutaan entistä enemmän biotaloudesta ja kiertotaloudesta. Bio- ja kiertotaloudesta puhutaan käsitteinä useimmiten erikseen, mutta tosi asiassa ne ovat toisistaan hyvin riippuvaisia. Biotalous on kiertotaloutta ja toisin päin. (Hellström 2018.)

Biotalousella tarkoitetaan energian, ravinteiden, ravinnon, tuotteiden ja palvelujen tuottamista, hyödyntäen uusiutuvia raaka-aineita eli luonnonvaroja. Biotalousella pyritään vähentämään ja korvaamaan fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Biotoutta on yhtä monta, kuin on luonnonvarojakin. Metsistä puhuttaessa käytetään termiä metsäbiotalous eli vihreä biotalous ja ruuantuotannosta puhuttaessa kyseessä on keltainen biotalous. Silloin käytetään termiä sininen biotalous, kun kyseessä ovat vesivarat. (Maa- ja metsätalousministeriö 2018a.) Metsäbiotalous tuottaa noin puolet Suomen biotaloudesta (Karjalainen 2016).

Kiertotalouden ajatuksena on säilyttää materiaali tai raaka-aine mahdollisimman pitkään talouden käytössä, jolloin ympäristöpäästöt vähenevät ja materiaali säilyttää arvonsa. Jätettäkään ei juuri synny, koska tuotteet suunnitellaan niin, että käytön jälkeen ne voidaan pistää kiertoon uutena materiaalina muille. Kiertotalous ei kuitenkaan ole vain pelkkää kierrättämistä. Kiertotalous pyritään näkemään talousmallina, jossa tuotteiden kuluttamisen sijaan käytettäisiin enemmän aineettomia palveluja. Sillä pyritään hillitsemään kulutusjuhlaa, säästämään maapalloa ja käyttämään palveluita, tuotteiden omistamisen sijaan. (Elinkeinoelämän keskusliitto EK Ry 2018.)

Kiertotaloudesta on myös kisattu Suomen kuntien kesken. Kiertotalouskissassa viisi kuntaa palkittiin erilaisista edelläkävijäratkaisuista, jotka liittyivät esimerkiksi kuntalaisten kiertotaloustietoisuuteen tai kunnan strategiaan ja johtamiseen. Voittajakuntia ei saatu Lapista, mutta Rovaniemen kaupungille annettiin kunniamaininta puukampuksen kumppanuuskaavasta, josta lisää tietoa tuloksissa. (Laita 2018.)

Metsäbiotalous on Suomen biotalouden kivijalka, kuten jo edellä siihen viitattiinkin. Sen lisäksi, että puu toimii erittäin kilpailukykyisenä rakennusmateriaalina ja

energiantuottajana, voidaan siitä valmistaa myös lukematon määrä erilaisia tuotteita, kuten tänä päivänä yksi kuumimmista puheenaiheista on puu muovin korvaajana. Metsäbiotalous on vasta pääsemässä Suomessa kunnolla vauhtiin. Suomi sijoittuu Euroopan maista kuitenkin vasta seitsemänneksi aktiivisimmaksi biotalouden edistäjäksi ja fossiilisten materiaalien korvaajaksi, vaikka Suomi on Euroopan metsäisin maa, kertoo Euroopan biopohjainen tutkimus- ja innovaatiokokonaisuus Bio-Based Industries Joint Undertaking. Suomea edellä ovat Saksa, Italia, Espanja, Ruotsi, Britannia ja Ranska. (Pohjala 2018.)

4.3 Rakennusfysikaaliset ominaisuudet

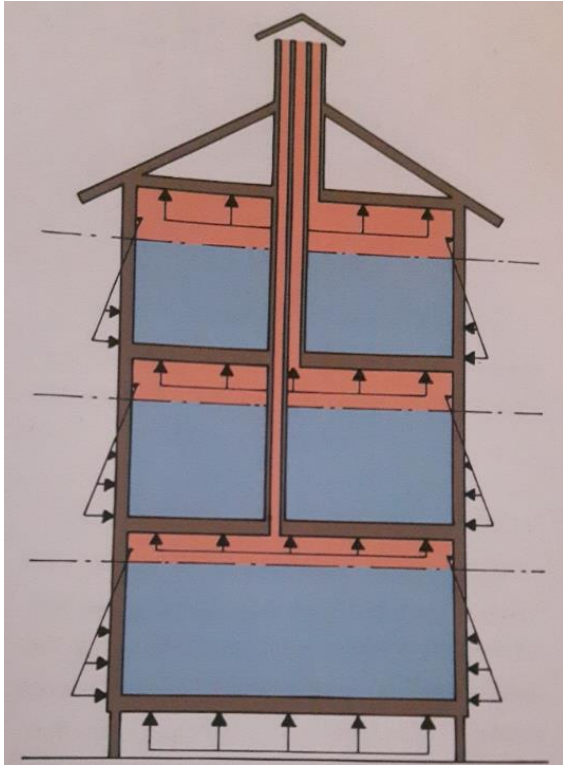
Rakennuksissa esiintyy ilmanpaine-eroja ja vaihteluita. Nämä vaikuttavat rakenteiden kosteus- ja lämpötekniiseen toimintaan kosteuden ja lämmön ohella. Ilmanpaine-eroja tarkastellessa kyseessä on niin sanottu savupiippuvaikutus ja tuuli. Lämmön osalta vaikuttavana tekijänä on rakennuksen lämmitys ja ilmanvaihto. (Siikanen 2008, 130.)

Ilmanpaine-eroja ja vaihteluita, mitkä johtuvat LVI-laitteista, savupiippuvaikutuksesta tai tuulesta, sanotaan pakotetuksi konvektioksi. Pakotetun konvektion syntymiseksi kuitenkin edellytetään, että rakenteissa ilmenee hieman epätiiveyttä, joka mahdollistaa rakenteen läpi kulkevan ilmavirtauksen. On olemassa myös luonnollista konvektiota, jota esiintyy lähinnä kerroksellisissa pystyrakenteisissa seinissä ja ikkunoissa. Luonnollinen konvektio johtuu ilman tiheyseroista ja esiintyy pystysuorana ilmavirtauksena. (Siikanen 2008, 130.)

4.3.1 Pakotettu konvektio

Savupiippuvaikutus syntyy, kun lämmennyt kevyempi ilma nousee ylöspäin, ja samalla alaspäin pyrkii kylmä raskaampi ilma. Huoneistoon syntyy yläosaan ylipaine ja alaosaan alipaine. Noin puolivälissä sijaitsee neutraaliakseli, minkä ilmanpaine on sama kuin ulkona vallitseva paine. Neutraaliakselin sijaintiin vaikuttavat kuitenkin esimerkiksi huoneiden ilmanvaihtohormit, tulisijat, avoimet ikkunat ja aukot. Varsinkin taloa lämmitettäessä savupiippuvaikutus voi aiheuttaa häiriintymättömään tilaan painetilanteen (Kuvio 11). Savupiippuvaikutuksen paine-erot

ovat pieniä, mutta pysyviä. Tämän vuoksi niillä on vaikutusta rakennuksen lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Savupiippuvaikutus on myös riippuvainen lämpötilaeroista ja huoneen korkeudesta. (Siikanen 2008, 130.)



Kuvio 11. Savupiippuvaikutus (Siikanen 2008, 131)

Suomessa ääneneristys- ja paloturvallisuusmääräykset edellyttävät ehdotonta ilmatiiviyttä välipohja- ja seinärakenteilta. Näin on varsinkin rakennuksissa, joissa on useita päällekkäisiä kerroksia. Tämän vuoksi ilmanpaine kuvio ylemmissä kerroksissa on suoraan verrannollinen ensimmäisen kerroksen ilmanpaine kuvioon. Savupiippuvaikutuksen painesuhteet kerrostaloissa tai muissa suurissa monikerroksisissa rakennuksissa ovat riippuvaisia poistoilmahormin pituudesta. Jos tällaisessa rakennuksessa on porrashuoneesta suora käynti eri kerrosten asuntoihin, voi ulko-ovien epätiiveys vaikuttaa kerrosten paine kuvioihin, jolloin ne eivät enää ole suoraan verrannollisia keskenään. (Siikanen 2008, 130–131.)

Tuuli vaikuttaa rakennuksen paine-eroihin ja suuruudeltaan ne ovat vaihtelevia, johtuen eri voimakkuuksiltaan iskeytyvistä tuulenpuuskista. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen koko, muoto ja maastonmuodot sekä ympäröivät toiset

rakennukset. Tuulenpaine kuvio voidaan kuvata, mutta se ei ole koskaan vakio tuulen pyörteisyyden takia. Varsinkin suurissa rakennuksissa tuuli täytyy ottaa huomioon esimerkiksi rakenteiden lujuuslaskelmissa, koska se voi aiheuttaa suuriakin yli- ja alipaineita lyhytaikaisesti myrskyn aikana. (Siikanen 2008, 131.)

Suurissa kohteissa tarvitaan lähes aina koneellinen ilmanvaihto, joka asettaa vaatimuksia rakenteiden tiivydelle. Koneellisesti aikaansaadaan ylipaine, joka edellyttää rakenteilta normaalia parempaa tiivyyttä ja kosteudenkestävyyttä, jotta voidaan varmistaa rakenteiden oikea kosteus- ja lämpötekkinen toiminta. (Siikanen 2008, 131.)

Koneellisesti huoneisiin synnytettyllä alipaineella on kyky imeä kylmää ulkoilmaa seinien läpi. Tunkeutuessaan syvemmälle rakenteeseen ja lähemmäs sisäilmaa, ulkoilma lämpenee ja suhteellinen kosteus pienenee. Tämä ilmanvaihtoratkaisu on turvallinen vaihtoehto kosteustekniikan kannalta, koska alipaineen avulla sisälle ulkoa virtaava kylmä ilma lämpenee ja samalla sen suhteellinen kosteus pienenee kuivattaen seiniä. Ilmavirtaus seinien läpi edellyttää hengittävää rakennetta, kuten esimerkiksi hirsirakennusta. Ilmalämmityksen ja koneellisen ilmanvaihdon sekä kylmien pintojen, kuten ikkunoiden osalta, täytyy kuitenkin muistaa, että ne lisäävät energiankulutusta ja voivat aiheuttaa negatiivista vaikutusta oleskeluviihtyvyyteen tilassa ilmenevien ilmavirtauksien vuoksi. (Siikanen 2008, 132.)

4.3.2 Luonnollinen konvektio

Lämmöneristävyyttä, seinien tiiveyttä ja kosteusteknistä toimintaa tarkastellessa, täytyy ottaa huomioon luonnollinen konvektio, jota esiintyy muun muassa eristeiden huokoisissa ulkoseinissä ja ikkunoiden ilmaraoissa. Paljon ilmaa sisältävässä lämmöneristeessä seinän sisäpinnan puolella oleva ilma lämpenee ja nousee ylös, kun taas eristeen ulkopinnan puolella oleva ilma jäähtyy laskeutuen alas. Näin syntyy seinän sisäinen luonnollinen ilmavirtaus, joka kuljettaa lämpöä ja kosteutta pitkin seinärakennetta. Tämä vaikutus on tiedostettava ja otettava huomioon seinärakenteen suunnittelussa. (Siikanen 2008, 132.)

Yläosastaan suljetuissa ja suuren höyrynvastuksen vahvan tuulensuojauksen takia omaavissa seinissä vaarana on kosteuden tiivistyminen ulkonurkissa vedeksi.

Lämmöneristeen sisäinen ilmanliikehdintä huonontaa lämmöneristeen tehoa ja jäähdyttää samalla alasidepuuta ja koko seinän alaosa, johon ilmatila rajautuu. Tämän yhdistelmän vuoksi vesihöyry voi tiivistyä kosteudeksi myös alaosassa, jos höyrynsulkumuovi sijoitetaan eristeiden väliin. (Siikanen 2008, 132–133.)

Eristeiden valintaa ja seinän suunnittelua tehtäessä tämä tulee ottaa huomioon ja muistaa, että mitä pienempi ilmanvastus valitulla eristeellä on, sitä suurempi on rakenteen luonnollinen konvektio. Eristepaksuuden kasvaessa suuremmaksi kuin 12 cm, seinän sisäinen ilmanliike kasvaa merkittäväksi. Tämä koskee vain pehmeitä mineraalivilloja, jotka ovat erittäin huokoisia ja sisältävät siten paljon ilmaa. Seinän sisäinen ilmavirtaus vaikuttaa pääasiassa vain myöhäisestä syksystä kevääseen eli niin sanotusti lämmityskaudella. (Siikanen 2008, 133.)

4.3.3 Ilmanpaine ja kosteus

Voimia tarkasteltaessa huomataan, että rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välillä vallitsevat vesihöyryn osapaine-erot voivat olla suuruudeltaan jopa useita satoja pascaleita (N/m^2). Ilmanpaineesta johtuvat paine-erot taas ovat vain muutamia pascaleita, mutta silti ne ovat merkittävämpiä kosteushaittoja rakennukselle, kuin vesihöyryn diffuusiosta syntyneet osapaine-erot. Mikäli sisätilassa vallitsee yli-paine, rakenteisiin pääsee pienestäkin reiästä tunkeutumaan suuri määrä lämmintä ilmaa. (Siikanen 2008, 133.)

Lämmin ilma kulkeutuu kohti ulkoseinän viileitä rakenteita ja pahimmassa tapauksessa tiivistyy vedeksi, kun taas pieni reikä höyrynsulkumuovissa ei aiheuta merkittäviä haittoja rakenteissa diffuusion voimasta. Kylmäsiltojen seinämiä suunniteltaessa diffuusio ja ilmanpaineen suunta tulee ottaa huomioon. Kosteusteknisen toiminnan kannalta rakenteet tulisi aina suunnitella niin, että rakennukset olisivat alipaineistettuja. (Siikanen 2008, 133.)

4.4 Lämpö

Rakenteessa tai tilassa lämpö voi siirtyä johtumalla, konvektion ilmavirtauksen mukana tai säteilemällä. Rakennusmateriaaleissa oleva kosteuspitoisuus mää-

räytyy pitkälti ympäristön kosteudesta ja lämpötilasta, joka tilassa vallitsee. Lämmönjohtavuus kasvaa sitä suuremmaksi, mitä enemmän kosteutta materiaali sisältää. Lämmönjohtavuuksia laskettaessa tämä materiaalien sisältämä kosteus ja vallitsevat olosuhteet otetaan huomioon ja sitä kutsutaankin nimellä normaali-lämmönjohtavuus. (Siikanen 2008, 135.)

Lämpökapasiteetti eli materiaalin lämmönvaraamiskyky on jokaiselle materiaalille omanlaisensa ominaisuus (Taulukko 2) luovuttaa ja vastaanottaa lämpöä. Puumateriaaleilla on erinomainen lämmönvaraamiskyky huolimatta sen keveydestä. Tästä on etua erityisesti täysihirsirakennusten osalta lämmityksessä ja lämmitysjärjestelmän valinnassa. Lämpökapasiteetin merkitys rakentamisessa korostuu, kun rakenteet, joilla on suuri lämpökapasiteetti altistuvat auringonvalolle ja pysyvät näin varastoimaan auringosta tullutta lämpöenergiaa itseensä. Päinvastoin tällainen rakenne kykenee myös tasaamaan huoneiston yllämpöä varastoimalla sen itseensä ja luovuttamalla sitä takaisin pikkuhiljaa huoneiston viilentyessä. Näin lämpötilanvaihtelut pysyvät pitempään tasaisempina. (Siikanen 2008, 137–138.)

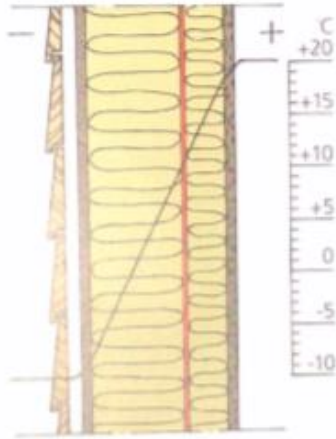
Taulukko 2. Yleisimpien materiaalien lämpökapasiteetteja (Siikanen 2008, 138)

	tiheys S kg/m ³	ominais- lämpö c Kj/kg K	tilavuus- lämpö- kapasiteetti c/vC kJ/m ³ K
puu	500	2,300	1150
puuaineinen rakennuslevy	600	1,500	900
kipsikartonki- levy	600	1,100	660
betoni	2300	0,840	1930
reikätiili	1500	0,800	1200
kevytbetoni	600	1,050	630
mineraali- villa	30	1,000	30
sahanpuru	200	2,300	460

Lämpökapasiteetin merkitys oleskeluviihtyvyyteen tai energiataloudellisuuteen rakennuksissa riippuvat monista eri tekijöistä. Tärkeimmiksi tekijöiksi voidaan lisätä itse rakennuksen sijainti. Paras sijainti rakennukselle on se, että aurinko pääsee esteettömästi paistamaan rakennukseen koko päivän ajan. Lämpökapasiteetin hyötysuhde kasvaa merkittävästi auringon lämmityksen seurauksena. Toiseksi merkittävimpana voidaan pitää ikkunan sijoittelua rakennuksessa. Paras tapa lämpökapasiteetin hyödyntämistä ajatellen on sijoittaa ikkunat etelänpuoleiselle seinälle, mistä aurinko paistaa päivällä kaikkein kuumimmin. (Siikanen 2008, 138–139.)

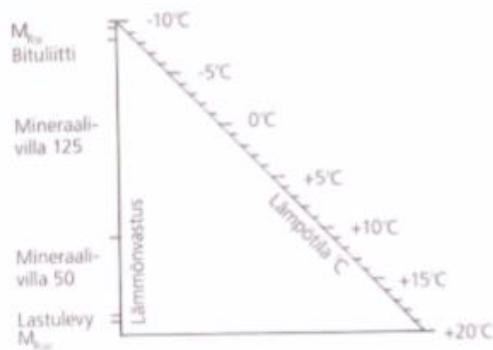
Sisäilmanlaatu asettaa omat vaatimuksensa lämpökapasiteetille. Tuuletuksen ja jäähtymisen aikana sisäilma olisi paras pitää mahdollisimman tasaisena, jolloin hyöty on suurin. Seinien eristyksellä on iso rooli lämpökapasiteetin kokonaisvaltaisessa määrittämisessä. Sisäpuolelle ei tulisi asentaa paksuja verhoiluja, jos halutaan säilyttää paras mahdollinen lämpökapasiteetti. Paksu verhoilu tekee seinän sisäpuolisen eristeen lämpökapasiteetin heikommaksi, kuin se todellisuudessa voisi olla. Prosentuaalisesti normaalisti rakennettavissa kohteissa lämpökapasiteetin hyöty on noin yhden prosentin, mutta sen huomioon ottaminen kasvattaa suuresti oleskeluviihtyvyyttä tasaisemman lämmön takaamisen vuoksi rakennuksessa. Lämpökapasiteetilla voidaan parhaimmillaan säästää myös asu-
miskustannuksissa. (Siikanen 2008, 138–139.)

Puurakenteisessa seinärakenteessa kosteustekninen toiminta ja sen arvioiminen edellyttävät seinärakenteen eri osien lämpötilojen määrittämisen (Kuvio 12). Lämpötilojen tiedon ansiosta voidaan määrittää todennäköisyys kosteuden esiintymiseen rakenteessa. (Siikanen 2008, 139.)



Kuvio 12. Lämpötilan määrittäminen rakenteessa (Siikanen 2008, 139)

Lämpötilojen määrittämisessä lämpövastukset oletetaan suoraan verrannollisiksi eri rakennusmateriaalien kanssa. Lämpötilat rakenteen eri osissa voidaan määrittää kahdella tavalla, kun tunnetaan kaikkien aineiden ja materiaalien lämmönvastukset, (Kuvio 13) sekä tiedetään rakenteen rajaavien tilojen lämpötilat. Lämpötilat on mahdollista määrittää, joko graafisesti suorakulmaisen kolmion avulla, tai laskennallisesti laskemalla. (Siikanen 2008, 139.)



Kuvio 13. Vaihtoehtoinen tapa määrittää rakenteen lämpötila (Siikanen 2008, 139)

Seinärakenteessa olevaa rakenneosaa, joka yleensä ulottuu lämmöneristeen läpi yhdistäen tai jäykistäen rakenteet toisiinsa, sekä johtaen paremmin lämpöä kuin ympärillä olevat materiaalit, kutsutaan kylmäsillaksi. Kylmäsilta aiheuttaa usein kosteuden tiivistymistä rakenteessa ja sitä kautta haihtuu lämpöä, aiheuttaen energian ja lämmönhukkaa. (Siikanen 2008, 140.)

Yleisimmät tiedossa olevat kylmäsilat rakenteissa ovat metalliset kannakkeet, jotka ovat välttämättömiä pitämään rakenteet kasassa. Samanlaisia ovat myös kantavat ja suojaavat betonirakenteet. Puun lämmönjohtokyky on hyvä, mutta se ei siltikään muodosta kylmäsiltaa rakenteessa, eikä aiheuta kosteuden tiivistymistä materiaalin pintaan. (Siikanen 2008, 140.)

Rakennukseen joudutaan kuitenkin lähes poikkeuksetta tekemään yksittäisiä kylmäsiltoja, johtuen talotekniikasta, kiinnityksistä, liitoksista, pilareista tai muista rakenteellisista ratkaisuista. Tällaisia yksittäisiä poikkeuksia ei tarvitse ottaa huomioon lämmönläpäisykertoimia määrittäessä, koska vaikutukset kokonaisuutena ovat niin vähäiset. (Siikanen 2008, 140.)

4.5 Kosteus ja vesihöyryn konvektio

Kaikilla huokoisilla aineilla ominaista on, että ne sisältävät aina jonkin verran kosteutta. Kosteuden määrä on suoraan verrannollinen ympäristön kosteuteen ja lämpötilaan. Rakenteen kosteutta tarkastellessa tulee ottaa huomioon mahdolliset muuttuvat olosuhteet, jotta saataisiin mahdollisimman monipuolinen ja luotettava mittaus rakenteen todellisesta kosteusvaihtelusta. (Siikanen 2008, 143.)

Ulko- ja huoneilmassa oleva kosteus tunkeutuu rakenteeseen diffuusion muodossa, jonka aiheuttaa vesihöyryn osapaine-ero. Vesihöyry voi myös siirtyä rakenteeseen konvektion vaikutuksesta eli rakenteen eripuolilla vallitsevan ilmanpaine-eron esiintymisestä. Ilmavirtauksen avulla liikkuva vesihöyry siirtyy alenevaan kokonaispaineen suuntaan. Tätä siirtymistä kutsutaan vesihöyryn konvektioksi. Kylmien vuodenaikojen aikana rakenteen toimivuuden varmistamiseksi halkeamat ja reiät sekä raot on hyvä käydä läpi ajoittain. Ilmanpaine-eron vaikutuksesta pienestäkin raosta voi ilmavirta kuljettaa huomattavia määriä kosteutta rakenteeseen normaaliin diffuusioon verrattuna. (Siikanen 2008, 144–146.)

4.5.1 Vesihöyrynvastus ja diffuusio

Vesihöyryn virratessa rakenteisiin, vaikuttaa siihen käänteinen suure hidastaen vesihöyryn läpäisevyyttä. Tätä kutsutaan vesihöyrynvastukseksi. Rakennustarvikkeiden ja -aineiden normaalit vesihöyrynvastukset saadaan lähes poikkeuksetta valmiista taulukoista. Vesihöyryn vastuksen yksikkö on $\text{m}^2\text{sPa/kg}$. (Siikanen 2008, 147.)

Rakenteissa käytetään yleensä tuulensuojalevyjä ja erilaisia rakennuslevyjä. Näiden vesihöyrynvastus on riippuvainen suoraan ympäröivästä tilasta ja sen lämpötilasta ja kosteuspitoisuudesta. Rakennuspapereita käytettäessä höyrynvastuksina kuivissa olosuhteissa sen höyrynvastus voi olla jopa viisinkertainen, kun vertaa saman paperin höyrynvastusta kosteissa mittausolosuhteissa talvella. (Siikanen 2008, 147.)

4.5.2 Puuseinän toiminnallinen suunnittelu

Puurunkoinen seinä täytyy suunnitella siten, että kosteutta ei tiivisty liikaa rakenteisiin. Puhutaan lämpö- ja kosteustekniikasta, jossa määritetään diffuusiokosteuden liikkuminen rakenteissa. Diffuusiokosteutta laskettaessa täytyy ensin selvittää rakenteen eri osien lämpötilat, ainekerrosten vesihöyrynvastukset, lämpötiloja vastaavat kyllästymispaineet ja suhteellinen kosteus seinän sisä- ja ulkopuolelta. Jotta seinää voidaan tarkastella kosteusteknisesti oikein, vesihöyryn osapaineen oletetaan muuttuvan samassa suhteessa kuin vesihöyrynvastukset muuttuvat ainekerroksissa. (Siikanen 2008, 148.)

Matemaattisesti voidaan laskea lämmöneristyksen ainekerrosten höyrynvastukset ja huomata, että sisäpuolisten ainekerrosten höyrynvastukset voivat olla alle PE-muovikalvojen tason ja rakenne on edelleen toimiva myös kylmissä olosuhteissa. Mittausten avulla voidaan päätellä kuivissa tiloissa käytettävän sisäpuolisen ainekerroksen yhteenlasketun höyrynvastuksen olevan viisinkertainen ulkopuoliseen vastukseen verrattuna. Vesihöyryn konvektio tulee suunnitellessa ottaa huomioon ja eliminoida kokonaan pois. Samalla rakennekosteuden on oltava erittäin vähäistä. (Siikanen 2008, 148.)

4.5.3 Rakennekosteus

Rakennekosteudesta puhuttaessa ei tarkoiteta kosteutta, joka on päässyt valmiiseen rakenteeseen konvektion tai diffuusion avulla vaan esimerkiksi varastoinnin tai rakentamisen aikana rakennusaineisiin tai tarvikkeisiin imeytynyttä ylimääräistä kosteutta. Puutavaran varastointiin täytyy kiinnittää työmaalla huomiota, eikä sitä saa päästää kastumaan. Uudisrakentamisessa rakennekosteus voi olla ongelma nykyisten tiiveysvaatimusten vuoksi, eikä rakenne välttämättä pääse kuivamaan ja haihduttamaan kosteutta pois, vaan jää rakenteisiin. Liian suuri rakennekosteus voi aiheuttaa homeongelmia ja lahovaurioita, jotka vaikuttavat suoraan sisäilman laatuun ja viihtyvyyteen. Rakennusteknisesti ongelma voi tulla myös tiiveyden kanssa, kun puu aikanaan kuivuu ja kutistuu, se liikkuu ja aiheuttaa epätiiveyttä rakenteissa. (Siikanen 2008, 148.)

Rakennekosteus on yksi yleisimpiä kosteuslähteitä maakosteuden ja putkivuotojen jälkeen. Yleisin syy rakennekosteudelle löytyy työmaalta virheellisestä rakennustarvikkeiden suojauksesta. Kosteudelle alttiit materiaalit suojataan yleensä vain peitteillä, kun niitä tulisi säilyttää katetuissa ja kuivissa tiloissa, joissa on kuitenkin hyvä tuuletus. Tarvikkeiden toimitus olisi hyvä ajoittaa siten, ettei varastointiaika työmaalla ole kuin muutaman päivän, jolloin vaara kastumiselle ja kosteuden imeytymiselle on pieni. (Siikanen 2008, 148.)

Puutuotteissa esiintyy aina hieman kosteutta. Hyvä kosteuspitoisuus lämpimiin sisätiloihin on noin kymmenen prosenttia ja ulkopuolisiin kylmiin tiloihin 20 prosenttia. Sallittu kosteuspitoisuus on suoraan verrannollinen puutavaran käyttökohtaan rakennuskohteessa. Sisäverhouslaudat, listat ja liimapuutavaroiden kosteuspitoisuus saa olla enintään 16 prosenttia. Asennettaessa sisäpintoihin verhousta paikalleen puumateriaaleista tulee sisäilman kosteuspitoisuuden olla lähellä lopullista käyttötilaa. Tarpeen vaatiessa puutavaran kosteuspitoisuus on aina mitattava työmaalla kosteusmittarilla. (Siikanen 2008, 148.)

Uudisrakentamisessa tulee huomioida kaikki huonetilan suhteellista kosteuspitoisuutta nostavat materiaalit. Betonia käytettäessä huonetilan kosteuspitoisuus on ennen kuivumista suurempi, kuin vastaavasti puusta rakennettaessa. Yleisesti

käytössä oleva betonin kuivattaminen, eli lämpötilan hetkellinen nostaminen huoneilassa kuivattaa betonia nopeammin. Betonilattiasta nouseva kosteus siirtyy huoneilmaan, josta se taas siirtyy rakenteisiin. (Siikanen 2008, 148–150.)

Sisäpuolisen lämmöneristeen alle asennettu höyrynsulkumuovi voi aiheuttaa kosteuden tiivistymisen muovin pintaan, ja kastelee rakenteet. Tästä voi ajan myötä kehittyä mikrobikasvustoa rakenteisiin. On varmistuttava, että betonilattia on tarpeeksi kuiva, ennen kuin se päällystetään esimerkiksi muovimatolla. Muovimaton alle jäänyt kosteus on myös yksi iso riskitekijä ja aiheuttaa mikrobikasvustoa. Nämä molemmat vaikuttavat negatiivisesti huoneistojen sisäilmaan. (Siikanen 2008, 150.)

Sisäilmaongelmien ja mikrobikasvustojen sekä homesienien välttämiseksi on syytä kuivattaa rakenteet ja huoneilma, sekä nostaa lämpötila normaaliolosuhteisiin ennen kuin aletaan tekemään viimeisteleviä sisätöitä, kuten pintalevytystä. Yksi vaihtoehto on käyttää höyrynsulkumuovin sijasta eristyspaperia, joka läpäisee kosteutta. Varmistavana tekijänä voidaan pitää myös kosteuden suoraa liikumisen estämistä rakennustarvikkeiden välillä. Tämä voidaan estää rakenteellisesti. (Siikanen 2008, 150.)

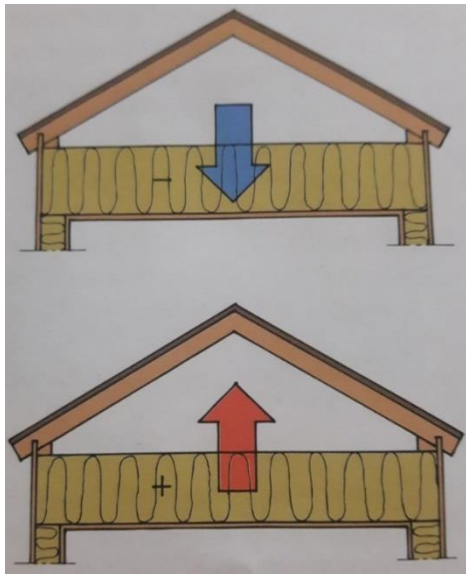
4.5.4 Hengittävä rakenne

Tiloihin ja asuntoihin, joissa on suuria kosteuden muutoksia, voidaan suunnitella niin sanottu hengittävä rakenne. Hengittävällä rakenteella on aina suuri kosteuskapasiteetti, joka tasaa kosteuskuorman vaihteluita. Huoneilmassa vallitseva ylimääräinen vesihöyry varastoituu rakenteisiin hygroskooppisena kosteutena. Kuivemman kauden aikana vesihöyry haihtuu nopeasti rakenteista sen hengittävyys-toimesta. (Siikanen 2008, 150.)

Hengittäviksi rakenteiksi voidaan luokitella kaksi rakennetyyppiä, joista toinen koostuu ainekerroksista, jotka läpäisevät vesihöyryn diffuusion. Näin ollen puukuituinen hygroskooppinen lämmöneriste on suoranaيسessa vuorovaikutuksessa huoneilmassa vallitsevaan kosteuteen. Toisen rakennetyypin sisäpinnassa on suuren kosteuskapasiteetin omaava kerros, joka on suoraan kosketuksissa si-

säilman kosteuden kanssa. Näihin materiaaleihin voidaan lukea esimerkiksi massiivipuu ja vaneri. Betonirakentamisen tueksi on mahdollista päällystää sisäpinnat puukuitupohjaisella pintalevyllä, joka on omiaan tasaamaan vuorokautisia kosteusvaihteluita. (Siikanen 2008, 150–151.)

Kaasujen tilanyhtälö tarkoittaa sitä, että vakioaineessa ja vakioämpötilassa oleva ilmamäärän tilavuus on vakio. Tähän perustuu yläpohjan pumppausvaikutus (Kuvio 14). Yläpohjassa vallitsevan tilavuuden ollessa muuttumaton, lämmin ilma nousee ylös ja vie mukanaan kosteutta, kuivattaen yläpohjaa. Ulkoa virtaa samassa sama määrä viileää kuivaa ilmaa sisälle yläpohjaan. Pumppausvaikutus on tehokkaimmillaan suurten lämpötilavaihteluiden aikaan, ja toimii parhaiten suuren kosteuskapasiteetin omaavien lämmöneristeiden yhteydessä. (Siikanen 2008, 151.)



Kuvio 14. Pumppausvaikutus (Siikanen 2008, 150)

Hengittävä rakenne ei koskaan korvaa hyvää ilmanvaihtoa. Ilmanvaihdon puuttuessa tai ollessa puutteellinen, auttaa hengittävä rakenne pitämään sisäilman huomattavasti paljon viihtyisämpänä ja terveempänä. Hengittävät rakenteet toimivat myös hiilidioksidin diffuusion nieluna ja tasaavat sitä esimerkiksi yöaikaan nukuttaessa. Hengittäviä rakenteita ei saa kuitenkaan pintakäsitellä sellaisella

materiaalilla, mikä aiheuttaa hygroskooppisen toiminnan lakkaamisen. (Siikanen 2008, 151.)

4.5.5 Sadevesi

Sataessa, vesi kuormittaa seinärakenteita ja vesikattoa. Vedenpaine kohdistuu suurimmilta osin vesikattoon, mutta on riskitekijä myös seinämärakenteissa. Viistosade tuulen vaikutuksesta tulee ottaa huomioon seinämärakenteita suunniteltaessa. Voimakkaan tuulen vaikutuksesta vesi voi päästä julkisivuverhouksen rakoihin ja jopa nousta seinää pitkin ylöspäin kohti yläpohjaa ja yläpohjan ja seinämärakenteen liitosta. (Siikanen 2008, 151.)

Seinään tulee jättää tuuletusrako, jota kautta rakenteeseen päässyt kosteus pääsee haihtumaan pois. Muita sateen vaikutuksia ovat esimerkiksi roiskevesi maanpäällisessä kerroksessa ja vajovesi, mikäli rakennuksessa on maanalainen kellarikerros. Sateen rasituksia välttääkseen, yksinkertaisin tapa on suunnitella riittävän leveät räystäät ottamaan vastaan veden ja torjumaan liian suuret rasitukset. (Siikanen 2008, 151.)

4.6 Ääneneristys ja meluntorjunta

Olennainen vaatimus rakennusten äänieristyksessä on, että normaalilla toiminnalla aiheutetun melun vaikutus ei kantaudu asunnosta toiseen häiritsevästi. Melu on äänieristettävä niin, ettei se aiheuta haittaa terveydelle tai keskittymiselle työskentelyssä, eikä melu ole niin kova, että se kuuluisi häiritsevän kovalla äänellä nukuttaessa. Suunniteltaessa rakennusta, on hyvä ottaa huomioon äänieristävyiden lisäksi myös tilat ja niiden sijoittelu, joissa tuotetaan voimakkuudeltaan suurimmat äänet. Esimerkiksi yläkerran WC:stä voi kantautua hyvin alakertaan pesukoneen linkousääni, jolloin ei voi suositella sijoitettavaksi pesuhuonetiloja siten, että suoraan alapuolella olisi makuuhuone. (Siikanen 2008, 153.)

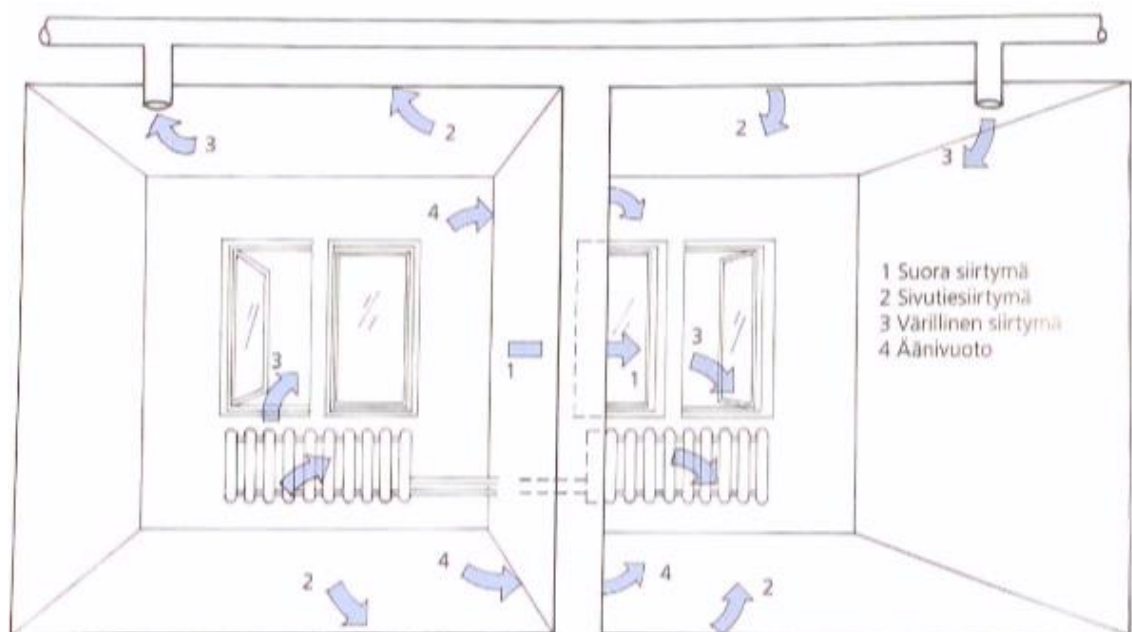
Vielä tänäkin päivänä pidetään erityisesti puurakentamisessa ääneneristävyttä ja palonkestoa heikkoutena, vaikka asia ei olekaan niin yksinkertainen. Oikeilla

rakennerratkaisuilla puulla on mahdollista saavuttaa erittäin hyvä ääneneristävyyttä. Puurakenteita toteutettaessa ei välttämättä kiinnitetä niin suurta huomiota ääneneristävyyteen kuin pitäisi, jolloin tuloksena voi olla heikko ääneneristys. (Siikanen 2008, 153.)

4.6.1 Ilmaääneneristys ja sivutiesiirtymä

Ilmaääneneristykseen rakenteissa on useita vaikuttavia tekijöitä. Paino ja kerroksellisuus ovat olennaisia tekijöitä, mutta myös tiiveys, liitokset ja rakenteisiin tehtävät reiät ovat olennaisessa osassa äänensiirtymisessä ja näin ollen ääneneristyksessä. (Siikanen 2008, 153.)

Ääni voi kulkeutua monella tavalla asunnosta toiseen (Kuvio 15). Yksi mahdollinen äänen siirtymismuoto on sivutiesiirtymä. Sivutiesiirtymällä tarkoitetaan äänen kulkeutumista monien reittien yhteisvaikutuksesta asuntojen välillä. Tällaisia ovat esimerkiksi ikkunat, patterit ja rakenneosat joiden yhteysvaikutuksesta ääni voi tavoittaa toisen asunnon. Äänenkulku pyritään katkaisemaan hyvillä kerrosrakenteilla ja asentamalla niihin tarvittavat määrät ääntä ehkäiseviä huokoisia eristeitä. Yksi hyvä tapa on rakentaa kerrosrakenteita, joissa äänisillat ovat katkaistu. (Siikanen 2008, 154.)



Kuvio 15. Äänen mahdolliset siirtymätiet rakennuksessa (Siikanen 2008, 154)

Yksinkertainen rakenne, esimerkiksi hirsi tai massiivihirsirakenne on lähinnä riipuvainen ainoastaan rakenteen pinta-alasta. Mitä massiivisempi rakenne on, sitä parempi ääneneristävyys rakenteella on. Isot monikerroksiset rakenteet ovat monimutkaisempia ja niissä täytyy ottaa huomioon myös kerroksien keskinäinen etäisyys. Yleensä massiivirakenteita lukuun ottamatta, puurakenteet ovat keveitä ja kerroksellisuus on yleistä, jotta saavutetaan riittävä ääneneristävyys. Rakenteissa on näin ollen myös liitoksia ja on varmistuttava siitä, että liitokset ovat riittävän tiiviitä, eikä ääni pääse liitosten kautta siirtymään tilasta toiseen. Ääneneristävyyttä parantaa myös huokoinen lämmöneriste levyjen välissä. (Siikanen 2008, 153–154.)

4.6.2 Rakenteiden äänieristävyys

Yleisesti parasta ääneneristävyyttä yksikerroksisissa rakenteissa pidetään suu- rilla, massiivisilla tiili- ja betonirakenteilla. Seinärakenteen paksuuden tuplaami- sessa ääneneristävyys paranee jopa kuusi desibeliä (dB). Taloudellisesti ajatel- len ei välttämättä ole viisasta tehdä erittäin paksua kiviseinää vain sen vuoksi, että saataisiin hyvä ääneneristävyys. Taloudellisesti voidaan pitää ilmaäänieris- tävyyden maksimilukua kiviseinissä 56 dB. (Siikanen 2008, 154.)

Puisissa kerrosrakenteissa, varsinkin tilaelementtirakentamisessa ääneneristä- vyys (Kuvio 16) ei tuota ongelmaa. Puhutaan enintään kahdeksankerroksisista rakennuksista, joissa on mahdollista tehdä runko joustavaksi ja tilaelementit ikään kuin roikkuvat jousimaisesti rakenteessa paikoillaan. Tilaelementtien väli- nen ilmarako on avainasemassa äänieristävyyden parantamiseksi puukohteissa, Jwoodin toimitusjohtaja Jouni Liimatainen kommentoi. Ilmarakoa täytyy olla vä- hintään viisi senttimetriä huoneistojen välillä, jolloin päästään rakennusmääräys- ten mukaisiin äänieristävyyssarvoihin puuelementtirakentamisessa. Liimatainen huomauttaa, että äänieristävyys puurakenteissa täytyy tuntea hyvin, sillä ilman vankkaa ammattitaitoa, puurakenteissa voidaan tehdä suhteellisen helposti vää- riä rakenneratkaisuja, tuloksena liian vähäinen äänieristävyys. Liimatainen jat-

kaa, että toinen mahdollinen paikka parantaa äänieristävyyttä on huomioida tilaelementtien kiinnityskohdat ja asentaa niiden ympärille äänieristyslevyä. (Liimatainen 2018.)



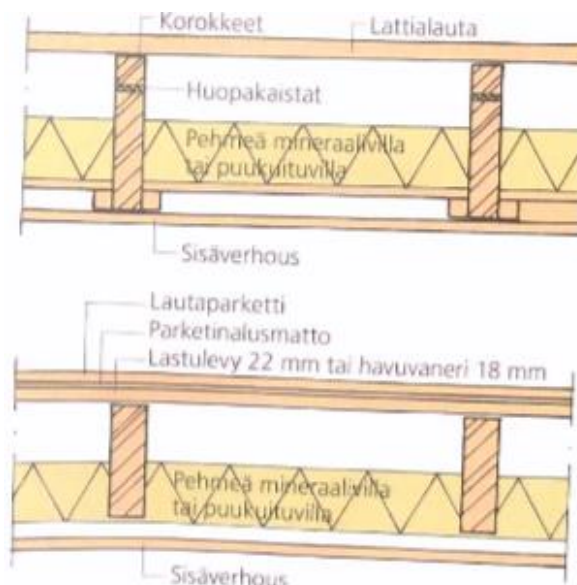
Kuvio 16. Tilaelementin asennus (Jwood Ky 2018)

Liimatainen kertoo, että äänieristävyys tuottaa haasteita vasta suuremmissa kuin kahdeksankerroksisissa puurakennuksissa. Jwood Ky suunnittelee 12-kerroksinen puurunkoinen kerrostalo, jota ei voi enää tehdä jousirunko-menetelmällä eli joustavalla rakenteella. Täytyy käyttää kiinteää runkorakennetta, Liimatainen lisää. Tämäkin ongelma on ratkaistavissa, mutta se on kustannusteknisesti kalliimpi ratkaisu. Yhdessä tilaelementissä on ikään kuin kaksi tilaelementtiä yhdessä. Ulompi elementin kuori on kiinteä ja jäykkä runkorakenne, jonka sisään rakennetaan varsinainen tilaelementti, jossa asunto sijaitsee. Liimatainen kertoo, että sisempi elementti on jousirunko-menetelmällä kiinni ulommassa elementissä, joka on sama periaate kuin korkeintaan kahdeksankerroksisissa rakennuksissa. Liimatainen jatkaa, että kustannuksellisesti tuplatilaelementin rakentaminen on hieman kalliimpaa, suuremman työmäärän ja materiaalin käytön takia. (Liimatainen 2018.)

4.6.3 Puuseinärakenne

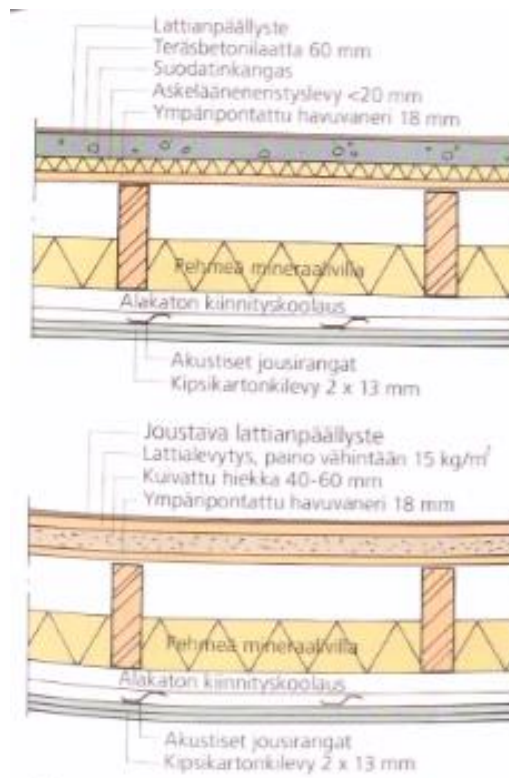
Kerrosrakenteissa puuseinissä päästään helpostikin parempiin arvoihin ilmaääneneristävyydessä, kun verrataan yksikerroksisia massiivirakenteita. Parhaimmillaan puusta tehdyssä kerroksellisessa kantavassa seinässä ääneneristävyytluku on jopa 63 dB. Palomääräykset asettavat kuitenkin tiukat kriteerit puun käytölle seinämärakenteissa. (Siikanen 2008, 155.)

Kantavaa ja osastoivaa kerroksellista puurakennetta voi palomääräysten mukaan käyttää korkeintaan kaksikerroksisiin kytkettyihin tai sitä matalampiin rivitaloihin ja enintään nelikerroksisiin toimi- ja asuinrakennuksiin. Asuinrakennuksissa vähimmäisvaatimuksena ilmaääneneristävyydelle on 55 dB huoneistojen välisiltä seiniltä. Näissäkin täytyy ottaa huomioon sivutiesiirtymät ja ne on katkaistava mahdollisimman tehokkaasti. Tällainen tyypillinen rakenne käsittää kaksi eri rakennetta, joissa molemmissa on välissä huokoinen lämmöneriste parantamassa ääneneristävyyttä, mutta se myös parantaa osaltaan lämmöneristävyyttä ja huonekohtaisia lämmönsäätöominaisuuksia. Tyypillistä on jättää rakenteiden väliin yksi kymmenen millimetriä leveä ilmarako (Kuvio 17), joka niin ikään parantaa ääneneristävyyttä. (Siikanen 2008, 155–157.)



Kuvio 17. Huoneiston sisäisessä välipohjassa huopakaista ja ilmaraojen parantavat ääneneristävyyttä (Siikanen 2008, 157)

Yksi puurunkoisen seinämärakenteen ongelmakohtiksi muodostuu ääneneristävyyden ja värähtelyn yhteensovittaminen (Kuvio 18), niin että molemmat täyttävät niille annetut vaatimukset. Värähtelyä tarkasteltaessa resonanssitaajuus täytyisi pysytellä 2 500 hertsin (Hz) alapuolella, kun taas levyjen rajataajuus sen yläpuolella. Tämä ongelma koskee kevyitä puurunkoisia kantavia ja kantamattomia seinärakenteita. (Siikanen 2008, 157.)



Kuvio 18. Huoneiston erottavassa välipohjassa askeläänieristyslevy ja jousirangat sekä kuivattu hiekka joustavan lattiapäällysteen kanssa (Siikanen 2008, 157)

Käytettäessä seinissä korkeintaan 10–12 mm lastulevyä, saadaan rajataajuus pysymään tärkeimmän äänialueen yläpuolella. Yli sallittavan levymäärän käyttäminen heikentää rakenteen eristävyttä äänialueen ylätaajuuksilla. Toisaalta taas seinän resonanssitaajuuden riittävän alhaalla pitäminen edellyttää 95 millimetrin

ilmarakoa pintalevyjen välissä. Ilmaväliä pienennettäessä seinärakenteen eristävyys alataajuuksilla heikkenee. Tämän seurauksena ääntä eristävän seinän pienin suositeltava tolppakoko on 38 kertaa 95 millimetriä. (Siikanen 2008, 157.)

4.6.4 Välipohjat

Ääneneristävyysmääräykset eivät koske välipohjia, jotka eivät ole osastoivia. Tällaisia ovat esimerkiksi huoneiston sisäiset välipohjat. Käytännössä sillä on merkitystä vain viihtyvyyden kannalta, kun tiloja on useammassa kuin yhdessä kerroksessa ja niiden välille halutaan hyvä ääneneristys. (Siikanen 2008, 157.)

Puukohteissa käytetään yleensä myös puuvälipohjaratkaisuja, mikäli se on rakennusteknisesti mahdollista. Välipohja toimii samalla osastoivana rakenteena, ja koska huoneistojen välinen välipohja on osastoiva rakenne, määrätään sille palo- ja ääneneristävyysvaatimukset. Puuvälipohjassa suurin ääniongelmia johtuu palkeista, jotka kuljettavat hyvin ääntä. Eristeen laadulla ja paksuudella ei ole suurien palkkien kanssa sinänsä merkittävää vaikutusta. Suurimman hyödyn takaa äänisillan katkaiseminen ja hyvä tiiveys liitoskohdissa. (Siikanen 2008, 157–158.)

Ilmaäänieristyksessä pätee samat määräykset ja säännöt niin välipohjissa kuin seinissäkin. Ääneneristysvaatimukset ovat vaikeita, mutta eivät mahdottomia saavuttaa puukohteissa. Täytyy tehdä hieman erikoisempia ratkaisuja, kuten esimerkiksi ripustaa välipohjan levytykset jousirangan varaan. (Siikanen 2008, 158.)

4.6.5 Askeläänieristys

Periaatteessa askelääni on samanlaista kuin ilmaääni. Se kulkeutuu samalla tavoin samoja kanavia pitkin huoneistosta toiseen kuin ilmaäänikin. Molemmat huomioitaessa ääneneristävydessä, suositellaan käytettäväksi joustavaa sisäkattoa ja kelluvaa lattiarakennetta. Mitä enemmän alakatot ja lattiat ovat kiinnittyneinä suuriin palkkeihin kantavissa rakenteissa, sitä huonompi ääneneristävyys on. (Siikanen 2008, 158.)

Kelluvassa lattiassa tärkein ominaisuus on, ettei se ole kiinni kantavissa rakenteissa, vaan se erotetaan välipohjapalkistosta joustavalla materiaalilla. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi huopakaista, elastinen kitti tai askeläänieristyslevy. Puukerrostaloissa heikkoutena on runkoääninä etenevät matalat taajuudet, joita asuinkäytössä aiheutuu normaalisti lähinnä pyykinpesukoneesta. (Siikanen 2008, 158.)

4.6.6 Äänenvaimennus

Ääneneristävyys ja ääneneristävyysmääräykset eivät välttämättä riitä yksin tarkastelemaan ääntä rakenteessa kovinkaan monipuolisesti. Usein keskitytään liiaksi seinärakenteen desibelivaatimuksiin. Häiriöäänet voivat päätyä naapurihuoneistoon, vaikka rakennus olisikin rakennettu määräysten mukaisesti. Täytyy ottaa huomioon muutkin akustiset näkökohdat, kuten vallitseva melutaso ja pintojen absorptio. (Siikanen 2008, 160.)

Akustiikka soveltuu muuallekin kuin konserttitaloon tai luentosaliin. Suurissa julkisissa kohteissa voi hyvin olla yhdistetty esimerkiksi päiväkotia, liikuntasali ja peruskoulu, johon kuuluu esimerkiksi musiikkiluokka, jossa desibelit voivat nousta suuremmiksi kuin normaalisti. Huoneissa syntyvää melua voidaan vaimentaa ja tehdä huoneen pinnat ääntä vaimentaviksi ja imeviksi. Rakenteiden äänenvaimennus taajuus on yleensä 125–4 000 Hz eli varsin laaja äänialue, joka peittää koko normaaliäänialueen. (Siikanen 2008, 160.)

Hyviä absorptiomateriaaleja ovat huokoiset materiaalit. Materiaaliominaisuuksiin vaikuttavat materiaalin paksuus, sekä materiaalin ja äänilähteen välinen etäisyys. Jos absorptiomateriaalia ei ole mahdollista asentaa tarvittavan paksusti tai etäisyys ei riitä takaamaan tarpeeksi hyvää vaimennusta, voi matalimmat äänet kuulua rakenteen läpi toiseen tilaan. Jotta myös matalat taajuudet saadaan vaimennettua, on mahdollista tehdä niin sanottuja resonaattorirakenteita. Nämä tehostavat äänenvaimennusta entisestään. (Siikanen 2008, 161.)

Vaimennettava pinta verhotaan rei'itetyllä ohuella levyllä, joka imee tehokkaasti ääntä itseensä. Resonaattorirakenteita voidaan hyödyntää myös massiivisen kiviaineisen seinän ääneneristävyydessä. Voidaan käyttää esimerkiksi jäykkää

puukuitulevyä, jonka alle tulee korokkeet ja korokkeiden väliin jäänyt ilmatila täytetään huokoisella eristeellä. Näin voidaan saavuttaa jopa 12 dB lisää ääneneristävyydessä. Akustisia ominaisuuksia löytyy myös sellaisenaan puisista sisäverhouksista, jotka yhdessä rakenteen takana olevan ilmatilan kanssa parantavat ääneneristävyyttä ja äänenvaimennusta huomattavasti. (Siikanen 2008, 161.)

5 PUUN PALONKESTÄVYYS

Yleisesti ilman syvempää pohdintaa on tiedossa, että puu palaa hyvin. Ilman tutkimuksia monet voivat todeta puurakennustenkin palavan hyvin. Asia ei kuitenkaan ole näin yksinkertainen, sillä puun käyttäytyminen tunnetaan tulipalotilanteessa hyvin. Näin voidaan suunnitella turvallisia puurakennuksia, jotka paloluokiltaan ja palamattomuudellaan vetävät vertoja teräs- ja betonirakennuksille. (Siikanen 2008, 164.)

Tulipalon sattuessa seuraa kolme eri vaihetta. Syttymisvaihe, palamisvaihe ja jäähtymisvaihe. Huoneessa syttynyt tulipalo alkaa hitaasti ja nousee pikkuhiljaa lähelle 400 celsiusastetta. Tässä vaiheessa huoneesta on käytetty lähes kaikki happi palamisen johdosta. Ikkunan rikkoutuessa tai oven avautuessa virtaa suuri määrä lisähappea huoneistoon ja hiiltynyt, äskettäin hitaassa palamisvaiheessa ollut materiaali, alkaa palaa räjähdysmäisesti. Tämän jälkeen lämpötila nousee huoneistossa nopeasti jopa 1 200°C asteeseen. Alkaa toinen eli palamisvaihe. Kolmas vaihe käynnistyy, kun kaikki palava materiaali on palanut, jolloin lämpötila laskee varsin nopeasti, kun palo alkaa sammua. (Siikanen 2008, 164.)

5.1 Puun palotekniset ominaisuudet

Kaikki puupohjaiset tuotteet luokitellaan palaviksi materiaaleiksi, jolloin puu tarvitsee vain oikean lämpötilan ja happea palaakseen. Syttymiseen ja syttymisnopeuteen vaikuttavat ympäröivä lämpötila ja materiaalin kosteuspitoisuus sekä se, kuinka suuri lämpösäteily pintaan kohdistuu. Puun normaali syttymispiste on noin 300°C ja maksimi lyhytaikainen ja turvallinen käyttölämpötila on 150°C. (Siikanen 2008, 165.)

Rakenteille asetetaan erilaisia palovaatimuksia. Ensinnäkin yleensä määrätään aika, jonka kantava rakenne tulee kestää, jos siihen kohdistuu tulipalo. Teräsrakenteet täytyy aina suojata kuumuutta vastaan. Puu ei tarvitse välttämättä erillistä suojausta, vaan puulla on kyky suojautua kuumuutta vastaan luonnollisesti hiiltymällä. Hiiltymä suojaa rakennetta, jolloin lämpötila ei pääse tunkeutumaan sy-

vemmälle rakenteeseen yhtä nopeaa kuin se alkaa palaa pinnasta. Tällaisia kantavia puurakenteita ovat esimerkiksi palkit ja pilarit, mutta vain jos se täyttää riittävän kanto ja suojaamiskyvyn, joka määräyksissä lukee. (Siikanen 2008, 165.)

5.1.1 Liitosten ja kantavien puurakenteiden palonkestävyys

Massiivipuuta on hyvä kantava rakenne, joka koosta riippuen ei tarvitse palosuojausta 30–90 minuutin palonkestoajalla. Kantavien puurakenteiden palonkestoaikaa määriteltäessä käytetään yleensä hiiltymisnopeutena (Taulukko 3) standardipalossa seuraavanlaisia ohjeellisia arvoja. (Siikanen 2008, 165.)

Taulukko 3. Hiiltymisnopeuden standardiarvoja suojaamattomilla puumateriaaleilla (Lahtela 2018, 10)

Materiaali	Hiiltymisnopeus
rakennepuutavara mänty	0,8mm/min
lehtipuu tiheys yli 450kg/m ³	0,5mm/min
liimapuu	0,7mm/min
viilupuu	0,7mm/min
lastulevy SFS 3515 ja SFS4152	0,9mm/min
Kova-, ja puolikova kuitulevy	0,9mm/min
SFS 2190	1,0mm/min
havupuuvaneri SFS 4092	1,0mm/min
koivuvineri	1,0mm/min

Näitä hiiltymisnopeuden perusarvoja käytetään mitoittaessa isoja suojaamattomia puurakenteita, kuten massiivipuuta ja liimapuuta. Suojatut puurakenteet esilämpenevät suojakerroksen palaessa ja palo alkaa puussa nopeammin, kun suojakerros loppuu. Näitä arvoja ei voi käyttää suojatuissa puurakenteissa, koska hiiltymisnopeudet ovat täysin erilaiset kuin suojaamattomilla puurakenteilla. (Lahtela 2018, 10.)

5.1.2 Rakennuksen paloturvallisuuden osoittaminen

Rakennukset voidaan jakaa neljään eri paloluokkaan. Paloluokat P1, P2 ja P3 noudattavat palomääräyksiä ja lukuarvoja. Neljäs paloluokka P0 mitoitetaan ja suunnitellaan erikseen, joko kokonaan tai osissa. Tämä perustuu ennalta oletettuun palonkehitykseen, jossa huomioidaan kaikki mahdolliset tiet, mistä palo voi

levitä. Samassa rakennuksessa voi olla useampaa eri paloluokkaa (Taulukko 4), mikäli rakennuksen osat ovat erotettu toisistaan palomuurilla. P0-paloluokkaa kutsutaan toiminnalliseksi palomitoitukseksi ja sen asettamat vaatimukset katsotaan täyttyvän käytännössä aina, kunhan otetaan huomioon rakennuksen tarkoitus ja käyttö sekä ominaisuudet. (Lahtela 2018, 10.)

Taulukko 4. Paloluokat (Lahtela 2018, 11)

Paloluokka	Kuvaus	Tyypillisiä rakennuskohteita
P0	<ul style="list-style-type: none"> • Toiminnallisen palomitoituksen mukaan 	
P1	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän sortumatta palon ja jäähtymisvaiheen aikana ilman, että paloa sammutetaan (yleensä yli 2-kerroksisessa rakennuksessa) • Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu 	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennukset, jotka eivät ole sallittuja paloluokissa P2 ja P3
P2	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla P1-paloluokkaa lievemmat • Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta perantaville laitteille • Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää on rajoitettu käyttötarkoituksesta riippuen 	<ul style="list-style-type: none"> • Enintään 8-kerroksinen asuinrakennus • Enintään 8-kerroksinen hoitolaitos (pois lukien suljettu rangaistuslaitos) • Enintään 8-kerroksinen majoitusrakennus • Enintään 8-kerroksinen työpaikkarakennus • Enintään 4-kerroksinen kokoontumis- ja liikerakennus • 1-kerroksinen tuotanto- ja varastorakennus ¹⁾
P3	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksen kantavilta rakenteilta ei yleisesti vaadita palonkestävyyttä, joitakin tapauksia lukuun ottamatta (esimerkiksi osastoivilla rakenteilla myös R-vaatimus) • Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rajoittamalla rakennuksen kokoa ja henkilömäärää käyttötarkoituksesta riippuen 	<ul style="list-style-type: none"> • Enintään 2-kerroksinen asuinrakennus (kerrokset samaa palo-osastoa) • Enintään 1-kerroksinen hoitolaitos • Enintään 2-kerroksinen majoitusrakennus • Enintään 2-kerroksinen työpaikkarakennus • Enintään 2-kerroksinen kokoontumis- ja liikerakennus • 1-kerroksinen tuotanto- ja varastorakennus ¹⁾

Rakennuksen kantavien ja osastoivien rakenteiden palonkestävyys ovat tärkeimmässä asemassa palomitoitusta ja teknillistä suunnitelmaa tehdessä. Kantavien ja osastoivien rakenteiden rakennusosat suunnitellaan aina REI-luokkavaatimusten mukaan. REI-lyhenne tulee sanoista kantavuus, tiiveys ja eristävyys. Tällä tarkoitetaan, että rakenteen tulee säilyttää kantavuus, savukaasu- ja lämpösäteilytiiveys, sekä lämmöneristävyys vaaditun palonkestoajan. Tässäkin huomioidaan standardipalokäyrän mukaiset palotilanteet. Kantavan rungon rakennusmateriaali ei vaikuta perusvaatimuksiin, mitä paloluokat vaativat. Esimerkkinä kahdeksankerroksinen kerrostalo, jossa on samat palonkestovaatimukset niin betoni- kuin puurunkoisessa talossakin. (Lahtela 2018, 10.)

Kantavat rakenteet täytyy ottaa hyvin huomioon paloturvallisuutta suunniteltaessa kohteeseen. Mikäli palomitoitus on tehty liian pieneksi, voi rakennus romahdtaa ennen aikojaan tai jopa jo tulipalon alussa ennalta arvaamatta. (Lahtela 2018, 10.) P1-, P2- ja P3-paloluokan yksi- ja kaksikerroksisissa rakennuksissa saadaan käyttää puuta kantavissa rakenteissa paitsi kellarikerroksessa. Kolmi- ja nelikerroksisissa P2-luokan rakennuksissa voi käyttää puuta maantasaisessa kerroksessa. (Lahtela 2018, 10.)

Rakennusosien paloturvallisuus ja kantavuus voidaan osoittaa kahdella eri tapaa. Polttokokeella saa varmimman tuloksen, varsinkin jos rakenne on monimutkainen ja sisältää paljon erilaisia rakenneosia. Mitoitus voidaan kuitenkin myös suorittaa eurokoodi 5:n mukaan laskentamenetelmällä. Rakenne voi olla joko palosuojaamaton tai palosuojattu. Näitä tapoja voidaan myös yhdistää ja tuloksia verrata toisiinsa, jolloin voidaan päästä kaikkein tarkimpaan lopputulokseen. Osastovien seinien kohdalla on mahdollista käyttää eurokoodi 5:tä, mutta osastoiville kohteille menetelmät ovat laskennallisesti niin rajalliset, että on syytä käyttää polttokokeita. Erilaisille rakennusosille on tehty laajalti polttokokeita ja tietoja ja taulukoita rakennusosien polttokokeista on hyvin saatavilla. (Lahtela 2018, 10.)

5.2 Rakennuksen paloturvallisuuden suunnittelu

Rakennusten paloturvallisuuden suunnittelu (Taulukko 5) on moninaista ja siinä tulee miettiä rakennuksia ja sen osia niin yksittäisinä osastoivina osina, kuin koko ryhmänäkin ja miettiä, miten mikäkin rakenne vaikuttaa toiseen palotilanteessa. Rakennuksen palokuormat määritetään pääkäyttötarkoituksen mukaan. Rakennus jaetaan osastoiksi ja jokainen osasto voidaan määrittää näin ollen erikseen. Kantavat ja kantamattomat rakenteet voidaan eri osastoissa tehdä kevyemmällä paloluokalla, jos vain esimerkiksi yksi osasto vaatii kovemman paloluokan. Esimerkiksi P1-luokan osasto voidaan tehdä omanaan ja loput rakennuksesta voi olla P2-luokkaa. (Lahtela 2018, 13.)

Taulukko 5. Olennaiset vaatimukset paloturvallisuuden suunnittelussa (Lahtela 2018, 11)

Olennainen vaatimus	Pääasiallisia tekijöitä paloturvallisuuden suunnittelussa
Kantavilla rakenteilla tulee olla vaadittu palonkestävyys	<ul style="list-style-type: none"> Rakennuksen paloluokka Palokuormaryhmä Rakennusosien kantavuus R
Palon ja savun kehittyminen ja leviäminen tulee olla rajoitettua	<ul style="list-style-type: none"> Rakennuksen paloluokka Palon osaston koko Rakennusosien osastoivuus EI Sisäpuolisten pintojen luokka Julkisivun ja parvekkeiden pintojen luokka Katteen luokka Suojaverho Sprinklaus
Palon leviäminen viereisiin rakennuksiin tulee rajoittaa	<ul style="list-style-type: none"> Suojaetäisyys viereisiin rakennuksiin Julkisivun ja parvekkeiden pintojen luokka Katteen luokka Palomuur Ulkovaipan osastoivuus EI Sprinklaus
Palotilanteessa henkilöiden tulee voida poistua rakennuksesta tai heidät tulee voida pelastaa muiden avustuksella	<ul style="list-style-type: none"> Rakennuksen paloluokka Henkilömäärä rakennuksessa Rakennuksen pinta-ala Rakennuksen korkeus Poistumisteiden rakennusosien kantavuus R Poistumisteiden rakennusosien osastoivuus EI Poistumisteiden lukumäärä Varapoistumiste Poistumisteiden mitat Poistumisteiden pintojen luokka Poistumisteiden merkinnät ja valaistus Palovaroittimet Paloilmaisimet Savunpoisto Ovien avautumissuunnat Sprinklaus
Pelastushenkilöstön turvallisuus tulee ottaa huomioon	<ul style="list-style-type: none"> Rakennuksen paloluokka Rakennusosien kantavuus R Rakennusosien osastoivuus EI Pelastustiet Sammutusreitit Savunpoisto Sprinklaus

P1–P3-paloluokissa ei tarvitse erikseen määrittää palokuormia, vaan ne löytyvät suoraan taulukoista. P1-paloluokassa palokuormat ovat listattu taulukoissa erisuuruuksiksi erilaisten käyttötarkoitusten mukaan. P2- ja P3-luokissa tätä käyttötarkoitusten mukaista palokuormaluokitusta ei oteta huomioon. P0-luokassa taas palokuorma pitää aina yksityiskohtaisesti määrittää erikseen. Tällaisissa rakennuksissa on hyvä käyttää apuna esimerkiksi palosimulointia. (Lahtela 2018, 13.)

Rakennuksen korkeus ja kerroslukumäärä vaikuttavat paloturvallisuuden suunnitteluun. Rakennus mitataan maanpinnan julkisivupinnasta vesikatepinnan leikkauspisteeseen katon kaltevuuden ollessa 45 astetta. Maanpinnan ollessa epätasainen, mitataan korkeus nurkkapisteen keskiarvona tai julkisivujen pinta-alan perusteella. Näihin molempiin käytetään laskettaessa omaa kaavaansa. (Lahtela 2018, 13.)

Jwoodin Toimitusjohtaja Jouni Liimatainen kommentoi uusia palomääräyksiä puurakentamisessa. Hänen mielestään mitään merkittävää Suomen palomääräyksissä ei tapahtunut. Ainut suurempi muutos oli, että nykyään asuintiloissa saa jättää näkyville puurakenteita 20 prosenttia ilman toiminnallista palomitoitusta. Liimatainen jatkaa, että näin on saanut tehdä ennenkin, kunhan toiminnallinen

palomitoitus (Taulukko 6) on suoritettu kohteelle. Porrashuoneissa ei edelleenkään sallita näkyville yhtään puurakennetta, vaan tilat ovat lähinnä betonia tai vastaavaa rakennetta. Tähän Liimatainen kommentoikin rakennusmääräyskoelman suosivan betonirakentamista, eikä puurakentaminen ole hänen mielestään lainkaan yhdenvertainen betonirakenteiden määräysten kanssa. (Liimatainen 2018.)

Taulukko 6. Toiminnallisen palomitoituksen suunnitteluprosessi (Lahtela 2018, 14–15)

Rakennuksen omistajan, haltian tai käyttäjän tavoitteet toiminnallisen palomitoituksen suhteen				
Arkkitehtuurin ja rakennesuunnittelun reunaehdot				
Viranomaisprosessista sopiminen				
Rakennusvalvonnan antamat reunaehdot				
Pelastuslaitoksen rooli				
Kolmannen osapuolen tarkastuksen tarve ja rooli				
Lähtöoletusten ja hyväksymiskriteerien hyväksyttäminen				
Toiminnallisten analyysien tekeminen ja yhteistyö muiden suunnittelualojen kanssa.				
Analyyysien ja johtopäätösten esittely viranomaisille				
Mahdollisten täydentävien analyysien tekeminen				
Lopulliset analyysiraportit ja tulosten keskeiset asiat palotekniseen suunnitelmaan				

Kerroslukumäärällä tarkoitetaan pääkäytössä olevia asuttavia kerroksia. Esimerkiksi maan alla olevaa kellaria, ylhäällä olevaa käyttöullakkoa tai IV-konehuonetta ei lasketa kerrokseksi. Kerrosmäärä vaikuttaa paloteknisiin määräyksiin ja koko rakennuksen paloluokkaan. Rakennuksen korkeudella on myös suora vaikutus pelastuslaitoksen mahdollisuuksiin käyttää eri toimintamalleja hätätilanteessa. Pelastuslaitoksen tulee yltää omalla kalustollaan ylimpiin parvekkeisiin ja tarvittaessa sammutustöihin rakennuksen katolle. (Lahtela 2018, 14.)

5.2.1 Rakennustarvikkeet

Rakennustuotteille myönnetään palamisen, savunmuodostuksen ja palavien pisaroiden tuottamisen perusteella eri luokka-arvo, joita kutsutaan euroluokiksi. Paloluokkia rakennusmateriaaleilla on yhteensä seitsemän, joista pääluokat ovat A1, A2, B, C, D, E ja F. Luokat ovat järjestyksessä palamattomasta tuntemattomaan. Esimerkiksi A1-luokkaan kuuluu betoni, joka ei myötävaikuta palamiseen ollenkaan. F-luokkaan kuuluu taas rakennustuotteet, joiden palamiskäyttäytymistä ei tunneta tarpeeksi. (Siikanen 2008, 169.)

Pääluokkien alaluokkina käytetään määräyksinä lisämääreitä s1, s2 ja s3. Nämä luokat määrittävät, kuinka paljon materiaali muodostaa savua palaessaan. Toisena alaluokkana ovat luokat d0, d1 ja d2, jotka kuvaavat palavien pisaroiden muodostumista. Kaikki luokat ja alaluokat, sekä lisämääreet yhteen laskien muodostavat 40 euroluokkaa, joista suomessa E1-määräyksissä ja -ohjeissa on käytettävissä viisi. Kaikissa pääluokissa on siis Suomessa käytössä vain yksi lisämääre yhdistelmä. Näin ollen rakennusmateriaaleille ja tarvikkeille asetettavat paloluokat ja määräykset todetaan pelkästään pääluokilla A1, A2, B, C ja D. (Siikanen 2008, 169.)

5.2.2 Puun palonkesto-ominaisuuksien parantaminen

Kaikki puumateriaalit eivät ole tarpeeksi palonkestäviä luonnostaan, ja näihin kohteisiin on suunniteltu kemiallisia palonkestoja parantavia käsittelyitä ja menetelmiä. Näitä on lukuisia ja ne ovat suoraan materiaali- ja valmistajasidonnaisia, joiden testauksesta ja toimivuudesta vastaa valmistaja. Puulla voidaan päästä kuitenkin jopa B-luokan palonkestävyyteen. (Siikanen 2008, 169.)

Menetelmiä palonkestoajan pidentämiseksi on esimerkiksi suojaverhoukset ja palonestomaalit sekä erilaiset puukuitueristeet. Puurakenteisiin käytetään samoja suojaverhouksia, kuten teräsrakenteisiin. Palonestomaalien toimintaperiaate on, että kuumentuessaan maalipinta paisuu ja näin ollen se hidastaa palon etenemistä. Puupinnassa oleva palonestomaali voi suojata puuta palolta korkeintaan 15 minuutin ajan. Suomessa lisätään puukuitueristeisiin erilaisia palonsuojausaineita, jotka parantavat lämmöneristeen paloteknisiä ominaisuuksia merkittävästi. (Siikanen 2008, 169.)

5.2.3 Puiset lattiapäällysteet

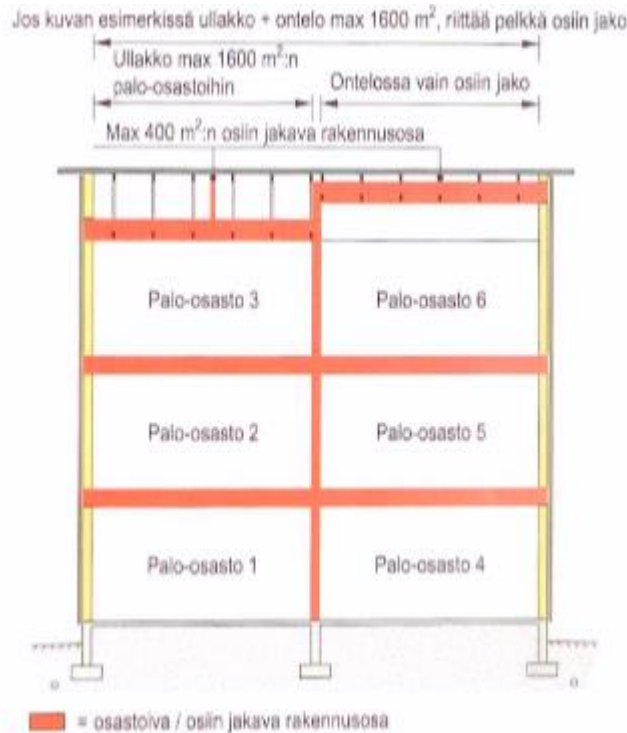
Lattiapäällysteet jaetaan omiin pääluokkiinsa ja niitä on seitsemän. Kaikkienensa alaluokat ja lisämääreet huomioiden euroluokkia on 11, joista suomessa on käytössä kaksi. E1:ssä ensimmäinen luokka on A2 FL-s1 ja D FL-s1, jossa A2 tarkoittaa palamatonta päällystettä. (Siikanen 2008, 170.)

P3-luokassa ei ole lattiapäällysteeseen asetettuja määräyksiä, eikä paloturvallisuutta siltä osin tarvitse huomioida erikseen. P2-luokassa D FL pintakerroksen sijasta voidaan käyttää esimerkiksi massiivipuuta, jonka paksuus täytyy kuitenkin olla vähintään 15 mm. Mikäli alusta on palamaton ja sen päällä oleva päällyste on tiukasti siinä kiinni, voidaan käyttää myös vastaavanlaista materiaalia lattiapinnoitteena. Tällöin riittää jopa vähempi kuin 15 mm paksuus. P1-luokassa pätee samat vaatimukset lattian paloturvallisuuden kanssa kuin P2-luokassakin D FL materiaalien osalta. (Siikanen 2008, 170.)

5.2.4 Palon leviämisen estäminen osastoivilla rakennusosilla

Palo-osastoinnilla on monta eri tarkoitusta. Sillä pyritään estämään palon ja savun leviäminen muihin osiin rakennuksessa. Tämä turvaa myös poistumista rakennuksesta, kun palo ei pääse vauhdilla leviämään valtoimenaan. Osastointi helpottaa huomattavasti pelastus ja sammutustöitä, kun nähdään missä osastossa tulipalo riehuu. Palomiehillä on myös helpompi liikkua rakennuksessa tulipalon aikaan, kun osastointi rajaa palon ja savun selvästi. Suurimmassa osassa tapauksista myös omaisuusvahingot jäävät merkittävästi pienemmiksi osastointin ansioista. Osastoiva rakennus tulee mitoittaa niin, että se kestää koko siltä rakenteelta vaaditun palonkestoajan, eikä liiku tai sorru ennen kuin vaadittu palonkesto aika tulee täyteen. (Lahtela 2018, 40.)

Jokainen osastoiva rakenne (Kuvio 19) määritetään erikseen, ja siinä tarkastellaankin vastakkaisen puolen lämpötilan nousua. Lämpötilan ohella tarkastellaan rungon kestävyyttä, varsinkin rankarakenteissa. Rankarakenteen palonkesto on hyvin lyhyt, mikäli se palaa kolmelta eri sivulta yhtä aikaa. Palamista voidaan rajoittaa erilaisilla lämpöeristeillä. Palosuojauksessa täytyy käyttää palamattomia tai hitaasti palavia paloeristykseen tarkoitettuja lämmöneristeitä. Palava tai su-lava lämmöneriste ei suojaa materiaalia palamiselta. (Lahtela 2018, 40.)



Kuvio 19. Palo-osastointi suurissa kohteissa (Lahtela 2018, 45)

Osastoivaa rakennusosaa suunniteltaessa tarkastellaan ensimmäiseksi palotilannetta osastoivan rungon kantavuuden osalta. Toiseksi tarkastellaan rakenteen lämpötilan nousua vastakkaisella puolella. Näin suunnitteluratkaisusta voidaan saada kokonaistaloudellinen ratkaisu. Palomääräykset antavat raja-arvot, joiden mukaan lämpötila ei saa täysin ehjässä rakenteessa nousta $\leq 140^{\circ}\text{C}$. Levysauman kohdalla ja läpivienneissä sallitaan lämmön nousu $\leq 180^{\circ}\text{C}$. (Lahtela 2018, 41–43.)

5.2.5 Vaakarakenteisiin vaikuttavat osastointiperiaatteet

P3-luokan rakennuksissa ei ole määrättyjä kantavuusvaatimuksia palotilanteessa, mutta rakenteiden tulee silti kantaa kuormitus koko osastointiajan, vaikka kuormituksena ei olisikaan muuta kuin rakenteen omapaino. Esimerkiksi ullakollisessa kerrostalossa tehdään ullakon ja alemman huoneiston rakenne osastoivaksi, tarvitaan yläpohjassa aina palonkestävä runkorakenne. Tällöin NR-ristikoista täytyy tehdä niin sanottuja paloristikoita, jotka kestävät ja säilyttävät kantavuutensa ullakkopalossa. P3-luokan rakenteissa ei yleensä tarvita osastointia,

mutta sitä on suositeltavaa käyttää esimerkiksi lämpökeskuksessa, polttoainevarastossa ja autosuojassa. (Lahtela 2018, 40.)

P1- ja P2-luokissa tulee ullakkotila aina osastoida. Tällaisten rakenteiden tulee aina säilyttää kantavuutensa koko osastointiajan, niin yläpuolisessa kuin alapuolisessakin palossa. NR-ristikoiden osalta P1- ja P2-luokissa tulee aina käyttää paloristikoidia. Yläpohja voi myös sisältää ontelon, jolloin ontelo ei tarvitse osastoida toisesta rakennekerroksesta, mikäli kaikkien onteloiden pinta on luokkaa B-s1-d0. Pintoja D-s2-d2 saa käyttää enintään 20 prosenttiosuudelta onteloissa. Mikään ei kuitenkaan estä osastoimasta myös onteloita, jolloin kaikki pinnat onteloissa saavat olla luokkaa D-s2-d2, ja silloin hyväksytään onteloissa myös E-luokan aluskate. (Lahtela 2018, 40.)

5.3 Ulkovaipan rungon palomitoitus

Rakennuksen ulkovaipalla tarkoitetaan yläpohjaa ja ulkoseiniä sekä alapohjaa. Yleensä rakenne tarvitsee tuuletustilana ontelon. Ullakkotila toimii yhtenä tuuletusratkaisuna. Alapohjan ollessa tuuletettu rakenne, sen palomitoitus suoritetaan huoneistopaloa vastaan paloluokkien määräysten mukaisesti. Alapohjan alapuolisen palon palomitoitus arvioidaan aina tapauskohtaisesti, koska sille ei ole annettu vaatimuksia eikä määräyksiä. Ullakon ja yläpohjan osastoinnissa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että se jaetaan 400 m² osiin EI 15 rakennusosilla. (Lahtela 2018, 40.)

Osastoimaton ulkoseinärakenne mitoitetaan huoneistopaloa vastaan, mutta osastoiva ulkoseinä mitoitetaan myös ulkopuolista paloa vastaan saman luokkavaatimuksen mukaisesti kuin sisäpuolikin. Täytyy toki huomioda, että osastomattomassakin rakenteessa palo voi sijaita rakennuksen ulkopuolella ja sen palomitoitusta tulee aina harkita tapauskohtaisesti. (Lahtela 2018, 41.)

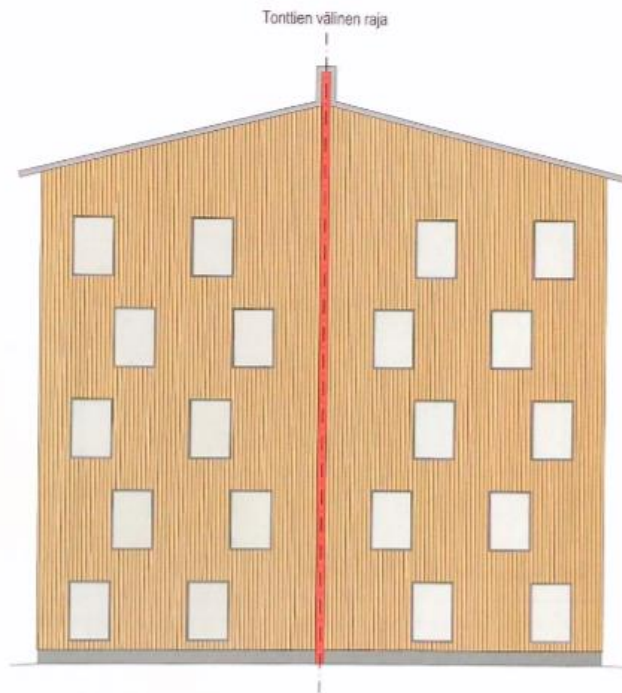
Jos yläpohjalle on tehty osastointi alapuolisen tilan puolesta, mitoitetaan yläpohja perustapauksessa samoilla luokkavaatimuksilla ullakko- ja huoneistopaloille. Yläpohja, jossa on ullakkotila, mitoitetaan samalla luokkavaatimuksella sekä huo-

neistopalolle että ullakkopalolle. Yläpohja voidaan mitoittaa luokalla REI 30, mikäli yläpohjan onteloista on palon leviäminen estetty räystääisiin EI 30-rakenneseinillä. (Lahtela 2018, 41.)

5.3.1 Palomuurit

Palomuuriksi kutsutaan seinää, joka kestää sille määrätyn ajan paloa ja estää sen leviämisen tai rakenneseinien sortumisen. Palomuurilta edellytetään myös iskunkestävyysluokkaa M. Palomuurit tehdään luokan A1 materiaaleista 14 metriä korkeassa P2-luokan rakennuksessa ja aina P0- ja P1-luokissa. Mikäli palomuurissa on ovi, se täytyy aina tehdä vähintään luokan A2 materiaaleista. Ovilla täytyy olla aina vähintään sama palonkestävyys kuin palomuurillakin. (Lahtela 2018, 41.)

Palomuuria (Kuvio 20) käytetään ainakin tapauksissa, joissa rakennukset ovat liian lähellä toisiaan, ja tämä aiheuttaa tulipalon syttyessä vaaran leviämiselle. Tällöin ei välttämättä ole käytetty osastoivia rakenteita, jolloin palomuurit ovat ainoa keino estää palon leviäminen. Toisissa tapauksissa suuria kohteita voidaan yhdistää kahdelta eri tontilta toisiinsa. Niiden väliin tulee tehdä palomuurit, estämään tulipalon syttyessä leviämistä paloa molemmille tonteille rakennusta. Palomuurit tehdään myös siinä tapauksessa, mikäli rakennuksen eri osat ovat eri paloluokkaa. Mikäli rakennus ylittää sille sallitut henkilöstömäärä tai kerrosalarajoitukset, palomuurit on rakennettava. (Lahtela 2018, 41.)



Kuvio 20. Palomuri (Lahtela 2018, 47)

Lähekkäin rakennettavissa rakennuksissa riittää, että vain toisessa rakennuksessa on palomuri. Rakennusten välissä oleva palomuri vaatii kuitenkin aina rakennusrasitesopimuksen. Rakennusrasitesopimuksella voidaan kuitenkin todeta, ettei palomuuria tarvita, mikäli henkilöstömäärä tai kerrosalarajoitukset eivät ylity, ja lähekkäin olevat rakennukset muodostavat kokonaisuuden ja ovat yhtä ja samaa paloluokkaa. Tällöin palosuojaus voidaan hoitaa osastoivilla rakenteilla. (Lahtela 2018, 41.)

5.3.2 Palokatkot

Tulipalo rakennuksessa estetään pääasiallisesti osastoivilla rakennusosilla, mutta niiden heikkous on, että ne sisältävät usein epäjatkuvuuskohtia. Näitä paikataan palokatkoilla. Epäkohtia esiintyy yleensä tuuletusraoissa, rakenteiden onteloissa sekä talotekniikan läpivienneissä. Palokatkoja voidaan myös käyttää rakenteen pinnalla hidastamaan palon etenemistä. (Lahtela 2018, 41.)

Onteloissa käytetään yleensä palokatkoja varmistamaan palon etenemisen estäminen onteloissa, mikäli rungon levytys ei kestäkään paloa. Ilman palokatkoa ontelossa, tulipalo voi edetä nopeasti rungon kautta onteloihin ja päästä helpommin osastosta toiseen. Rakennuksen sisällä rungossa on pystysuuntaisia onteloita, jotka täytyy katkaista palokatkolla. Näille ei kuitenkaan ole annettu erillisiä määräyksiä, vaan palokatkon tekeminen onteloon kerroksittain riittää. Vaakasuuntaiset ontelot katkaistaan aina alemman palo-osaston palovaatimusten mukaan. (Lahtela 2018, 41.)

5.3.3 Puujulkisivun palokatkot

Puun julkisivuille paloturvallisuus asettaa erilaisia määräyksiä. Varsinkin palosuojamattomille julkisivuille on asetettu määräyksiä, kun on kyse korkeammasta kuin kaksikerroksisesta rakennuksesta tai hoitolaitosrakennuksesta. Yleisimpiä julkisivupalon aiheuttajia ovat palava roskakatos, autopalo tai huoneistopalo, mistä palo on päässyt leviämään julkisivuun ja sitä kautta syvemmälle rakennusta. Toimiva ja tehokas sprinklerijärjestelmä estää liekkien voimakkaan syntymisen ja rajoittaa paloa niin tehokkaasti, että huoneistopalosta alkunsa saanut julkisivupalon todennäköisyys on hyvin pieni. (Lahtela 2018, 41.)

Lukuisilla polttokokeilla on havaittu, että julkisivupalo etenee nopeimmin ulkoverhouksen takana olevan tuuletusraon avulla eikä ulkopintaa pitkin. Paloturvallisuus julkisivussa paranee, kun puujulkisivun pinta on mahdollisimman tiivis ja yhtenäinen ja ulkopinnan alle tuuletusraon onkaloihin asennetaan palokatkoja. Palokatkot ovat rei'itettyjä ja päästävät ilmaa läpi, mutta hidastavat merkittävästi palon etenemistä ja hapensaantia, jolloin palo etenee hitaasti. Julkisivuissa täytyy käyttää myös pystysuuntaisia palokatkoja, jotka estävät niin ollen savun poistumisen ja lisähapen saannin, joka ruokkii tulipaloa. Tämä toteutetaan yleensä ulkoverhouksen koolauspuilla, jotka rajaavat paloalueen 600 mm osiin. (Lahtela 2018, 41–42.)

Vaakasuuntaisten palokattojen ilmarakojen osuus on noin viisi prosenttia ja tutkitusti todistettu, että se on riittävä myös kosteustekniikan kannalta. Tämän suu-

rempaa tuulettusta ei siis välttämättä tarvita. Palokatkat tulee asentaa kerroksittain, mutta katko ei tarvitse suoraan olla kerroksen kohdalla, vaan sijainti voidaan valita kuitenkin niin, että palokattojen välinen etäisyys on sama kuin yhden kerroksen korkeus. Paras sijainti palokatkolle on väli- ja yläpohjan liitoskohdat, jolloin palokatkon tila voidaan tarkastaa helposti jälkeenpäin poistamalla elementtien sauma tai seinälista. (Lahtela 2018, 42.)

Paloräystä on suunniteltava siten, ettei tulipalo pääse leviämään yläpohjaan tuuletusaukkojen kautta. Räystä pitäisi suunnitella siten, että palotilanteessa palokatkat sulkisivat tuuletusraot ja -aukot. Tällä tarkoitetaan erilaisia paloventtiileitä, jotka aktivoituvat tarpeeksi suuren lämmönseurauksena ja ikään kuin räjähtävät sulkien koko aukon umpeen, eikä tulipalo pääse sitä kautta enää leviämään. FB Paloventtiilejä valmistetaan ainakin EI 30, EI 60 ja EI 90 paloluokkiin ja niillä on VTT:n lausunto (nro VTT-S-06137-12). (Lahtela 2018, 42.)

5.3.4 Talotekniikan läpivientien palokatkat

Talotekniikan läpiviennit ovat paloteknisesti riski, mikäli niitä ei varusteta palokatkoilla, kun ne lävistävät osastoivia rakenteita. Tällaisia läpivientejä ovat esimerkiksi sähköasiat ja niiden johdot, läpivietävät putket ja kaapelit. Sähköasiat täytyy varustaa palokatkoilla vain silloin, kun rasian kohdalla oleva osastoivuus on muita rakennusosia heikompi. Yleisimmin käytettyjä tuotteita palokatkona ovat tiivistysmassat, palokatkotulpat ja palomansetit. (Lahtela 2018, 42.)

Grafiittipohjaista materiaalia sisältävä palomansetti laajenee lämmitessään ja tukkii koko läpiviennin, muodostaen palokatkon. Voima laajetessaan on niin suuri, että se puristaa putken kasaan niin, ettei palo pääse etenemään edes putken sisäkautta pitkin. Tämä koskee vain muoviputkia, koska palomansetin voima ei riitä puristamaan metalliputkea kasaan. Metalliputkien ympärillä on suositeltavaa käyttää palosuojattua kivivillaeristettä. Ilmanvaihtokanaviin on saatavilla palopeltejä, jotka kattavat palokatkon sisä- ja ulkopuolelle, eikä ulkopuolista paloeristettä tarvita kanavassa. (Lahtela 2018, 42.)

Koska palokatkotuotteet ovat suunniteltu tyypillisesti vain betonirakenteille, täytyy varmistaa, että tuote on soveltuva puurakenteille, ja siitä löytyy tyyppihyväksyntämerkintä. Palokatkoilla tulee olla myös polttokokeisiin perustuva hyväksyntä. Massiivipuurakenteilla tilanne on lähes sama kuin betonirakenteilla. Puurakenteen hiiltymä hidastaa lämmönsiirtymistä, mutta tarpeeksi kauan palaessaan hiiltymä voi kiertää palokatkon ja täytyy varmistaa, että palokatko toimii koko palonkestoajan. (Lahtela 2018, 42.)

5.3.5 Uloskäytävän palotekniikka

Tulipalotilanteessa rakennuksessa voi olla sisällä ihmisiä, joiden pitäisi pystyä poistumaan palavasta rakennuksesta nopeasti ja turvallisesti. Puurakentamisessa sovelletaan samoja ehtoja uloskäytävissä kuin muissakin rakennusmateriaaleissa. Uloskäytävien tulee olla osastoituja ja niiden tulee johtaa mahdollisimman suoraan turvalliselle paikalle ulos. Jos ylimmän kerroksen lattian ja porrashuoneen sisäänkäynnin tasoero on 24 metriä tai suurempi, rakennuksessa tulee olla kaksi erillistä uloskäytävää. Erikseen on sovittu, että alle 300 m² työpaikkatilalle riittää yksi uloskäytävä, ja tämän lisäksi on kuitenkin oltava erillinen varatiejärjestely. Varatiejärjestelyn suunnittelussa on syytä käyttää pelastusviranomaisia ja näin ollen saada paras mahdollinen tapauskohtainen varatiesuunnitelma. (Lahtela 2018, 58.)

Varatieksi on olemassa monia erilaisia suunnitteluvaihtoehtoja. Voidaan käyttää parveketta, ranskalaista parveketta, ikkunaa tai muuta aukkoa, kunhan sen kautta poistuminen turvallisesti on mahdollista, joko pelastustoimenpitein, tikapuilla tai pudottautumalla. Enimmäispudottautumiskorkeus on 3,5 metriä. Parveke on yleisin poistumistie ja hätätilanteessa ihminen käyttää luonnollisesti ja vaistomaisesti ensimmäisenä parveketta. Tätä korkeammille pelastustesteille on asetettu lisävaatimuksia eri paloluokissa. P3- ja P2-paloluokan enintään kaksi kerroksisiin rakennuksiin rakennetaan kiinteät tikkaat, joita pitkin poistuminen on turvallista. Korkeintaan nelikerroksisissa P2-luokan rakennuksissa, varatie varustetaan kiinteillä portailla, jotka on sijoitettu niin, ettei mahdolliset palavat aukot ole lähellä ja estä poistumista. Vaihtoehtoisesti portaat on täytynyt suojata lämpösäteilyltä aukkojen kohdalta. (Lahtela 2018, 58.)

Omana palo-osastona toimivaa porrashuonetta ei osastoida kerroksittain. Käytävä-
vätasoilta, porrastasanteilta tai portailta ei vaadita osastoivuutta. Avoimet luhti-
käytävät suunnitellaan siten, että savu pääsee poistumaan käytävältä esteettä-
mästi. Luhtikäytävä muuttuu porrashuoneeksi, mikäli luhtikäytävän seinälinjan
pinta-ala on alle 25 prosenttia avoin. Tällöin myös palotekniset vaatimukset muut-
tavat porrashuoneen mukaisiksi. Kaikki yli kaksikerroksiset puurakenteiset raken-
nukset täytyy varustaa sprinklerijärjestelmällä. Ainoana poikkeuksena voidaan pi-
tää korkeintaan nelikerroksista kaupunkipientaloa, jossa jokainen kerros kuuluu
samaan huoneistoon. (Lahtela 2018, 58.)

5.4 Paloturvallisuuden parantaminen

5.4.1 Palovaroitin ja paloilmoin sekä automaattisuus

Paloturvallisuutta parannetaan useilla eri tavoilla. Yleisin kaikista on palovaroitin,
jota löytyy useampana kappaleena lähes jokaisesta rakennuksesta. Palovaroitin
ilmoittaa savukaasuista kovalla äänimerkillä, ja se on pakollinen kaikissa asun-
noissa, vapaa-ajanasunnoissa, majoitustiloissa, hoitolaitoksissa, päiväkodeissa,
päivähoitolaitoksissa ja kouluissa. Palovaroittimia on olemassa myös kaas- ja
häkävaroittimia. (Lahtela 2018, 74.)

Paloilmoin poikkeaa palovaroitimesta siten, että se antaa välittömästi lauetes-
saan hälytyksen hätäkeskuksen palveluun ja rakennuksessa oleville mahdolli-
sesta tulipalosta. Automaattinen paloilmoin on samalla periaatteella toimiva jär-
jestelmä, mutta sen lisäksi paloilmoin antaa hälytyksen suoraan hätäkeskuk-
seen ja yksikkö on varustettu paloilmoituspainikkein, ilmoituskeskuksin ja se si-
sältää teholähteen. Järjestelmään asennetaan tarvittaessa sammutus- ja palon-
rajoituslaitteisto, sekä muita pelastustoimintaa helpottavia toimintailmoituksia.
(Lahtela 2018, 74.)

5.4.2 Sprinklerijärjestelmä

Sprinklerijärjestelmän synty on parantanut merkittävästi paloturvallisuutta puukohteissa. Historiassa täytyy mennä kauas, sillä Philip W. Pratt kehitti automaattisen sprinklerijärjestelmän jo vuonna 1872. Tämän jälkeen kehitettiin muutamia parempia versioita ja lopulta 1890 Grinnell kehitti järjestelmän, joka perustuu lasiampulliin sprinklerisuuttimessa. Samalla periaatteella olevat suuttimet sprinklerijärjestelmissä ovat käytössä vielä tänäkin päivänä. (Lahtela 2018, 74–75.)

Sprinklerijärjestelmässä pidetään paineenalainen vesi putkistossa aina suuttimelle asti. Kuivasuutin-malli poikkeaa kuitenkin tästä, sillä laukaisumekanismi pidetään lämpimässä tilassa. Tällaisia poikkeuksia ovat esimerkiksi parvekkeella tai terassille asennettavat sprinkleriputket, jolloin ei välttämättä voida putkistoon laskea vettä mahdollisen jäätyamisen vuoksi. Laukaisumekanismi on lasiampullin sisällä oleva vesi, mikä lämmitessään rikkoo lasin, ja laukaisee suuttimen. Suurissa kohteissa on yleensä useita suuttimia ympäri rakennusta, katoissa ja seinissä. Suuttimet kuitenkin laukeavat yksitellen lämpötilan johdosta, eikä kaikki laukea yhtä aikaa. Tällä tavoin vahingot voidaan minimoida. Kaikki sprinklerijärjestelmät ovat tänä päivänä standardien alaisuudessa. Samoin ovat myös niiden suunnittelu, huolto ja asennuskin. (Lahtela 2018, 75.)

5.5 Puurakenteiden palomitoitus

Materiaalina puu on palavaa, mutta sen palotekninen käyttäytyminen tunnetaan tarkasti. Puun palaessa syntyy hiiltä, joka suojaa puuta palamiselta ja hidastaa sitä. Puun palamiseen vaikuttaa olennaisesti puupalkin tai osan suuruus ja tulen lähteen teho. Esimerkiksi pieni puu voi syttyä jo tulitikun liekistä tai kipinästä, mutta suurikokoiseen massiivipuun syttymiseen ei riitä tulitikun liekin teho. On erittäin tärkeää tietää puun hiiltymisnopeus rakenteita suunniteltaessa. CLT-rakenteilla, LVL-massiivipuilla, liimapuilla ja sahatavaralla on omat hiiltymisnopeudet, jotka omalta osaltaan vaikuttavat puurakenteiden palomitoitukseen palosuojauksen ja puussa käytettävän liiman lisäksi. (Lahtela 2018, 80.)

Liimapuutuotteita, joissa käytetään fenolipohjaista liimaa, voidaan käsitellä mitoituksessa liimaamattomana puuna, koska fenolipohjainen liima ei vaikuta puun hiiltymiseen. Polyuretaanipohjaiset liimat täytyy mitoittaa erikseen, koska tuotteissa voi esiintyä lamellien irtoamista, delaminoitumista. Näin on esimerkiksi CLT-levyissä. Delaminoitumiseen vaikuttaa nopeuttavasti taivutusjännitys, mikä lisää lamellien irtoamisen riskiä vaakarakenteissa. (Lahtela 2018, 80.)

5.5.1 Puurakenteiden suojaus

Palosuojaamaton puurakenne aloittaa hiiltymisen välittömästi sen syttyessä. Dimensiot muuttuvat esimerkiksi palosuojaamattoman liimapuupalkin palaessa hiiltyviltä sivuilta. Palonkestoajan loppupuolella jäljellä on tehollinen poikkileikkaus, joka täytyy mitoittaa kaikille palotilassa tapahtuville rasituksille ja voimasuureille. Mikäli mitoituksessa huomataan liian suuria rasituksia palonkestoajan jälkeen, palkkia voidaan suurentaa, jolloin rakenteet kestävät paremmin ja varmemmin tulipalon. Hiiltymisnopeuteen vaikuttaa olennaisesti, altistuuko palkki yhdeltä sivulta, vai esimerkiksi kolmelta sivulta yhtä aikaa. (Lahtela 2018, 80–81.)

Palosuojattuja puurakenteita voidaan luokitella kahteen luokkaan. Puoliksi palosuojattu puurakenne on suojattu vain osaksi, jolloin palotilanteen syntyessä palkin palosuojaus ei kestä koko paloa, vaan palkin annetaan osaksi hiiltyä, koska tiedetään, ettei palkki pysty normaalin palonkestoajan aikana hiiltymään ja palaamaan niin pahasti, että rakenne aiheuttaisi sortumisvaaraa. (Lahtela 2018, 80–81.)

Puurakenne voidaan suojata palolta myös sen vaaditulle palonkestoajalle. Puu suojataan mahdollisista palolle alttiina olevista kohdista esimerkiksi kipsilevyllä, puulevyllä, tai muilla palosuojaukseen soveltuvilla eristeillä. Tällöin puurakenteessa ei tapahdu hiiltymistä vaaditun palonkestoajan aikana, vaan suojana olevat materiaalit kestävät palon rasitukset. Lämpö johtuu eristeiden läpi, jolloin puu pehmenee ja sen lujuus laskee. Palomitoituksessa on otettava huomioon mahdollinen lujuuskato. Palosuojausmitoituksessa täytyy ottaa huomioon vaaditut pintaluokka- ja suojaverhousvaatimukset. (Lahtela 2018, 81.)

6 RAKENNERATKAISUT SUURISSA JULKISISSA KOHTEISSA

6.1 Puukerrostalon runkojärjestelmiä

Puukerrostalossa on mahdollista käyttää monia erilaisia runkojärjestelmiä. Suomessa on tällä hetkellä muutamia tuotantolaitoksia, jotka tuottavat puuelementtejä. Puukerrostalojen ja muiden suurten julkisten kohteiden yleisin runkojärjestelmä koostuu CLT-rakenteesta. Harvinaisempi rakennusmuoto, mutta mahdollinen vaihtoehto on sekarakenne, esimerkiksi betoni tai tiilirakenteinen alaosa, johon on, joko samalla tai myöhemmin tehty päälle puurakenteinen osa tai jopa kokonainen kerrostalo, mikäli se rakenteellisesti ja kantavuudeltaan on mahdollista. Tällaisia kohteita löytyi esimerkiksi Saksasta, jossa artikkelin mukaan on rakennettu tiilirakennuksen päälle kokonainen kerrostalo. Artikkelista käy myös ilmi, että tällainen rakentaminen on uusi kaupungistumisen muoto tilanahtauden takia, sillä esimerkiksi Keski- ja Etelä-Euroopan kaupungeissa tilanpuute rakentamisessa alkaa näkyä. Suomessa tätä ongelmaa ei vielä ole päässyt suuressa mittakaavassa syntymään. (Karjalainen 2002.)

Muita mahdollisia runkojärjestelmiä ovat pilari-palkki-järjestelmä, pilari-laatta-järjestelmä, rankarunko-rakenne, hirsirakenne ja tilaelementtitekniikka. Puukerrostalon runkojärjestelmän uutena ja yleistyvänä muotona voidaan pitää tilaelementtitekniikkaa. (Karjalainen 2002.)

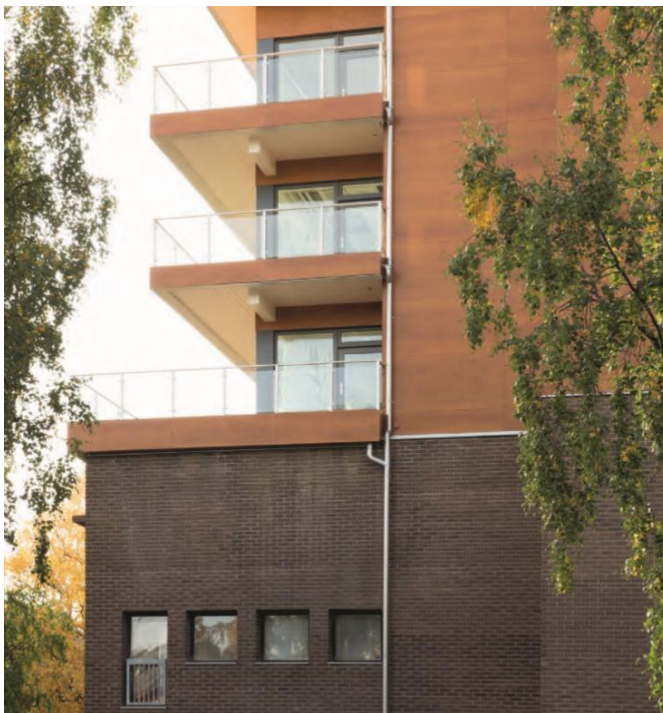
6.1.1 Tilaelementit

Tilaelementit ovat suuria rakennekokonaisuuksia, jotka rakennetaan jo tehtaalla lähes valmiiksi tilaelementeiksi. Tilassa on valmiina kantava rakenne, seinät, katto ja lattia. Sisäpinnat ovat mahdollisuuksien mukaan jo tehtaalla valmiiksi pinnoitettuja. Kaikki rakennetaan kuivissa sisätiloissa tehtaan sisällä. Tilaelementin sisälle on rakennettu kaikki LVIS-varusteet ja varaukset sekä ikkunat. Tilaelementti on kaksoisrakenteinen, ja se voidaan toteuttaa monella erilaisella rakennusjärjestelmällä esimerkiksi pilari-laattarunkoisena, kehärakenteisena, tai laat-

tarunkoisena suurelementtinä. Suuren esivalmistusprosenttinsa ansiosta työmaavaihe on erittäin nopea. Kerrostalon runkovaihe toteutuu erittäin nopeaa verrattuna paikalla rakentamiseen. (Puuinfo Oy 2018h.)

6.1.2 Betonirakenteen päällä oleva puurunko

Stora Enso on ruotsissa johtava puurakenteiden valmistaja. Markkinaosuudesta Enso tuottaa noin 90 prosenttia, ja se onkin alkanut puhua puurakentamisen puolesta ja monikäyttöisyydestä, sekä jakaa mielellään tietoa CLT- ja LVL-tekniikoista. Stora Enso on ottanut vuoden 2016 lopulla käyttöön järjestelmän, joka on avoin kaikille. Hankkeen tavoitteena on saada puurakentaminen lisääntymään huippuunsa (Kuvio 21) ja kannustamaan ihmisiä sijoittamaan puuhun enemmän. (Lundgren 2016.)

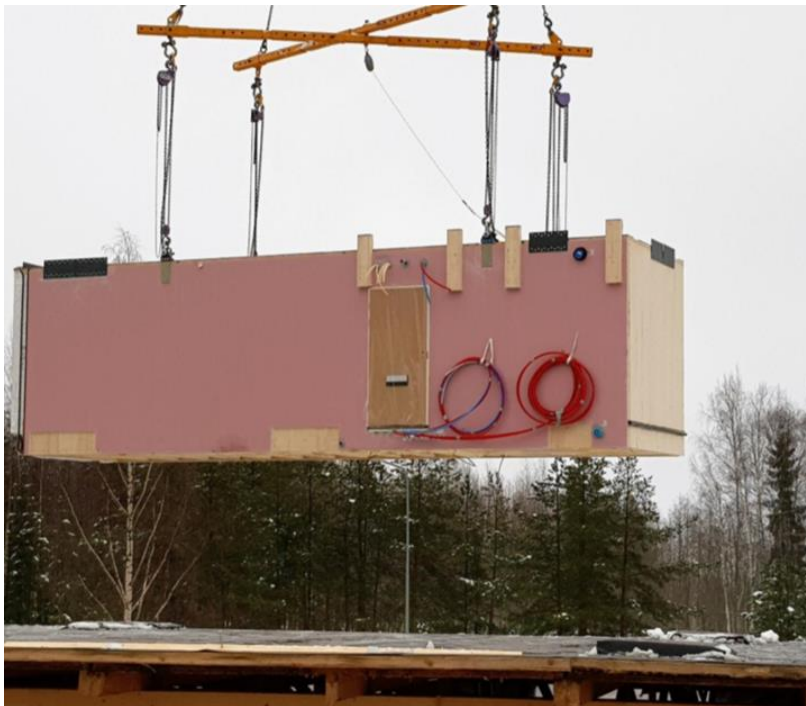


Kuvio 21. Tiilitalon päälle rakennettu puukerrostalo (Lundgren 2016)

Enso on käynnistänyt vuonna 2016 kaksi uutta talonrakennusjärjestelmää, jotka toimivat Ruotsissa, Suomessa, Ranskassa, Isossa-Britanniassa, Saksassa ja Itävallassa. Artikkelin mukaan Enso pystyy tuottamaan pitkillä jänneväleillä jopa 12-kerroksisia puukerrostaloja CLT-rakenteesta, mikäli se vain on rakennusmäärä-

yksissä sallittu. Kaikki rakenteet ja mitoitukset perustuvat eurokoodi 5:n määräyksiin ja on siten Euroopan rakennusmääräysten ja standardien mukainen. Yrityksen kehittämiin rakennusjärjestelmiin, ohjelmistoihin ja laskentatyökaluihin on vapaa pääsy kaikilla rekisteröityneillä jäsenillä. (Lundgren 2016.)

Jouni Liimatainen kommentoi tilaelementtirakentamista puhelinhaastattelussa. Hänen mukaansa tilaelementtirakentaminen (Kuvio 22) kasvaa tulevaisuudessa Suomessa, kunhan tuotanto saadaan samalle tasolle kysynnän kanssa. Tänä päivänä Suomessa valmistetaan noin 200–300 asuntoa vuodessa, kun esimerkiksi Ruotsissa vastaava luku pyörii melkein 2 500 asunnossa. Liimatainen kertoo, että tilaelementtirakentaminen on puurakenteista kilpailukykyisin vaihtoehto teollisessa rakentamisessa ja pärjää varsinkin kerrostaloissa, missä tuotetaan pieniä asuntoja. (Liimatainen 2018.)



Kuvio 22. Tilaelementin nosto työmaalla (Jwood Ky, 2018)

Tulevaisuudessa automatisaatio ja robottitekniikka valtaavat rakennusalaan teollisessa rakentamisessa. Robotit pärjäävät sisätiloissa moitteetta, kun taas Suomen ilmasto tekee robottitekniikan lähes mahdottomaksi ulkona käytettäväksi. (Liimatainen 2018.)

6.1.3 Pilari-palkkirunko ja pilari-laattajärjestelmä

Pilari-palkkirunkoinen puurakennus muodostuu vaaka- ja pystysuuntaisista pila-reista ja palkeista, jotka muodostavat ulkoseinille, ylä- ja välipohjalle hyvän ja varman tuentatavan. Kantavat rakenteet sijoitetaan tietyllä jaolla moduuliverkos-tomaisesti, joka pitkälti määrää rakennuksessa käytettävien elementtien koon. Pilari-palkkirungossa on hyvä muuntojoustavuus ja ääneneristävyys, sillä väli-pohjien liitokset voidaan tehdä helpommin erilleen kantavista rakenteista. Pilarit ja palkit voidaan upottaa ulko- ja väliseinien sisään, mutta halutessaan ne saa-daan sisätilaan näkyväksi. (Karjalainen 2002, 210–211.)

Pilari-laattajärjestelmässä kantavana rakenteena ovat pystypilarit, joihin liitetään ylä- ja välipohjat. Jäykistys hoidetaan vaakasuunnassa poikittaisilla välipohjalaat-tojen liitoksilla ja pystysuunnassa vinositeillä ja muilla jäykillä liitoksilla. Pilari-laat-tajärjestelmä on nopeasti pystytettävissä, ja se onkin yksi suurimpia etuuksia tällä rakennejärjestelmällä. Toinen etuus on pohjaratkaisun muuntojoustavuus, mikä pilari-palkkirungossa on monesti vaikeampi toteuttaa huonosta pohjaratkaisun muuntuvuudesta johtuen. Järjestelmä on mahdollinen käyttää suurissa puura-kenteisissa rakennuksissa, mutta on sinänsä harvinainen rakennusmuoto. (Kar-jalainen 2002, 211.)

6.1.4 Rankarunko

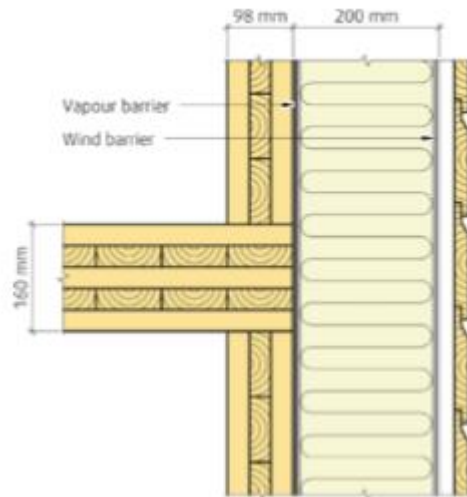
Yleisimmin käytetty rakennustapa puurakentamisessa on rankarunkoinen suurelementtitalo. Päästäkseen yli neljäkerroksisiin rakennuksiin, rakenteet ja runko tehdään yleensä vakiomittaisesta kerto- ja liimapuusta, eikä rakennusma-teriaali eroa mitenkään kantavien ja ei-kantavien rakenteiden kohdalla. Välipoh-jaratkaisut voidaan toteuttaa vapaasti, esimerkiksi palkkivälipohjana tai kotelo-laattana. Jännemitat voivat kasvaa pitkiksikin, mikäli rakenteen korkeus on riit-tävä. Hybridirakenne eli betonin ja puun yhdistelmä rakenne lisää myös mahdolli-suuksia kasvattaa jännemittoja. (Puuinfo Oy 2018f.)

Rankarakenteen ominaisuudet ovat hyvät, sillä esimerkiksi energiatehokkuus ja ilmatiiviys ovat mahdollisia saavuttaa jopa passiivitasoon asti. Talotekniikan mah-

dollisuudet ovat hyvät ja joustavat, jotka voidaan huomioida aina erilaisten tarpeiden mukaisiksi. Koska puurakenne toimii hyvin betonin kanssa yhdessä, rankarakenteen käyttömahdollisuudet ovat erittäin monipuoliset. Elementit on mahdollista valmistaa tilaajan toivomusten mukaan ja korkea esivalmiusaste nopeuttaa rakennusaikaista aikataulua. Mikäli tähän hyödynnetään vielä insinööripuutuotteita, ovat painumatkin vähäisiä. (Puuinfo Oy 2018h.)

6.1.5 CLT-massiivipuutalo

Massiivipuiset rakennukset, kuten CLT-tekniikalla tehdyt rakennukset vaativat huolellisuutta lämmöneristysvaatimusten täyttämiseksi. Rakenne on suunniteltava tuulettuvalla ilmavälillä. Rakenteessa oleva höyrynsulku on villan ja sisäpuolen seinän välissä ja tuulensuojalevy on asennettu ulkoseinän tuuletusraon ja villan väliin. Oikeinsuunnittelussa puurakenteessa diffuusiot eivät aiheuta kosteusvaurioita, mutta konvektio sen sijaan on syytä ottaa huomioon mahdollisena kosteusvauriotekijänä. Tutkimuksessa otetaan kantaa siihen, että CLT-rakenteet olisi suunniteltava tiiviillä ilmavälillä (Kuvio 23). Puu on materiaalina elävä, joka kuivuessaan kutistuu, ja kosteutta saadessaan laajenee. Tämä aiheuttaa paikallisia epävarmuustekijöitä rakentamisessa. CLT-rakenteissa tulee varmistaa rakentaminen tarpeeksi kuivista rakennusmateriaaleista, jotta riittävä tiiviys rakenteissa saadaan varmistettua. Pohjoismaisissa kylmissä oloissa on käytettävä vesihöyrynsulkua, sekä tuulensuojaa rakenteessa, niin rakenne toimii oikein. (Skogstad, Gullbrekken, Nore. 2018.)



Kuvio 23. Välipohjaliitoksen ratkaisu (Skogstad ym. 2018)

Jouni Liimatainen uskoo CLT-rakenteen kasvuun ja suosioon Suomessa. Tulevaisuudennäkymistä Liimatainen avaa, että massiivipuुरakentaminen lisääntyy lähivuosina Suomessa suurin askelin (Kuvio 24), mitä se on oikeastaan tehnyt jo viimeiset viisi vuotta. Kysymys onkin lähinnä tehdastuotannon vilkastumisesta, sillä kaikki CLT-elementit myydään loppuun ennen kuin ne kerkeävät tehtaalta ulos. Liimatainen arvioi Suomen olevan myöhässä puurakentamisen kehittämisessä, verrattuna esimerkiksi Ruotsiin, Saksaan, Viroon tai vaikka Japaniin. Karkeasti Liimatainen arvioi, että Ruotsi on kymmenen vuotta edellä Suomea puurakentamisessa ja Japani jopa 20 vuotta. (Liimatainen 2018.)



Kuvio 24. Massiivipuutalon rakennustyömaa (Jwood Ky 2018)

Liimataisen mielestä Puurakentamisen yksi hankaloittava tekijä on sen rankat säädökset Suomessa. Esimerkiksi paloturvallisuustekijöissä Euroopan standardit sanovat yleisesti, että sprinklerijärjestelmää asennettaessa, muuta erillistä palo-suojausta kuten Gyproc-seinälevyjä ei tarvita. Liimatainen kuitenkin korostaa terävästi, että turvallisuus on erittäin tärkeää ja sprinklerijärjestelmä on paras tapa vähentää palokuolemia. Kysymys onkin enemmän siitä, onko järkevää asentaa rakennuksiin kaksinkertaista palosuojausmenetelmää. (Liimatainen 2018.)

6.1.6 Hirsirakenne

Vanhin ja perinteisin rakennusmuodoista on hirsirakentaminen. Hirsirakentaminen on valloillaan varsinkin loma-asunnoissa, kuten mökeissä ja taloissa, joissa käytetäänkin pääasiassa pyöröhirttä. Samaan tapaan pienemmissä ja normaalkokoisissa rakennuksissa voidaan käyttää myös pelkkahirttä ja kelohirttä. (Puu-info Oy 2018h.)

Lamellihirsi sopii monipuolisesti kaikenkokoiseen rakentamiseen. Se valmistetaan useammasta puusta, halutun muotoiseksi ja kokoiseksi. Rakenteessa etuina

ovat vähäinen painuminen ja tasainen ominaisuus, mikä ei ole perinteisessä hirsirakentamisessa yleistä. Varsinkin pyöröhirsiiä joudutaan monesti sovittelemaan paikalleen ja veistämään oikeaan asentoon ja korkoon. Lamellihirrestä voidaan rakentaa suuriakin kohteita, esimerkiksi isoja varastoja tai halleja. (Puuinfo Oy 2018h.)

6.1.7 Kattoristikko

Saksa on yksi puurakentamisen edelläkävijöistä. Saksassa rakennetaan paljon suuria julkisia kohteita puusta ja varsinkin CLT-rakenteista, joka tunnetaan saksassa nimeltä KLH (Kross Lamine Holz). Kattoristikko on yksi tärkeimpiä rakennuksen tukipilareita (Kuvio 25), jonka on kestävä erilaisia kuormituksia, kuten katon omapaino, hyötykuorma ja lumikuorma. (Wagner, 2018.)



Kuvio 25. Massiivisen hallirakennuksen ristikkorakenne Saksassa (Wagner 2018)

Kattoristikko muodostaa yleisimmin kolmionmuotoisen rakenteen, joka jakaa painon tasaisesti ristikon keskeltä laidoille, jossa seinärakenne ottaa koko katon kuorman tasaisesti vastaan. Suurissa rakenteissa käytetään suurta puupalkkia

keskellä tasaamaan kattoristikon painoa ja ottamaan sen hallitusti vastaan. (Wagner, 2018.)

6.2 Rakentamisen tulevaisuudennäkymät

Puurakentamisen tulevaisuus näyttää teoriassa valoisalta. Kaikki puheet ja tutkimukset viittaavat siihen, että puun käyttöä tulisi lisätä ja kovasti tätä kohti onkin enenevissä määrin menty. Varsinkin rakentamisteollisuudessa uusiutuvan raaka-aineen käyttö näkyisi tulevaisuudessa hyvin positiivisesti ympäristöä ja luonnonvaroja ajatellen, koska tällä hetkellä rakentaminen kuluttaa tuhottomasti maapalloa ja jättää jälkeensä hurjan määrän jätettä. (Metsäteollisuus 2010, 4.)

Käynnissä olevalla maa- ja metsätalousministeriön kärkihankkeella Puu liikkeelle ja uusia tuotteita metsästä, tavoitellaan puun käytön lisäämistä, monipuolistamista ja jalostusarvon kasvattamista. Tavoitteita lähdetään toteuttamaan pureutumalla niin puurakentamisen säädöksiin ja määräyksiin, kuin myös metsätalouteen. Metsänhoitoa halutaan parantaa edelleen, metsätilakokoja kasvattaa ja metsätilojen sukupolvenvaihdoksia nopeuttaa. Näihin konkreettisia toimia ovat muun muassa verotuksen muuttaminen ja sähköisten metsätietojärjestelmien ja palveluiden kehittäminen. (Maa- ja metsätalousministeriö 2018b.)

Puun käyttö näkyy todennäköisesti vauhdikkaimmin uusina tuotteita ja välineinä kansainvälisten ongelmien ratkaisuisissa, mutta rakentamisessa se näkyy vahvimmin puukerrostaloina. Suomen väkiluvun kasvaessa ja asukkaitten yhä edelleen kaupungistuessa, kerrostalorakentaminen tulee väkisinkin kasvamaan. Yhtenä huhuttuna tavoitteena onkin nostaa uusien puukerrostalojen osuutta kymmeneen prosenttiin kaikesta kerrostalorakentamisesta Suomessa. (Pohjola 2017.)

Puuta pyritään lisäämään myös infrastruktuuriin. Liikenne- ja viestintäministeriö kannustaa puisten siltojen suunnitteluun ja rakentamiseen. Liikenne- ja viestintäministeri Anne Bernerin mukaan jo tämän vuoden 2018 huhtikuun aikana julkaistaan ohjelma, joka ohjeistaa puun käyttöä myös infrarakentamisessa. (Palokallio 2018.)

7 TULOKSET

7.1 Vastausprosentti ja tulosten koonti

Lapin 21:stä kunnasta tavoitettiin 20. Vastausprosentti nousi 95 prosenttiin, mikä on yllättävän korkea. Tulokset ovat koottu alle kunnittain. Kunnat ovat maantieteellisessä järjestyksessä aakkostettuna. Vastauksista on tehty myös tulosten koontitaulukko, joka löytyy työn liitteistä (Liite 2). Tulokset ovat yksinkertaistettu taulukkoon niin, että siellä on vain oleelliset tiedot kolmen sarakkeen alla; kunta, rakennus ja valmistusvuosi. Näin taulukkoon on koottu tulosten ydin helposti nähtäville ja vertailtavaksi. Taulukosta nähdään helposti mitä kunnissa on rakennettu ja milloin. Taulukossa ei ole kuntia, joissa ei ole rakennettu uusia julkisia rakennuksia.

7.2 Etelä-Lappi

7.2.1 Kemi

Kemissä puhutaan ja toimitaan tiiviisti puurakentamisen puolesta. Yksi mainituimmista puurakentamisen puolestapuhujista on Tytti Ahoranta, joka työskentelee projektipäällikkönä Kemin Digipoliksella. Digipolis onkin toteuttanut useampia puurakentamisaiheisia hankkeita ja projekteja. Yhteen näistä hankkeista kuului rakennuttaa 59 m²:n mökki CLT:stä Sampo risteilijän check in-tilaksi. Hanke toteutui ja mökki valmistui vuonna 2014.

Kemin kaupunki on myös mukana arktisen puurakentamisen toimenpideohjelmassa, jonka myötä Kemi haluaa toimia aktiivisesti Nordic Wooden Cities – yhdistyksessä ja Arktiset puukaupungit verkostossa. Kaupunki pyrkii myös ohjaamaan ja neuvomaan oikeaoppista puunkäyttöä korjaus- ja uudisrakentamisessa.

Käytännössä toimenpideohjelman toteuttaminen tarkoittaa, että uudisrakentamisessa pyritään aina ottamaan huomioon puurakentamisen vaihtoehto. Kemissä rakentaminen painottuu vanhojen rakennusten korjaamiseen ja kunnostamiseen. Uudisrakentaminen on valitettavasti vähäistä, kertoi kaupunginarkkitehti Kaisa-Mari Immonen.

Kemiin on kuitenkin noussut useita puurakenteisia julkisia rakennuksia. Näitä ovat vuonna 2015 rakennettu Kivikon päiväkotia, kesällä 2017 rakennettu Kiikelin näköalatorni (Kuvio 26), ja CLT:stä vuonna 2016 rakennettu Sauvosaaren jalkapallokatsomo.



Kuvio 26. Kiikelin näköalatorni valmistui kesällä 2017 (Kemin kaupunki ym. 2018)

Lisäksi Immonen kertoi, että Pajarirantaan rakennetaan puurakenteinen päiväkotia vuonna 2019. Julkisen rakentamisen ulkopuolelta hän mainitsi, että Kemiin on tehty aluevarauksia myös puukerrostaloille.

7.2.2 Keminmaa

Keminmaan kunnasta Seppo Selmgren kommentoi lyhyesti ja ytimekkäästi, ettei kunnassa ole minkäänlaista puurakentamisen toimintaa tällä hetkellä suurien julkisten kohteiden kanssa. Toimintaa ei ole ollut viimeisen kymmenen vuoden aikana. Selmgren kommentoi, että kunnassa ollaan kuitenkin avoimesti sitä mieltä, että puurakentamisen suuntaan kehitystä olisi tapahtumassa lähitulevaisuudessa. Selmgren lisäsi, että puurakentamista ei ole kuitenkaan kirjattu kuntastrategiaan, eikä uusia puurakentamisen kaavoituksia ole vielä tehty.

7.2.3 Pello

Pellon kunnan vastaava elinvoimajohtaja Tuomas Mathleim kertoi, että Pellossa on toteutettu julkista puurakentamista. Vuonna 2012 palvelukodin laajennus toteutettiin puurakenteisena. Kerrosalaltaan laajennus oli 342 m². Tulipalon jäljiltä uusittu ja saneerattu palveluasumisyksikkö 535 m² oli toinen vuonna 2012 rakennettu julkinen puurakennus. Pellon kunta ei ole rakennuttanut julkisia rakennuksia puusta vuoden 2012 jälkeen. Uusia hankkeita on vireillä Ritavalkealla. Ritavalkean hanke on sen verran alussa, että rakennusmateriaaleja ei ole päätetty. Varsinaisen kaavasuunnittelun osalta hankkeen on määrä jatkua syksyllä.

Mathleim sanoi, että Pellon kuntastrategiaan ei ole kirjattu puurakentamista erikseen, mutta puun käyttö tulevissa kohteissa huomioidaan mahdollisuuksien mukaan. Seuraava tuleva monitoimitalo on hankesuunnitelmavaiheessa ja puun käyttöä mietitään parhaillaan vaihtoehtona. Päätöksiä materiaalin käytöstä hankkeessa ei ole vielä kuitenkaan tehty.

7.2.4 Posio

Posion kunnanjohtajalta Heli Knutarkselta sai hyvin ytimekkäät ja lyhyet vastaukset. Posiolla ei ole rakennettu mitään julkisia puurakennuksia viimeisen kymmenen vuoden aikana, eikä myöskään uusia investointeja ole tiedossa. Uusien investointien ilmaantuessa on kuitenkin mahdollista, että puurakentamisen vaihtoehto otetaan huomioon. Puurakentaminen ei kuulu vielä tänä päivänä Posion kunnan kuntastrategiaan.

7.2.5 Ranua

Ranua osoittautui yllättävän virkeäksi puurakentamisen kunnaksi haastateltuani Ranuan teknisen osaston johtajaa Risto Niemelää. Ranuan Kirkonkylän kouluissa havaittiin sisäilmaongelmia, joten koululaisille tarvittiin uusia tiloja. Homekoulujen viereen rakennettiin erillisiä puuelementtirakennuksia. Lukiolaisten ja yläkoululaisten 2 000 m²:n puuelementtikoulu valmistui vuonna 2016 ja toinen alakoululaisille suunnattu 564 m²:n koulu valmistui vuonna 2017.

Myös Kristillisen kansanopiston opiskelijoita on siunattu puurunkoisella 450 m²:n rivitaloasuntolalla, joka valmistui jo vuonna 2011. Lisäksi Ranuan eläinpuiston lomakylässä kukoistaa puurakentaminen (Kuvio 27). Sinne on rakennettu noin viisi vuotta sitten kymmenen puurakenteista 160 m²:n paritaloa ja vuonna 2017 vielä viisi paritaloa lisää.



Kuvio 27. Ranuan puurakenteinen lomakylä Gulo gulo on saanut nimensä ahman latinankielisestä nimestä (Inmind media Oy 2018)

Ranualla on myös jatkossa suunnitteilla toteuttaa puurakentamista kunnassaan. Uuden 3 000 m²:n terveyskeskuksen rakennustyöt ovat jo alkaneet. Uusi terveyskeskus on betonirunkoinen, mutta siihen käytetään myös puurunkoelementtejä ja puuverhoiluja. Terveyskeskuksen odotetaan valmistuvan tämän vuoden loppuun. Lisäksi Ranualle rakennetaan myös vanhusten palvelutalo, jonka pinta-ala on 1 600 m². Palvelutalo on vasta suunnitelmavaiheessa, mutta rakennus toteutetaan puurunkoisena ja yksityisen rakentamana.

Ranuan kotisivuilta löytämässäni kuntastrategiassa kirjoitetaan näin: ”kestävän kehityksen huomioiminen luonnonvarojen hyödyntämisessä ja jalostamisessa.” Tämä yhtenä kunnan strategisena tavoitteena voi olla osasyynä Ranuan vireään puurakentamiseen. Ranualla todellakin huomioidaan kestävä kehitys ja hyödynnetään luonnonvaroja, ainakin rakentamisessa.

7.2.6 Rovaniemi

Rovaniemi on Lapin suurin kaupunki ja pinta-alaltaan koko Suomen suurin kaupunki, joka toimii Lapissa yhtenä suunnannäyttäjänä puurakentamisen linjalla. Tilaliikelaitoksen johtaja Pekka Latvala toteaa, ettei Rovaniemen kaupunki ole yksin rakennuttanut puisia julkisia rakennuksia, mutta kaavoituksia on tehty yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa. Latvala kommentoi kaupungin rakennuttaneen joitain yksittäisiä rakennuksia, joiden runkomateriaalina toimii puu. Näistä yksittäisistä puurakennuksista ei kuitenkaan saatu tarkempaa tietoa rakennusvuodesta, tai onko kyseessä edes kartoitusta tukeva julkinen rakennus.

Tiedekeskus Pilke on Rovaniemen tunnetuin puurakenteinen julkinen rakennus. Pilke on 135:n työntekijän toimistorakennus, missä sijaitsee myös 650 m²:n näyttelytilat tiedekeskukselle. Rakennuksen suunnitteli suurten puurakennusten osaaaja Artto Palo Rossi Tikka Oy (APRT). Rakentaminen aloitettiin syksyllä 2009 ja se luovutettiin tilaajalle jo seuraavan vuoden syksynä. Rakentamisessa on käytetty pilari-palkki-järjestelmän ratkaisua. Perustukset eli kivijalka on valettu betonista. Julkisivu on rakennettu puurakenteisista ulkoseinäelementeistä. Pilkkeen kotimaisuusaste nousee yli 90 prosenttiin perustuen työntekijöiden ja rakennusmateriaalien kotimaisuuteen.

Kaupunginarkkitehti Tarja Outila antoi paljon tietoa useammasta uudesta puurakentamisen kaavoituksesta, jotka ovat joko jo lainvoimaisia tai vasta suunnittelu- ja kilpailutusvaiheessa. Monet näistä eivät kylläkään kuulu julkisiin rakennuksiin. Ensimmäinen jo lainvoimainen asemakaavan muutos on Riihipellonpuiston asemakaava, jonne suunnitellaan opiskelijoiden asuintaloa DAS- kelo (Kuvio 28).



Kuvio 28. DAS-kelosta rakennetaan kahdeksankerroksinen opiskelijoiden asuintalo (Lapin Kansa 2017)

DAS-kelo rakennetaan innovatiivisesti ja kiertotalouden periaatteita soveltaen. Kaava laadittiin kumppanuuskaavana, jossa on mukana Domus Arctica-säätiö, Lapin yliopisto, Lapin ammattikorkeakoulu ja Rovaniemen kaupunki. Kaava laadittiin vuodessa. Domus Arctica-säätiö on hakenut rahoitusta puukerrostalohankkeelle ja näillä näkymin tämä opiskelijoille suunnattu kerrostalo on puurakenteinen. Alustavien määrätietojen mukaan asuintalo on kahdeksankerroksinen, jossa ensimmäinen kerros olisi teräsbetonirunkoinen. Muut kantavat rakenteet olisivat valmistettu CLT:stä.

Outila kertoi, että puu- ja hirsirakentamista pyritään edistämään myös Ojanperällä Metsäruusun alueella. Kyseiselle alueelle on kaavailtu puurakentamista yhteistyössä Oulun yliopiston kanssa. Kaava kuuluu osana hirsikaupunki Lappi-hanketta. Hanke on vasta niin alussa, että aineisto on pääasiassa vielä organisaation sisäistä, mutta kaavatorilla on nähtävissä kaavan kuvaus ja vähän tarkempiakin selvityksiä. Metsäruusun alueella on tarkoitus tutkia puu- ja hirsirakentamista monipuolisesti, sekä kehittää aluetta vetovoimaiseksi asuinalueeksi.

Kolmas Outilan mainitsemista puurakentamisen hankkeista on Valionrannan hotellihanke (Kuvio 29). Puurakentamisen mahdollisuutta tutkitaan, vaikka Valionrannan kaavatyö on vasta alussa. Kaava toteutetaan kumppanuuskaavana, jo-

hon haetaan kaavakumppaneiksi kolmea ryhmää. Tarvittavat tahot ovat rakennuttaja, hotellioperaattori ja arkkitehti. Tavoitteena on saada alueelle laadukas matkailupalvelujen alue, huomioiden suunnittelualueen tärkeys ja matkailun kasvava merkitys.



Kuvio 29. Luonnoskuva Valionrannan hotellihankkeesta (Talvitie 2017)

Viimeisin Outilan mainitsema kaava liittyi tiedekeskus Pilkkeen laajentamiseen, sekä biokampuksen kehittämiseen. Alueella sijaitsee Metsähallituksen tiedekeskus Pilkkeen lisäksi Arktikumin tiedekeskus ja museo. Kaavamuutosta haetaan, koska Pilke- tiedekeskusta halutaan laajentaa bio- ja ympäristöalan toimijoiden käyttöön. Pilkkeen alueen muutoskaavalla selvitetään biokampuksen ja sitä tukevien toimintojen sijoittamista suunnittelualueelle. Kaavassa selvitetään myös paikoitusrakennuksen käyttötarkoituksen muuttamista ja lisärakentamista sekä avantouintimahdollisuuden osoittamista alueelle. Rakennusmateriaalina käytettäisiin todennäköisimmin puuta, kuten tiedekeskus Pilkkeessäkin on käytetty. Tavoitteena on, että asemakaavan muutos tulisi voimaan vuoden 2018 aikana.

7.2.7 Simo

Simossa ei ole rakennettu julkisia puurakennuksia viimeisen kymmenen vuoden aikana, eikä uusia investointejakaan puurakentamisen saralla ole näkyvissä.

Teknisen osaston johtaja Ilkka Soukka totesi myös, ettei Simon kuntastrategiaan ole otettu huomioon puurakentamisen mahdollisuutta.

7.2.8 Tervola

Tiina Havela kommentoi Tervolan kuntaa puurakentamisen osalta nousevana. Tervolassa on rakennettu puusta esimerkiksi päiväkoteja. Mitään suurta Tervolassa ei kuitenkaan ole, mutta puurakentamisen mahdollisuudet tunnetaan. Havela kertookin, että puurakentaminen on Tervolassa aina etusijalla. Kuntastrategiaan puurakentamista ei ole kuitenkaan kirjattu.

7.2.9 Tornio

Torniossa on rakennettu useita pienehköjä puisia julkisia rakennuksia. Tornion ja Tervolan kunnan rakennustarkastaja Tiina Havela kertoi, että rakennukset eivät kuitenkaan ole suuria, mutta ne ovat täysin puurakenteisia. Torniossa on rakennettu hoitolaitoksia ja päiväkoteja puusta. Tarkkoja tietoja Havela ei pystynyt rakennuksista etsimään. Kunta on Havelan mukaan kuitenkin valmis kehittymään puurakentamisessa, vaikka heillä ei ole mitään erikoista kuntastrategiaa puurakentamisesta. Puurakentaminen on kuitenkin aina ensimmäinen vaihtoehto ja mahdollisuus Torniossa.

7.2.10 Ylitornio

Ylitornio on ainut kunta, jonka vastaus jäi puuttumaan. Lukuisista yhteydenotto-pyyntöistä huolimatta Ylitorniosta ei tavoitettu henkilöä, joka olisi pystynyt vastaamaan tähän kyselyyn luotettavasti.

7.3 Itä-Lappi

7.3.1 Kemijärvi

Kankaanranta Markku kommentoi Kemijärven kuntaan olevan rakennettu puurunkoinen kehitysvammaisten ryhmäkoti vuonna 2015. Muita suurempia julkisia

kohteita ei Kemijärvellä ole rakennettu, eikä tällä hetkellä ole tiedossa uusia kaavoituksia. Kankaanranta kertoi, ettei puurakentaminen kuulu erikseen kuntastrategiaan, mutta se otetaan vaihtoehtona aina huomioon uusia rakennushankkeita suunniteltaessa.

7.3.2 Pelkosenniemi

Pelkosenniemellä ei ole rakennettu tähän mennessä puurakenteisia julkisia rakennuksia. Pelkosenniemen kunnan rakennustarkastaja Keijo Kotavuopio kommentoi, että vireillä olevan koulurakennushankkeen pääasiallinen rakennusmateriaali on puu ja hirsi. Hanketta ei ole vielä hyväksytty ja päätetty hallituksessa rakennettavaksi. Hankkeesta tehdään rakennuspäätös tulevan syksyn aikana. Kotavuopio kertoi, että kuntastrategiaan ei ole kirjattu erikseen puurakentamista. Hän kuitenkin painotti kunnan kehittyvän puurakentamisen suuntaan, ja ottavan sen aina huomioon mahdollisena päärakennusmateriaalina, mikäli kustannukset ja kunnan varat sen sallivat.

7.3.3 Salla

Sallan kunnan rakennustarkastaja Yrjänheikki Erkki kertoi, että julkisia rakennuksia ei ole rakennettu puusta Sallan kunnassa. Yrjänheikki kuitenkin kertoo, että matkailuohjelmalveluihin liittyviä rakennuksia on rakennettu yksityisellä sektorilla loma- ja vapaa-ajan asunnoiksi. Kunnan kaavoituksessa ei ole rajattu erikseen puurakentamista, vaan kaikki loma-, matkailu- ja omakotitalotontit ovat sellaisia, jotka mahdollistavat puurakentamisen. Uusista suurista vapaa-ajanasunnoista suurin osa on rakennettu hirrestä. Puurakentamista ei ole erikseen merkitty kuntastrategiaan, mutta Yrjänheikki kommentoi Sallan kunnan olevan valmis kehittämään rakentamista puurakentamisen suuntaan lähivuosina.

7.3.4 Savukoski

Savukoskella on hiljattain rakennettu kaksi suurempaa julkista kohdetta, jotka ovat paloasema ja päiväkotia. Savukosken kunnan rakennustarkastaja Kotavuopio Keijo kertoi, että paloaseman hallitiloissa on käytetty ThermiSol-elementtejä, kun

taas kaikki toimistotilat rakennuksessa ovat tehty puusta. Päiväkoti rakennettiin puuelementeistä, ja tuotiin paikanpäälle suurempina rakennusosina.

Savukoskella ei ole tehty uusia kaavahankkeita näiden rakennusten jälkeen, eikä lähitulevaisuudessa ole näkyvissä julkista rakentamista. Sokli-kaava kuitenkin löytyy, joka toisi kuntaan paljon rakentamista. Hanke ei ole edellisten vuosien aikana kuitenkaan edennyt. Kotavuopio kertoi, että puu otetaan huomioon ensisijaisena rakennusmateriaalina, mikäli se on kustannustehokkuuden ja rakennusmääräysten nojalla mahdollista. Erikseen kuntastrategiaan asiaa ei kuitenkaan ole kirjattu, Kotavuopio sanoi.

7.3.5 Sodankylä

Sodankyläkin on mukana Kemin ja Enontekiön tavoin Nordic wooden cities-yhdistyksen toiminnassa. Sodankylään onkin rakennettu jo useampia puurakentaisia julkisia rakennuksia, kertoi teknisen osaston tilapalvelupäällikkö Ville Pyhäjärvi. Vuonna 2008 valmistui tehostetun palveluasumisen yksikkö Nutukas ja vuonna 2012 Poikkijoen päiväkoti sekä seuraavana vuonna 2013 liikuntahalli. Pyhäjärvi tarkensi, että heillä ei ole hyödynnetty massiivipuurakentamista, mutta runkoratkaisussa on käytetty puuta.

Sodankylässä puhutaan kovasti puurakentamisen puolesta. Varsinaista puurakentamisen kuntastrategiaa heillä ei ole, mutta puurakentaminen on ollut vahvasti esillä ja sitä on pyritty edistämään useammissa hankkeissa. Pyhäjärvi mainitsi itse kannattavansa puurakentamista, koska kokee sen olevan kestävä kehityksen mukaista. Hän ajaisi kuulemma mielellään Sodankylän kuntastrategiaakin puurakentamisen suuntaan, jos pystyisi siihen vaikuttamaan.

Kakslauttasen alueelle Sodankylään kaavaillaan ja rakennetaan parhaillaan uutta. Varsinaista kaavoitusta puurakentamiselle ei ole, mutta tässäkin tapauksessa puurakentamista kovasti painotetaan ja puusta rakennetaan, kertoi Pyhäjärvi.

7.4 Länsi-Lappi

7.4.1 Kittilä

Kittilässä ei ole hyödynnetty puuta varsinaisessa julkisessa rakentamisessa, kuten kouluissa tai päiväkodeissa, mutta matkailu- ja lomakeskus Levillä rakennetaan loma-asunnot pääasiassa puusta. Enemmän puurakentaminen painottuu Kittilässä kuitenkin puuverhoiluun. ”Puuverhouksilla saadaan kauniit puupinnat betonirakentamiseenkin”, kertoi kunnan tekninen johtaja Lauri Kurula.

7.4.2 Kolari

Kolari pyrkii strategisessa tavoitteessaan olemaan Lapin vetovoimaisin kunta asumisen ja lomailun kannalta. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi puurakentamista voidaan käyttää välineenä, kertoi Kolarin kunnanjohtaja Antti Määttä. Kolaariin rakennettiin kaksi puurakenteista koulua vuonna 2017. Jatkossa lisää puisia julkisia investointeja ei ole ainakaan vielä näköpiirissä, jatkoi Määttä.

7.4.3 Muonio

Muoniossa ei ole hyödynnetty puuta uudisrakentamisessa, mutta siellä on tehty joitain peruskorjauksia puusta, epäili kunnanrakennusmestari Jaakko Muotka. Hän kertoi myös, että uutta terveys- ja hyvinvointikeskusta ruvetaan rakentamaan vuoden 2018 aikana, mutta kilpailutukset rakennusmateriaalista, puu vastaan betoni ovat vasta käynnissä.

7.5 Pohjois-Lappi

7.5.1 Enontekiö

Enontekiö yllätti melko aktiivisella ja tuoreella julkisen puolen uudisrakentamisella, missä on käytetty päämateriaalina nimenomaan puuta. Vuonna 2015 valmistui 650 m²:n päiväkotit, jossa on käytetty puuelementtejä ja runkokin on valmistettu puusta. Lisäksi vuonna 2017 valmistui myös uusi monitoimitalo pinta-

alaltaan 1 200 m², kun edellinen paloi. Monitoimitalo pitää sisällään koulun, päiväkodin ja liikuntahallin. Talo on betonirunkoinen, mutta muuten sen rakentamisessa on käytetty puuelementtejä. Uusista julkisista puurakennuskohteista ei ole tehty päätöksiä. Lisäksi Enontekiön kunta on mukana Nordic wooden cities-yhdistyksessä. Tiedot antoi Enontekiön tekninen johtaja Kimmo Lämsä.

7.5.2 Inari

Inarin tekninen johtaja Arto Leppälä aloitti vastauksensa puurakentamisaiheeseen toteamalla, ettei heidän kunnassaan ole puurakentamisen strategiaa. Myöhemmin hän lisäsi, että strateginen suunnittelu kuuluu vahvasti kunnanhallituksen eli politiikkojen toimialaan. Leppälä ei itse kuulu kunnanhallitukseen, joten hän ei voi varmaksi sanoa, onko kunnanhallituksen sisällä puhuttu puurakentamisesta strategisen suunnittelun yhteydessä.

Inarissa on rakennettu julkisia rakennuksia Leppälän sanojen mukaan ”perinteisellä tavalla”, eikä mitään puuideologiaa ole rakentamisessa käytetty. Myöskään uusia kaavoituksia ei ole suunnitteilla ainakaan puurakentamisen puolella.

7.5.3 Utsjoki

Utsjoen kunnan rakennustarkastaja Markku Porsanger kommentoi lyhyesti ja ytimekkäästi, ettei Utsjoella ole tehty ainuttakaan puurakenteista julkista kohdetta viimeisen kymmenen vuoden aikana. Puurakentamista ei ole tiedossa myöskään lähitulevaisuuden hankkeissa. Porsanger mainitsee kustannustehokkuuden yhdeksi syyksi puurakentamisen puuttumiselle. Utsjoen kuntastrategiassa ei ole mainittu puurakentamista, eikä kaavahankkeita ole vireillä.

8 POHDINTA

8.1 Kartoituksen eteneminen

Kartoitus tuntui aluksi ajatuksena laajalta työltä, koska Lapissa on 21 kuntaa. Työn jakautuessa kahteen eri osaan, laajuus alkoi näyttää sopivalta. Työn edetessä kartoitus oli hoidettu alta pois hyvissä ajoin. Muutaman kunnan kohdalla jouduttiin kuitenkin tavoittelemaan sopivaa henkilöä useampaan otteeseen. Yhteyshenkilöt olivat pääasiassa kunnanjohtajia, teknisen osaston johtajia, kehitysjohdajia tai kaupungin arkkitehtejä. Osa kunnista jäi roikkumaan työn loppuvaiheeseen, kun yhteyshenkilöitä ei meinannut tavoittaa. Harva vastasi sähköposteihin suoraan, mutta muistutussähköposti auttoi yllättäen saamaan lisää vastauksia. Suurimman osan vastauksista sai kuitenkin parhaiten puhelimitse. Kartoitus tehtiin joulukuun-huhtikuun aikana.

Kartoituksen edetessä tuli vastaan muutamia epäkohtia. Kartoitus lähti liikkeelle sähköpostikyselyllä, jossa esitettiin useampi kysymys tavoitteiden saavuttamiseksi (Liite 1). Sähköpostivastausten perusteella kysymyksiä olisi voinut tarkentaa ja alustaa sen verran, että olisi tuotu selkeästi ilmi, mitä puurakentamisella tarkoitetaan.

8.2 Eteen tulleita epäkohtia

Väärinymmärryksiä syntyi siinä, mikä lasketaan oikeaksi puurakentamiseksi, jotta se voidaan hyväksyä työhön. Useimmin esiintynyt vastakysymys koski aiheena rakenteita ja runkoa. Epäiltiin pelkän puurungon riittävyyttä perusteluiksi siihen, että kyseessä on aito puurakennus. Toinen yleinen vastakysymys koski massiivipuuta ja sen puuttumista rakennuksessa. Vastaajat luulivat, ettei rakenne ole puurakenne, jos massiivipuuta ei ole käytetty. Kolmanneksi yleisin kysymys oli puun hyödyntämisestä rakennuksessa. Ymmärrettiin helposti väärin, että pelkkä puun hyödyntäminen rakentamisessa tekee rakennuksesta puurakennuksen. Viimeisenä epäkohtana tuli ilmi kysymys, joka koski korjausrakentamista. Ajateltiin, että rakennus muuttuu puurakenteiseksi, jos korjausrakentamisessa on hyödynnetty puuta esimerkiksi verhoilemalla julkisivu puulla. Metsätalouden oli vaikea

vastata kysymyksiin, jotka koskivat rakennustekniikkaa. Oikeastaan ei ole olemassa suoranaista määritelmää siitä, mikä lasketaan aidoksi puurakentamiseksi. Ei haluttu laittaa liian tarkkoja vaatimuksia puurakentamisen suhteen ja tuloksissa onkin huomioitu monenlaista puurakentamista. Vähäisempää puurakentamista kirjattiin ylös ainakin silloin, kun kunnassa ei ollut harjoitettu puurakentamista juuri ollenkaan tai sitä ei ollut käytetty päärakennusmateriaalina.

Jokin kysymysten asettelussa aiheutti myös epäilyksiä siinä, kuka rakennukset on rakennuttanut. Vastauksia ei haettu niinkään siihen, onko julkisia rakennuksia rakennuttanut yksityinen vai julkinen sektori, mutta jostain tällainenkin epäkohta syntyi. Rovaniemen kaupungin kanssa tämä ongelma tuli ehkä selvimmin esille, kun kunnanjohtaja takertui kaupungin rakennuttamiin hankkeisiin ja eri tahojen kanssa yhteistyössä rakennettuihin hankkeisiin. Lopulta ei saatu yhtään selkeää vastausta siihen, mitä on rakennettu milloinkin.

Kysymys kuntastrategiasta oli turha, jos vastaajana toimi joku muu kuin kunnanjohtaja. Teknisen osaston johtajat tai arkkitehdit eivät välttämättä osaa tällaisiin kysymyksiin vastata. He ilmaisevat ainoastaan oman henkilökohtaisen mielipiteensä, joka toi haastatteluihin mukavaa värikkyyttä. Tulosten koontitaulukosta on jätetty kuitenkin kuntastrategiset asiat pois, koska niitä vastauksia saatiin erittäin satunnaisesti.

8.3 Kuntakohtaista pohdintaa

Kokonaisuudessaan vastauksista yllätti se, kuinka monessa kunnassa puurakentamista oli jo harjoitettu tai harjoitetaan. Täysin selkeitä vastauksia puisista olemassa olevista julkisista rakennuksista saatiin jopa 15 kunnasta, jotka ovat kirjattuna liitteessä näkyvään taulukkoon (Liite 2). Uusia hankkeita on tulossa jopa seitsemästä kunnassa, joista viidessä puunkäyttö rakennusmateriaalina on jo lyöty lukkoon. Kaikista 20 kunnasta vain viidessä ei ole harjoitettu puurakentamista. Kunnissa ei ole myöskään tietoa siitä, että julkista puurakentamista harjoitettaisiin edes jatkossa.

Kunnista 13 vastasi kuntastrategiseen kysymykseen kieltävästi. Loput eivät vastanneet aiheeseen ollenkaan. Näin ollen oletetaan, ettei missään Lapin kunnan

kuntastrategiassa ole erillistä mainintaa puurakentamisesta. Kuntastrategiasta huolimatta 15 kunnan vastauksista käy ilmi, että heidän kunnassaan puurakentaminen on nousussa. Puurakentamista pidetään joko etusijalla, hyvänä mahdollisuutena tai se nähdään tulevaisuudessa kannattavana kehityskohteena. Tulosten perusteella puurakentamiseen suhtaudutaan hyvin myönteisesti ja se on investoinneissa selvästi trendikästä.

Uutiskynnys ylittyy, jos johonkin rakennetaan puurakenteinen koulu tai päiväkot. Lapin puurakentaminen on ehkä jäänyt enemmän pimentoon valtakunnallisesta uutisoinnista. Erityisesti Ranuan ja Sodankylän vireä puurakentaminen tulivat yllätyksenä. Sodankylä kuuluu vielä yhdessä Kemin ja Enontekiön kanssa Nordic wooden cities-yhdistykseen, joka on pohjoismaiden välinen puurakentamisen edistämisen yhdistys.

Rovaniemen ja Kemin kaupungeilta odotukset puurakentamisen suhteen olivat korkealla. Rovaniemeltä odotimme enemmän jo valmistuneita puurakentamisen kohteita. Edes tiedekeskus Pilkkettä ei kukaan vastaajista muistanut mainita. Pilkkeen osalta kaivoimme tiedon esiin itse, joten muitakin jo rakennettuja puurakennuksia saattoi jäädä tuloksista kokonaan pois. Kemistä jo rakennettuja kohteita saatiin tietoon paljon, mutta uusia puurakentamisen hankkeita yllättävän vähän.

8.4 Työn luotettavuus ja käytettävyys

Tulosten luotettavuuteen voidaan uskoa. Paikan päälle ei päästy kuitenkaan tarkistamaan, onko vastaajan mainitsema rakennus varmasti puurakenteinen. Oletamus on luottaa valittujen yhteyshenkilöiden sanaan. Joitain puurakenteisia rakennuksia on voinut jäädä kirjaamatta, koska varsinkin puhelinyhteydenotoissa kysymykset tulevat hyvin äkkiä ja arvaamatta. Vastaajan ollessa tiedoton ennestään lähetetystä sähköpostista ja aiheesta, hän on vastaushetkellä saattanut jättää jonkun puurakennuksen mainitsematta.

Tehty kartoituksen hyödynnettävyys painottuu lähinnä työn tilaajan eli Lapin liiton tarpeisiin. Johdannossa on kuitenkin mainittu kartoituksen liittyvän hyvin yhdeksi palaseksi Kestävän rakentamisen klusteria. Kokonaisuutena opinnäytetyö on kui-

tenkin kattava tietopaketti kenelle tahansa puun ominaisuuksista ja puurakentamisesta kiinnostuneille. Työtä voidaan hyödyntää yhtä hyvin metsätaloudellisesti kuin rakennusteknisesti. Jatkotutkimusta ajatellen, samantyylinen kartoitus olisi mielenkiintoista tehdä esimerkiksi viiden tai kymmenen vuoden päästä uudestaan. Silloin huomattaisiin mahdollinen tapahtunut muutos puurakentamisessa. Monet Lapin kunnat nimittäin lupailivat tulevaisuudessa kiinnittää enemmän huomiota puurakentamisen mahdollisuuksiin. Samantyyllisen kartoituksen voisi toteuttaa toki myös erilaisella aluerajauksella.

LÄHTEET

Ahoranta, T., Sirkka, A., Pernu, N., Häyrynen, T. & Asiala, J. 2017. Kestävä rakentaminen-klusteri. Power Point-esitys.

Ahoranta, T. 2017. Partnership of European regions sustainable buildings - Kestävä rakentaminen. Pdf. Kestävän rakentamisen seminaari 2.11.2017.

Alen, R., Paloheimo, E., Kanerva, P., Viitanen, H., Viitaniemi, P., Paajanen, T., Ollila, T., Hemilä, P., Paajanen, H., Kangas, J., Korttesmaa, M., Usenius, A., Tulla, K., Suonto, Y., Suksi, U. & Heikkinen, P. 2000. Metsä ja puu II – Tukista tuotteeksi. Tampere; Tammer-paino Oy.

Anttila, E. 2016. Kuusen luontainen uudistaminen. Hämeen ammattikorkeakoulu. Metsätalous. Opinnäytetyö, 2.

CLT-Plant Oy - Puuosaamista Pohjanmaalta. 2018. <http://www.cltplant.com/fi/yri-tys.link>

Elinkeinoelämän keskusliitto EK Ry. 2018. Mikä ihmeen kiertotalous? Viitattu 26.4.2018. <https://ek.fi/syty-kiertotaloudesta/mika-ihmeen-kiertotalous/>

Fagerstedt, K., Pellinen, K., Saranpää, P. & Timonen, T. 2005. Mikä puu - mistä puusta. 2.painos. Helsinki; Yliopistopaino.

Farmit Website Oy. 2018. Konstit on monet hirvituhojen ehkäisyssä. Viitattu 25.4.2018. <https://www.farmit.net/metsa/2005/09/09/konstit-monet-hirvituhojen-ehkaisyssa>

Franck media. 2016. Suomen tulevaisuus - Hyvinvointia puusta. Jakso 3. Viitattu 18.1.2018. <https://suomentulevaisuus.com/jaksot/>

Hanski, I., Lindström, J., Niemelä, J., Pietiäinen, H. & Ranta, E. 1998. Ekologia. WSOY Juva.

Heino, P. 2011. Puurakentamisen osaaminen ja osajat: Kansallinen kartoitus. Joensuu: Metsäalan ennakoitavuuksien (Itä- Suomen yliopisto) ja Joensuun tiedepuisto Oy. 5, 9.

Heiskari, J. 2017. Liimapuupalkkien asennus K-Supermarket Kaijonharjun yläpohjaan. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työjohto. Opinnäytetyö, 7.

Hellström, E. 2018. Tulevaisuus tulee kylään metsällisiä kiertotalousajatuksia. Lapin 60. metsätalouspäivät 16.2.2018. Puheenvuoro.

Herkert, J. 2017. Puuasuinkerrostalon rakenneratkaisut Suomessa ja Ruotsissa. Tampereen ammattikorkeakoulu. Talonrakennustekniikka. Opinnäytetyö, 47–48.

Hyppönen, M. 2002. Lapin metsätalouden erityispiirteet. Metsätieteen aikakauskirja 4/2002. Pdf. 647–648. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff02/ff024647.pdf>

Ihalainen, A., Korhonen, K.T., Packalen, T., Salminen, O., Hirvelä, H. & Härkönen, K. 2017. Hakkuumahdollisuudet. Lapin alueen metsävarat ja hakkuumahdollisuudet – Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia. Power-point. Itä-Lapin seutuseminaari, Sallan poropuisto 26.10.2017: Luonnonvarakeskus, 15,18.

Inmind Media Oy. 2018. Ranu Zoo ja Lomakylä Gulo Gulo. Viitattu 23.3.2018. <https://www.jasenedut.fi/ranua-zoo-lomakyla-gulo-gulo>

Joensuu-Salo, S. & Kettunen, S. 2017. Tietoa yrityksille Ruotsin puurakentamisen markkinoista. Yrittävä lakeus (4), 43.

Kankaanhuhta, V. & Väkevä, J. 2012. Metinfo – Metsien terveys: Halla. Viitattu 27.2.2018. http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/abhall-n.htm

Karjalainen, M. 2002. Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen etulinjassa. Oulun yliopisto. Arkkitehtuurin osasto. Väitöskirja.

Karjalainen, M. 2016. Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa. Lapin 58. metsätalouspäivät. Esitelmä 29.1.2016. Powerpoint.

Keitele Forest Oy. 2018. Yritys. Viitattu 20.4.2015. <http://www.keitelegroup.fi/yritys>

Kemin kaupunki, Metsä Group, Leader Peräpohjola, Xenus, Kemin seudun luonnonsuojeluyhdistys Ry, Hiilimön erästäjät & Euroopan maaseudun kehittämisen maaseuturahasto. 2018. Näköalatorni. Viitattu 27.3.2018. <http://www.kemi.fi/kiihki/index.php/fi/info/nakoalatorni/>

Kokko, E. 2002. Hengittävä puukuiturakenne - Fysikaalinen toimintaperiaate ja vaikutukset sisäilmaan. Pdf. 9. Viitattu 5.3.2018. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/hengittava-puukuiturakenne/koko-ohje.pdf>

Kuninkaankylän puurakentajat. 2018. Suunnittelijoille. Viitattu 25.4.2018. <http://www.puurakentajat.fi/suunnittelijoille/>

Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Laita, S. 2018. Viisi edelläkävijäratkaisua sai palkinnon kuntien kiertotalouskissassa. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran uutiset 10.4.2018. Viitattu 26.4.2018. <https://www.sitra.fi/uutiset/viisi-edellakavijaratkaisua-sai-palkinnon-kuntien-kiertotalouskissassa/>

Lahtela, T. 2018. Paloturvallinen puutalo. Punamusta Oy. 1.painos. Helsinki.

Lapin Kansa. 2017. Rovaniemen ensimmäiseen puukerrostaloon 106 yksiötä opiskelijoille. Lapin uutiset 6.4.2017. Viitattu 25.3.2018. <https://www.lapin-kansa.fi/lappi/rovaniemen-ensimmaiseen-puukerrostaloon-106-yksiota-opiskelijoille-15976256/>

Lapin luotsi. 2017a. Kehitysnäkymiä. Viitattu 8.1.2018. <http://luotsi.lappi.fi/luonnonvarojen-kestava-kaytto>

Lapin luotsi. 2017b. Luonnonvarojen kestävä käyttö. Viitattu 8.1.2018. <http://luotsi.lappi.fi/luonnonvarojen-kestava-kaytto>

Laukkanen, M. 2018. Puurakentamisen merkittävin puute poistuu: Alalle vihdoinkin yhtenäinen avoin standardi. Viitattu 28.3.2018. <https://www.woodarchitecture.fi/fi/articles/puurakentamisen-merkittava-puute-poistuu-alalle-vihdoinkin-yhtenainen-avoin-standardi>

Lensu, H. 2017. Suomen suurin clt-tehdas käynnistyy Alajärvellä: ”Tämä on tulevaisuuden materiaali”. Maaseuduntulevaisuus 26.1.2017. Viitattu 22.3.2018. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mets%C3%A4/suomen-suurin-clt-tehdas-k%C3%A4ynnistyy-alaj%C3%A4rvell%C3%A4-t%C3%A4m%C3%A4n-tulevaisuuden-materiaali-1.176654>

Liimatainen, J. 2018. Jwood Ky. Toimitusjohtajan haastattelu. 16.4.2018.

Lundgren, N.M. 2016. Stora Enso slår ett slag för trä i byggandet. Tidningen Bygginindustrin 31.10.2016. Viitattu 20.5.2018. <http://byggindustrin.se/artikel/nyhet/stora-enso-slar-ett-slag-tra-i-byggandet-24071>

Luonnonvarakeskus. 2016. Puulajit. Viitattu 9.1.2018. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/puulajit/>

Luonnonvarakeskus. 2014. MetINFO - Puulajit. Tietoa puulajeista ja niiden menestymisestä. Viitattu 9.1.2018. <http://www.metla.fi/metinfo/puulajit/>

Luonnonvarakeskus. 2010a. Ilmastovaikutukset ja hiilensidonta. Viitattu 22.1.2018. <http://www.metla.fi/metinfo/northernpine/ilmastovaikutukset-ja-hiilensidonta.html>

Luonnonvarakeskus. 2010b. Lujuus ja kestävyys. Viitattu 8.1.2018. <http://www.metla.fi/metinfo/northernpine/lujuus-ja-kestavyys.html>

Luontoportti. 2018a. Mikä puu, mistä puusta - Kasvitkin stressaantuvat. Viitattu 17.4.2018. <http://lehti.luontoportti.fi/fi/artikkelit/mika-puu-mista-puusta>

Luontoportti. 2018b. Mänty, Pinus sylvestris. Viitattu 8.4.2018. <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/puut/manty>

Luontoportti. 2018c. Rauduskoivu. Viitattu 8.4.2018. <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/puut/rauduskoivu>

Luukkonen, J. 2017. Teollisen puurakentamisen edistäminen asuntotuotannossa. Karelia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö, 10-12, 14.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2018a. Biotalous. Viitattu 26.4.2018. <http://mmm.fi/biotalous>

Maa- ja metsätalousministeriö. 2018b. Kärkihankkeet. Viitattu 3.4.2018. <http://mmm.fi/karkihankkeet>

Metsähallitus. 2015a. Case: Metsä-Lapin metsien suojelu. Viitattu 5.1.2018. <http://www.metsa.fi/case-metsa-lapin-metsien-suojelu>

Metsähallitus. 2015b. Metsätalous Lapissa. Viitattu 5.1.2018. <http://www.metsa.fi/metsatalous-lapissa>

Metsähallitus. 2015c. Metsätalous ja poronhoito. Viitattu 5.1.2018. <http://www.metsa.fi/metsatalous-ja-poronhoito>

Metsäkeskus. 2011. Rauduskoivun kasvatus pähkinänkuoressa. pdf. Jyväskylä: Metsäkeskus Keski-Suomi. Viitattu 27.2.2018. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/rauduskoivun-kasvatus-pahkinankuoressa.pdf>

Metsäkeskus. 2016. Uudistushakkuu. Viitattu 20.2.2018. <https://www.metsakeskus.fi/uudistushakkuu>

Metsäkeskus. 2018. Metsäkurssi – Yleisimmät puulajit. Viitattu 11.1.2018. http://www.pirkanmaanmetsat.fi/metsakurssi.fi/?page_id=209

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2014. Maastotaulukot. 5. uudistettu painos. Metsäkustannus Oy. Markprint Oy, 9.

Metsäteollisuus. 2010. Puurakentaminen on ratkaisu. Puurakentaminen. Pdf, 4. <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/477.pdf>

Nenonen, A. 2011. Erikoiskuivatun sahatavaran loppukosteusjakauma Kinnas-koski Oy:n sahalla. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Puutekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö, 16–17.

Opetushallitus. 2018. Puuaineen ominaisuuksia. Viitattu 24.1.2018. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/raaka-aineet/puuaineen_ominaisuuksia/index.html

Palokallio, J. 2018. Euroopassa suositaan puisia siltoja – Suomessa rakentaminen hiipunut. Maaseudun tulevaisuus 18.3.2018. Viitattu 2.4.2018. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/rakentaminen/artikkeli-1.228364>

Partanen, P. 2018. Mänty on sairaalabakteerin kauhu. TEK-verkkolehti 1.2.2018. Viitattu 19.2.2018. <https://lehti.tek.fi/tekniikka/manty-sairaalabakteerin-kauhu>

Pellopuu Oy. 2018. Pellopuu Oy. Viitattu 20.4.2018. <http://www.pellopuu.fi/sivut/index.php/pellopuu-oy>

Pitkänen, G. 2017. Puukerrostalot Suomessa. Savonia - ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö, 15-16, 19.

Pohjala, M. 2018. EU hakee muoville korvaajaa puusta-Suunnitteilla ohjeet jätehierarkialle. Maaseudun tulevaisuus 7.3.2018. Viitattu 26.4.2018. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mets%C3%A4/artikkeli-1.226849>

Pohjala, M. 2017. Katso kartalta Suomen 52 puukerrostaloa – tulevaisuudessa joka kymmenennen uuden kerrostalon pitäisi olla puinen. Maaseudun tulevaisuus 18.3.2017. Viitattu 3.4.2018. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/rakentaminen/katso-kartalta-suomen-52-puukerrostaloa-tulevaisuudessa-joka-kymmenennen-uuden-kerrostalon-pit%C3%A4isi-olla-puinen-1.182324>

Poikajärvi, M. 2017. Puurakentamisen uusi aika – Hybridirakenteet. Lapin ammattikorkeakoulu. Arctic civil engineering TKI – työryhmä. 1/2017 artikkeli, 1.

Pro Puu Ry. 2015a. Hieskoivu. Viitattu 20.4.2018. http://www.puuproffa.fi/Puu-Proffa_2012/7/puulajit/hieskoivu

Pro Puu Ry. 2015b. Kuusi. Viitattu 20.4.2018. http://www.puuproffa.fi/Puu-Proffa_2012/7/puulajit/kuusi

Pro Puu Ry. 2018a. Mänty. Viitattu 21.4.2018. http://www.puuproffa.fi/Puu-Proffa_2012/7/puulajit/manty

Pro Puu Ry. 2018b. Puun rakenne. Viitattu 11.1.2018. http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/fi/puun-rakenne

Partanen, P. 2018. Mänty on sairaalabakteerin kauhu. TEK-verkkolehti 1.2.2018. Viitattu 24.3.2018. <https://lehti.tek.fi/tekniikka/manty-sairaalabakteerin-kauhu>

Pulkkinen, H-L. 2016. CLT:n ominaisuudet ja käyttö rakennusmateriaalina. Centria ammattikorkeakoulu. Tuotantotalous. Opinnäytetyö, 4.

Punkari, H. 2012. K8 – kuntien suunnittelunohjaus puurakenteisissa julkisissa rakennuksissa. Vaasan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö, 7.

Puuinfo Oy. 2006. Luonnon oma rakennusmateriaali. Viitattu 19.2.2018. <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/595/puurakentaminen.htm>

Puuinfo Oy. 2011. Puun kosteuskäyttäytyminen. Tekninen tiedote 23.11.2011. Pdf. 1-2. Viitattu 16.1.2018. http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/kysymyksiä-ja-vastauksia/puun_kosteuskayttaytyminen_lattia.pdf

Puuinfo Oy. 2016. PUU - Puutavaraopas. Pdf. Viitattu 25.4.2018. https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Puutavaraopas_luonnos_LOW_sivut-tain.pdf, 40–46.

Puuinfo Oy. 2018a. Hengittävä rakenne. Viitattu 17.1.2018. <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sis%C3%A4tiloissa/hengitt%C3%A4v%C3%A4-rakenne>

Puuinfo Oy. 2018b. Hygroskooppiset materiaalit ja kosteuspuskurointi. Viitattu 17.1.2018. <http://www.puuinfo.fi/node/3902>

Puuinfo Oy. 2018c. Insinööripuutuotteet. Viitattu 16.1.2018.

Puuinfo Oy. 2018d. I-palkit. Viitattu 16.1.2018. <https://www.puuinfo.fi/puutieto/insin%C3%B6%C3%B6ripuutuotteet/i-palkit>

Puuinfo Oy. 2018e. Kosteusteknisiä ominaisuuksia. Viitattu 16.1.2018. <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/kosteusteknisi%C3%A4-ominaisuuksia>

Puuinfo Oy. 2018f. Puukerrostalon runkojärjestelmiä. Viitattu 5.4.2018. <https://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/runkojärjestelmän-vaikutukset-puukerrostalon-arkkitehtisuunnitteluun>

Puuinfo Oy. 2018g. Puun mahdollisuudet tasata kosteutta. Viitattu 17.1.2018. <http://www.puuinfo.fi/node/3902>

Puuinfo Oy. 2018h. Yleisimmät rakennejärjestelmät. Viitattu 23.4.2018. <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puusta-rakentaminen/yleisimm%C3%A4t-rakennej%C3%A4rjestelm%C3%A4t>

Puukeidas. 2018. Liimapuupilari 90x90. Viitattu 25.4.2018. <https://www.puukeidas.fi/oulu/liimapuupilari-90x90.html>

Puumerkki. 2018. Esittelyssä LVL by Stora Enso. Viitattu 25.4.2018. http://www.puumerkki.fi/pinnalla_nyt/tuotetietoa/lvl_by_stora_enso

Puutuoteteollisuus Ry & Puuinfo Oy. 2017. PUU - opas julkisiin hankintoihin. Forssa; Forssaprint Oy, 20-21.

Sanoma Media Finland Oy. 2018. Koskisen kattotuolit ja -palkit. Rakentaja.fi. Viitattu 25.4.2018. https://www.rakentaja.fi/artikkelit/1682/koskisen_kattotuolit_palkit.htm

Sarvas, R. 2002. Havupuut. Metsälehti Kustannus. 2.painos. Karisto Oy, Hämeenlinna.

Sibeliustalo. 2018. Sibeliustalo. Viitattu 3.5.2018. <https://www.sibeliustalo.fi/sibeliustalo>

Siikanen, U. 2008 Puurakentaminen. Rakennustieto Oy. 6., uudistettu painos. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Sipilä, A. 2006. Pinus Sylvestris – Metsämänty, mänty. Tuntomerkit. Metsätieteiden laitos. Viitattu 10.1.2018. http://www.helsinki.fi/metsatieteet/arboretum/puulajit/pinus_sylvestris.html

Sisäilmayhdistys Ry. 2018. Materiaalien ominaisuudet. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Materiaalien-ominaisuudet>

Skogstad, H.B., Gullbrekken., L & Nore, K. 2018. Air leakages through cross laminated timber (CLT) constructions. Viitattu 15.5.2018. http://www.tretekknisk.no/resources/filer/publications/Air_leakages_in_cross_laminated_timber_constructions_28022011_docx_xy7tg.pdf

Stora Enso. 2013. Viitattu 22.3.2018. <http://www.clt.info/fi/>

Suomen metsäyhdistys Ry. 2011. Puun monet mahdollisuudet. Pdf. Painopaikka; Erweko 2011, 19–20, 77, 101. <https://frantic.s3.amazonaws.com/smy/2014/10/Puun-monet-mahdollisuudet-2011.pdf>

Suomen metsäyhdistys Ry & Lusto - Suomen metsämuseo ja metsätietokeskus 2012. Puulajit. 3. painos. pdf. Julk. Suomen metsäyhdistys. 4-6, 12-14. <https://www.smy.fi/materiaali/puulajit/>

Suomen Ympäristökeskus SYKE. 2018. Resurssitehokkuus. Viitattu 5.5.2018. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Resurssitehokkuus

Suomen Ympäristökeskus SYKE, Aaltoyliopisto YTK & Ilmatieteen laitos. 2018. Kestävät kuluttajavalinnat. Viitattu 3.5.2018. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/28259fe8-7b5e-4806-8ab6-7c06739ef5cc/kestavat-kuluttajavalinnat.html>

Talvitie, M. 2017. Valionrannan ideakilpailuun tuli vain yksi ehdokas – Lapland Hotels on saamassa Rovaniemen huipputontin. Yle uutiset 15.6.2017. Viitattu 5.3.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-9670209>

Timonen, K., Reinikainen, A., Siitonen, K., Myllylä, P., Kurppa, S. & Riipi, I. 2017. Vihreän talouden hajautetun, kestävän ja kilpailukykyisen toimintamallin määrittely ja pilotointi - Kokeilualustana Agrokasvu-toimintamalli. Luonnonvara- ja biotaloudentutkimus 4/2017. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 23-24.

Toijonen, V. 2016. Tiukat palomääräykset jarruttavat puukerrostalorakentamista. Yle uutiset 14.11.2016. Viitattu 29.3.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-9287485>

Tynkkynen, O. 2017. Tätä on kertopuu - Katso Metsä Woodin hieno video, kuinka tukista tehdään kertopuuta Punkaharjulla. Itä-Savon sanomat 8.9.2017. Viitattu 26.3.2018. <https://ita-savo.fi/uutiset/lahella/7e55b258-abfb-4e4a-af52-581fcbbeffb1>

Työ- ja elinkeinoministeriö 2018. Energiatasehokkuus. Viitattu 5.5.2018. <http://tem.fi/energiatasehokkuus>

Vatanen, M., Ahoranta, T., Sirkka, A. & Pirttinen, V. 2017. CLT – Monipuolinen, nopea ja ekologinen rakennusmateriaali. Lapin AMK:n julkaisuja. Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset 3/2017, 12–14.

Vilppunen, M. 2007. Puun lujuusvertailututkimuksia. Lahden ammattikorkeakoulu. Puutekniikka. Opinnäytetyö, 3.

Virtanen, S. 2017. 8-kerroksisia puuhotelleja, 80% puuta näkyviin pintoihin... - Uudet palomääräykset vapauttavat puun käyttöä kaupunkirakentamisessa. Tekniikka & Talous 28.11.2017. Viitattu 29.3.2018. <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/8-kerroksisia-puuhotelleja-80-puuta-nakyviin-pintoihin-uudet-palomaaraykset-vapauttavat-puun-kaytto-kaupunkirakentamisessa-6689546>

Wagner, A. 2018. Der Dachstuhl – selbst Hand anlegen? Immowelt AG. Viitattu 21.5.2018. <https://www.bauen.de/a/der-dachstuhl-selbst-hand-anlegen.html>

Ympäristöministeriö. 2017a. Mitä on kestävä kehitys. Viitattu 3.5.2018. http://www.ym.fi/fi-fi/ymparisto/kestava_kehitys/mita_on_kestava_kehitys.

Ympäristöministeriö. 2017b. Ympäristöministeriö selvittää puisten rakennusten ja rakennustuotteiden merkityksen hiilivarastona. Viitattu 22.1.2018. [http://www.ym-paristo.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ymparistoministerio_selvittaa_puisten_ra\(43468\)](http://www.ym-paristo.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ymparistoministerio_selvittaa_puisten_ra(43468))

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset - METSÄNHOITO. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. Metsäkustannus Oy.

9 LIITTEET

Liite 1. Sähköpostikysely

Liite 2. Tulosten koonti

Liite 1. Sähköpostikysely

Hei, hyvä Lapin kunta,

olemme Lapin ammattikorkeakoulusta Rovaniemeltä ja teemme opinnäytetyötä. Työn toimeksiantajanamme toimii Lapin liitto ja aiheenamme on puurakentamisen kartoittaminen ja sen kehittäminen Lapissa. Alla olisi kysymyksiä joihin toivomme ja tarvitsemme teiltä vastauksia:

Onko teidän kunnassanne rakennettu kymmenen (10) vuoden sisällä julkisia rakennuksia puusta? Mitä ja milloin?

Onko kunnassanne tiedossa uusia kaavoituksia puurakentamisen saralla? Mitä ja millä aikataululla?

Kuuluuko puurakentaminen osana kuntastrategiaanne ja kuinka se näkyy kunnassa?

Jos puurakentaminen ei vielä kuulu kuntastrategiaanne, olisitteko valmiita kehittämään sitä puurakentamisen suuntaan?

Mikäli olette halukas yhteistyöhön kehittämään Lappia, toivomme vastauksia joulukuun aikana, mutta viimeistään tammikuun 8. päivään mennessä. Jäämme odottamaan vastaustanne sähköisesti osoitteeseen *helena.juntunen@edu.lapinamk.fi* TAI *tuomas.harju@edu.lapinamk.fi*

Ystävällisin terveisin

Helena Juntunen, Metsätalousinsinööriopiskelija AMK

ja

Tuomas Harju, Rakennus- ja Yhdyskuntatekniikan Insinööriopiskelija AMK

Liite 2. Taulukko - Tulosten koonti

Kunta	Julkinen rakennus	Valmistumisvuosi
Enontekiö	Päiväkoti	2015
	Monitoimitalo	2017
Kemi	Check in -tila	2014
	Kivikon päiväkoti	2015
	Jalkapallo-katsomo	2016
	Näköalatorni	2017
	Pajarinrannan päiväkoti	Valmistuu 2019?
Kemijärvi	Kehitysvammaisten ryhmäkoti	2015
Kittilä	Loma- ja matkailuasunnot Levillä	Määrittelemätön
Kolari	Peruskoulu 2kpl	2017
Muonio	Hyvinvointikeskus	Kilpailutus-vaiheessa
Pelkosenniemi	Koulu	Suunnitelmavaiheessa
Pello	Palvelukodin laajennus	2012
	Palveluasumisyksikkö	2012
	Ritavalkean hanke	Suunnitelmavaiheessa
Ranua	Asuntola	2011
	Paritalo 15 kpl matkailukäyttöön	2013 ja 2017
	Yläkoulu/lukio	2016
	Alakoulu	2017
	Terveyskeskus	Valmistuu 2018?
	Vanhusten palvelutalo	Suunnitelmavaiheessa
Rovaniemi	Tiedekeskus Pilke	2010
	DAS-keho	Suunnitelmavaiheessa
	Hirsikaupunki Lappi	Suunnitelmavaiheessa
	Valionrannan hotelli	Suunnitelmavaiheessa
	Pilkkeen laajentaminen, Biokampus	Suunnitelmavaiheessa
Salla	Vapaa-ajan asuntoja	Määrittelemätön
Savukoski	Paloasema	2017
	Päiväkoti	2017
Sodankylä	Nutukas	2008
	Poikkijoen päiväkoti	2012

	Liikuntahalli	2013
	Kakslauttasen alue	Suunnitelmavaiheessa
Tervola	Päiväkoteja	Tuntematon
Tornio	Pieniä hoitolaitoksia	Tuntematon
	Päiväkoteja	Tuntematon