

Emilia Ilkko

MASSIIVIPUURAKENTEIDEN UUSIOKÄYTTÖ SUOMESSA

Arkkitehtuurin kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Markku Karjalainen
Pekka Passinmäki
Huhtikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Emilia Ilkko: Massiivipuorakenteiden uusiokäyttö Suomessa– Reuse of mass timber structures in Finland
Tampereen yliopisto
Arkkitehtuurin TkK-tutkinto-ohjelma
Kandidaatintyö
Huhtikuu 2022

Puu on tärkein luonnonvaramme ja rakennusala käyttää sitä materiaalina enenemissä määrin. Kestävän kehityksen kannalta on tärkeää, että puun uusiokäyttö ja kierrätys otetaan myös huomioon. Tällä hetkellä uusiokäyttö on olematonta ja materiaali päätyy energiaksi.

Kandidaatintyössä tutkittiin massiivipuutuotteiden uusiokäyttömahdollisuuksia ja esteitä. Lisäksi käytiin läpi, miten puutuotteita voidaan kierrättää ja hyödyntää. Perinteisen hirren lisäksi massiivipuorakenteita ja tuotteita on useita. Tuotteet uusiokäytettävä, sekä kierrätettävä omalla tavallaan. Mahdolliset liitoksissa käytettävät liimat, naulat ja lapit vaikuttavat tuotteiden ominaisuuksiin, sekä niiden uudelleenkäyttöön. Tutkimuksessa luotiin vertailun vuoksi myös katsaus betonin, teräksen ja tiilen uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen.

Purku, kuljetus ja varastointikustannukset haittana uusiokäytön markkinoiden syntymiselle. Lisäksi rakenteiden kelpoistaminen käytettäväksi uudelleen on vaikeaa. Lainsäädäntö ja rakennusvalvonnan vaatimukset puretuille tuotteille ovat tiukat. Näiden syiden vuoksi käytetyt materiaalit uhkaavat päätyä vain energiaksi tai kaatopaikalle. Tutkimuksessa käytiin läpi, mitä uusiokäyttöön liittyviä määräyksiä on ja kuinka ne vaikuttavat. Työssä selvitettiin myös puun hyödyntämistä jatkojalosteiksi ja energiaksi. Uusien massiivipuutuotteiden kehittäminen kierrätettävämpään suuntaan ja vanhojen rakenteiden ottaminen osaksi suunnitelmia, ovat keinoja millä puu saadaan kiertoon.

Työ on toteutettu kirjallisuuskatsauksena ja aihepiiriin sopivia alan verkkosivuja ja julkaisuja on käytetty tutkimuksessa. Suomen lakeja, määräyksiä ja asetuksia käytettiin taustatietona. Tutkimuksessa keskityttiin pääasiassa Suomeen, vaikka läpi käytiin myös muualla valmistettavia massiivipuorakenteita.

Avainsanat: Massiivipuu, uusiokäyttö, kierrätys, kestävä kehitys

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. MASSIIVIPUU SUOMESSA.....	3
2.1. Massiivipuu ja uusiokäytön historia	3
2.2. Massiivipuu materiaalina ja tuotteet Suomessa.....	3
2.2.1. Hirsi	4
2.2.2. CLT	5
2.2.3. Liimapuu	6
2.2.4. LVL	7
2.2.5. HMH	8
2.2.6. NLT ja DLT	9
2.2.7. Lohenpyrstölevy.....	9
3. UUSIOKÄYTTÖ JA KIERRÄTYS	11
3.1. Määräykset ja lainsäädäntö	12
3.2. Uusiokäyttö.....	12
3.2.1. Rakenteiden kelpoisuus	13
3.2.2. Suunnittelu ja markkinat.....	14
3.2.3. Purkaminen.....	15
3.3. Kierrätys ja hyödyntäminen.....	16
3.3.1. Jatkojalosteet.....	16
3.3.2. Energia	17
4. MUUT RAKENNUSTUOTTEET JA UUSIOKÄYTTÖ	18
4.1. Betoni	18
4.2. Teräs	18
4.3. Tiili.....	19
5. POHDINTA	20
6. LÄHTEET	23
7. KUVALÄHTEET	29

1. JOHDANTO

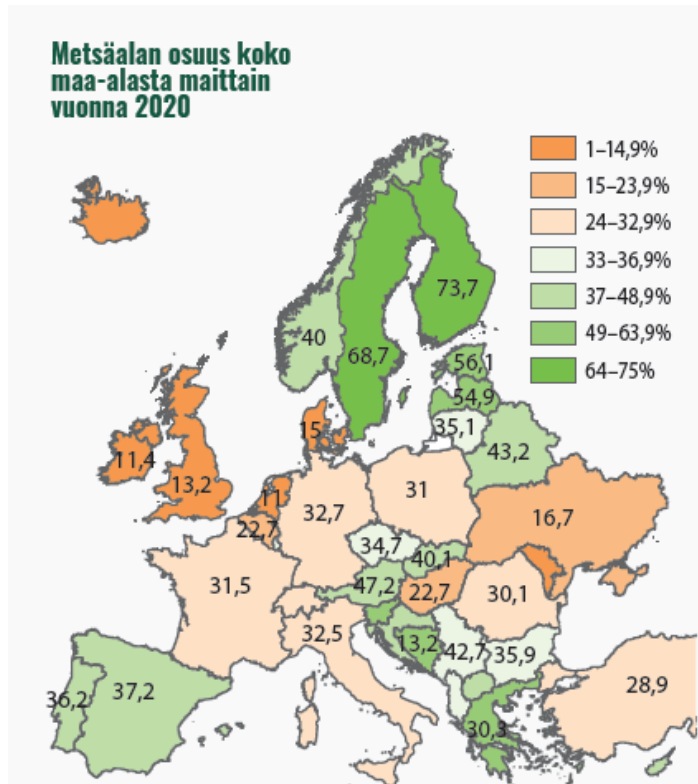
Suomalaisten kulutustahdilla tarvitsisimme kolmen maapallon verran luonnonvaroja. Kulutamme noin seitsemässä kuukaudessa materiaalivarannoista määrän, minkä pitäisi riittää koko vuodeksi. (WWF 2021) Materiaalien uusiokäytön ja kierrättämisen tulisi olla prioriteetti yhteiskunnassamme. Suomella onkin tavoite olla hiilineutraali vuonna 2035. Puurakenteet sitovat itseensä suuren määrän hiiltä. Ilmaston kannalta parasta olisi hiilivarastojen kasvattaminen. (Puutuoteteollisuus 2021b) Tätä tukee varsinkin massiivipuutuotteiden uusiokäyttö, koska suurissa puuosissa on runsaasti sitoutunutta hiiltä.

Luonnonvarakeskuksen (Luke 2020) mukaan 73,7 prosenttia Suomesta on metsien peitossa, mikä on eniten kaikista Euroopan maista. (Kuva 1) Prosenttiosuuden on määritelty kansainvälisen määritelmän mukaan. Tärkein luonnonvaramme onkin puu, ja suurin osa metsistämme on talouskäytössä (Tilastokeskus 2006). 70 vuodessa Suomen metsissä kasvavan puun määrä on noussut 60 prosentilla käytöstä huolimatta (Puuinfo 2020h).

Tällä hetkellä rakennusalalla materiaalien uusiokäyttö on olematonta. Rakentaminen ja rakennukset kuluttavat materiaaleja ja energiaa EU:ssa puolet kaikesta kulutuksesta. Jätettä syntyy kolmasosa ja vettä kuluu saman verran. (Puutuoteteollisuus 2021b) Näitä määriä tulisi pyrkiä vähentämään ja materiaalin juttutusta hillitsemään. Tässä kandidaatintyössä tutkitaan massiivipuurakenteiden uusiokäytön ja kierrätyksen mahdollisuuksia. Miksi suurin osa puusta päättyy pelkästään energiaksi? Vanhojen osien käytöllä vähennettäisiin kuormaa, jonka uuden tuotteen valmistus ympäristölle aiheuttaa. Puurakentaminen on ollut lähivuosia kasvussa. Vuonna 2020 puukerrostaloasuntojen määrä oli 8300 kappaletta ja ne sijaitsivat pääosin pääkaupunkiseudulla ja Pirkanmaalla (Ympäristöministeriö 2020). Jos uusiokäyttö ei sellaisenaan onnistu, voisiko hyödyntämistä jatkojalosteena parantaa? Olisi tärkeää löytää keinot, jotka mahdollistaisivat olemassa olevien puutuotteiden hyötykäytön.

Toisessa kappaleessa kerrotaan yleisesti massiivipuun ominaisuuksista, sekä uusiokäytön historiasta hirsirakentamisesta lähtien, minkä jälkeen tutkitaan tarkemmin eri tuotteiden ominaisuuksia. Nykyisellä lainsäädännöllä ja rakentamismääräyksillä on iso merkitys, kun puhutaan rakennusosien uudelleenkäytöstä. Kandidaatintyön

keskivaiheella käydään läpi mitä määräyksiä uusiokäyttöön liittyy. Lisäksi pohditaan miten niitä tulisi muuttaa, jotta rakennusosien uudelleenkäyttö olisi helpompaa. Lopussa tarkastellaan massiivipuun kierrätystä ja hyödyntämistapoja, sekä betonielementtien, teräksen ja tiilen uusiokäyttöä vertailuna puumateriaaleihin. Viimeiseksi pohditaan kandidaatintyön tuloksia.



Kuva 1. Metsä-alan osuus koko maan alasta maittain vuonna 2020. (Luke 2020)

2. MASSIIVIPUU SUOMESSA

2.1. Massiivipuu ja uusiokäytön historia

Massiivipuulla tarkoitetaan kokonaisesta puusta muotoiltua kappaletta eli hirttä tai monista kappaleista yhteen liimalla tai liittimillä koottuja tuotetta. Suurlastuista, viilusta tai sahatavarasta liimaamalla tehtyjä tuotteita kutsutaan tämän lisäksi rakennepuutuotteiksi. Näitä ovat esimerkiksi laudoista ristiin liimaamalla koottu CLT-levy. (Harju et al. 2021,10)

Massiivipuulla on iso merkitys suomalaisessa rakennuskulttuurissa. Suurin osa rakennuksista tehtiin hirrestä 1920-luvulle asti (Puuinfo 2020a). Hirren oli tarkoitus kestää sukupolvelta toiselle, ja rakennukset tehtiin siirrettäväksi. Perheen veljekset saattoivat kummatkin saada mukaansa puolet parituvasta. Käyttötarkoituksen muutos päärakennuksesta varastoksi ei myöskään ollut epätavallista. Samoja hirsiiä käytettiin monta kertaa uudelleen, ja lopulta vanhan talon hirsistä tehtiin esimerkiksi ulkorakennus, kun hirret eivät enää sopineet asuinkäyttöön. Vielä nykypäivänäkin hyvässä kunnossa olevan rakennuksen hirsillä on kysyntää yksityisillä markkinoilla. (Hirsirakennusten siirto, 3)

2.2. Massiivipuu materiaalina ja tuotteet Suomessa

Uudet massiivipuiset elementit haastavat markkinoilla betonielementtejä. Massiivipuuta käytetään monipuolisesti pientaloihin, kerrostaloihin, halleihin ja siltoihin. Puisien rakenteiden käytön etuina ovat työstettävyyden ja keveys (Siikanen 1987, 11).

Massiivipuisia rakennusosia on myös nopea asentaa korkean esivalmistusasteen vuoksi. Huonon sään varalta suojaaminen vaikuttaa kuitenkin jossain määrin rakentamisen aikatauluihin. Hyötynä on myös, että puu säätelee huoneilman kosteustasapainoa. Se on hygroskooppinen materiaali eli se sitoo ja vapauttaa kosteutta ympäristön suhteellisen kosteuden mukaan (Puuinfo 2020b).

Puun käyttö rakentamisessa vaatii usein suunnittelua tapauskohtaisesti. Varsinkin paloturvallisuuden tarkka pohtiminen on tarpeen. Esimerkiksi sprinklerijärjestelmä täytyy asentaa yli kaksi kerroksisiin puurunkoisiin rakennuksiin (Puuinfo 2020b). Lisäksi puupintojen jättö näkyviin ja ilman palosuojausta on tarkasti säädeltyä.

Nykyaikaisista massiivipuutuotteista puhuessa liimoilla on iso merkitys. Liimat auttavat valmistamaan kestäviä, suuria ja kevyitä rakenteita. Ne myös voivat ehkäistä puumateriaalille tyypillistä kosteuselämistä. Liimoilla koottuja puutuotteita ei ole käytetty niin kauan, että kokemusta liimojen kehosta pitkällä aikavälillä olisi kertynyt. Liimoille tehdäänkin vaativia testejä, jotta voidaan osoittaa niiden pitkäaikaiskestävyys. (Puuinfo 2020i)

2.2.1.Hirsi

Hirsityyppejä ovat perinteiset massiivipuiset hirret pyöreällä tai kulmikkaalla profiililla tai liimaamalla kootut lamellihirret. Lamellihirren hyötynä on vähäisempi alttius kosteuden aiheuttamille muodonmuutoksille. Se kuitenkin painuu samalla lailla kuin massiivihirsikin. Markkinoilla on perinteisen hirren ja liimatun lamellihirren lisäksi niin sanottua painumatonta hirttä. Siinä keskimäinen lamelli liimataan pystysuuntaan estämään saumojen painumista. Nykyään massiivihirsiä valmistetaan koneellisesti sorvaamalla, piiluamalla tai perinteisesti käsin veistämällä. Lamellihirsien valmistus on teollistettua. (Puuinfo 2020a)

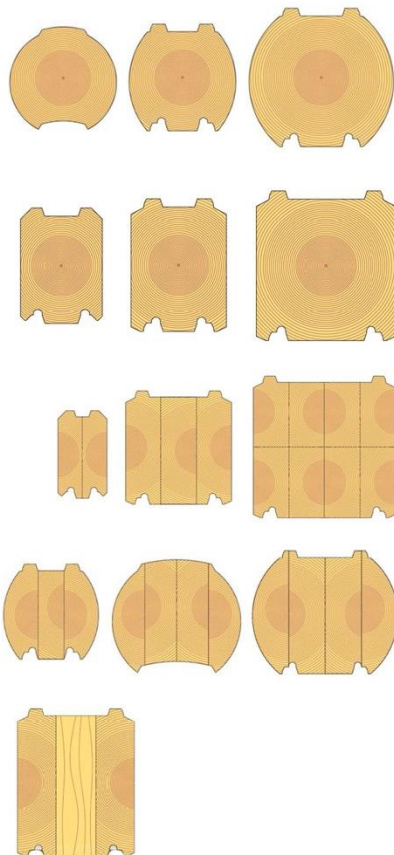
Hirrellä on kasvavat markkinat varsinkin julkisen rakentamisen puolella. Kouluja ja päiväkoteja on ruvettu rakentamaan enimmäismäärän hirrestä. (Puuinfo 2020a) Hirsi painuu rakentamisen jälkeen 10–50 mm metriä kohden. Hirsityypeistä pyöröhirrellä on suurin painumismäärä. (Puuinfo 2020a) Hirttä käytetään seinämateriaalina vaaka- tai pystysuuntaan. Pystysuuntaan käytettynä painuminen ei ole niin ongelmallista. Suomessa vaakarakenteet ovat yleisempiä.

Hirren pituus on määrittynyt perinteisesti puuston pituuden mukaan noin seitsemään metriin. Nykyisin teollinen lamellihirsienvalmistustekniikka ja jatkaminen sormiliitoksin antaa vapauksia tehdä pidempiä ja paksumpia kappaleita. Huomioonotettavaa on pitkien hirsiseiniä vaatima jäykistystarve. Jäykistys tehdään vaarnoilla, sekä lisäämällä poikittaisia seiniä. (Puuinfo 2020a)

Käsittelemättömiä ja hyväkuntoisia hirsisiä voi käyttää uudestaan sellaisenaan. Sisätiloihin ei suositella asennettavaksi kastunutta ulkokäytössä ollutta puumateriaalia. Haittana hirsien uudelleenikäytössä on niiden purkamisen ja kokoamisen vaatima käsityön määrä. Lisäksi esimerkiksi verhouksen kiinnittämiseen käytetyt naulat on poistettava. (Ympäristöministeriö 2017) Hirsikehikkoja voidaan siirtää kokonaisena paikasta toiseen tai purkaa osiin hirsi kerrallaan. Näiden menetelmien lisäksi

elementeiksi sahaaminen on mahdollista. (Hirsirakennusten siirto, 4–5) Hirsi on puhdasta puuta liimattomuutensa vuoksi. Sitä voidaan tehdä sahatavaraa, komposiitteja tai muita jatkojalostustuotteita.

Taulukko 1. Hirsityyppejä (Tiedot ja kuvat Puuinfo 2020)



Tyyppi	Koko (L x K)	Valmistus
Massiivipöröhirsi	Halkaisija 150–230 mm	Koneellinen sorvaus tai käsin veisto
Massiivihöylähirsi	95–205 mm x 170–220 mm	Koneellinen piiluaminen tai käsin veisto
Lamellihöylähirsi	95–275 mm x 170–275 mm	Samansuuntaisista puusoiroista liimaamalla
Lamellipöröhirsi	Halkaisija 170–260 mm	Samansuuntaisista puusoiroista liimaamalla
Painumat on hirsi	Vaihtelee valmistajakohtaisesti	Liimaamalla soiroja ristikkäin yhteen.

2.2.2. CLT

CLT on ristiin liimattuja lautoja sisältävä levyäinen rakenne. Nimi tulee englannin kielen sanoista cross laminated timber. (Harju et al. 2021,10) Valmis tuote on 60–400 mm paksua ja enintään 20 metriä pitkää. Leveys on enintään 2,95–4–8 metriä. (Puuinfo 2020f) Se kehitettiin alun perin ylijäämäpuun hyödyntämiseen. Ranskassa vuonna 1980 sille haettiin patenttia, mutta 90-luvulla Saksassa ja Itävallassa tuote lähti kehittymään nykyiseen suuntaansa. (Lakkala & Pihlajaniemi 2019, 121, Mayo 2015, 16–17 mukaan)

CLT valmistetaan kokoamalla tavallisesti kolme tai viisi kerrosta puuta päällekkäin 90°:een kulmassa toisiinsa nähden. Valmistuksessa käytetään nykyään PUR-liimaa,

jossa ei ole haitallista formaldehydia (Ympäristöministeriö 2017). Tuote sopii hyvin seinä- ja laattarakenteeksi ja sitä käytetään varsinkin puukerrostaloissa. Kuusi ja mänty ovat yleisimmät puulajit, joista tehdään CLT-tuotteita. Suomessa tuotteita valmistaa CrossLam Kuhmo Oy, HOISKO ja CLT Plant Oy. (Puuinfo 2020f)

CLT-levyjä voidaan käyttää yksinään välipohjarakenteena tai puupalkiston kanssa. Rakenteiden päälle voidaan myös valaa betonivalu. Keski-Euroopassa on totuttu massiivisiin puurakenteisiin, joten CLT-levyjä käytetään siellä runsaasti. Se on vielä kohtuullisen uusi materiaali Suomessa, mutta levyn käyttö on ollut lähivuosina kasvussa varsinkin tilaelementtien valmistuksessa. Kaikkien valmistajien levyissä on omat tekniset ominaisuutensa ja mitoituksensa. (Puuinfo 2020f)

CLT:n käytössä on monia etuja. Sen valmistuksessa tulee vähän hukkaa, koska levyt mitoitetaan kohteeseensa sopivaksi. Se myös sitoo muiden massiivipuutuotteiden tavoin paljon hiiltä. CLT on kevyttä ja vahvaa, sekä painaa vain viidesosan siitä mitä sama määrä teräsbetonia. Työmaalla jätteen määrä on vähäinen korkean esivalmistusasteen vuoksi. Kaikki jäte mitä syntyy, pystytään kierrättämään. Työmaasiivouksia ei tämän vuoksi tarvitse tehdä usein, mikä vähentää kustannuksia. Verrattuna moniin muihin materiaaleihin CLT on helppo ja nopea purkaa sen yksinkertaisen rakenteen ja keveyden vuoksi. Tämän vuoksi myös purkukustannukset ovat alhaisemmat. (Sustainable Construction Services) Levyjen liitoksien purkamisessa tarvitaan mahdollisesti käsityötä, mikä taas nostaa kustannuksia.

2.2.3. Liimapuu

Liimapuu (GLT, Glue Laminated Timber) on kahdesta tai useammasta lamellista liimalla koottu rakennepuutuote. Syysuunta lamelleilla on pituussuuntainen. (Puuinfo 2020c) Liimapuu on kehitetty kantavien rakenteiden tuotteeksi. (Suomen liimapuuyhdistys & Puuinfo 15) Sen kehitti Otto Hetzer (1846–1911). Hän huomasi, että



Kuva 2. CLT (Puuinfo 2020)



Kuva 3. Liimapuu (Puuinfo 2020)

liimaamalla puulamelleja saatiin aikaan pitkiä jännevälejä kestäviä palkkeja. (Suomen liimapuu yhdistys & Puuinfo 2014, 8)

Suomessa liimapuuta alettiin valmistamaan vuonna 1945 laivateollisuuden tarpeisiin. Sitä käytettiin kansipalkkeihin, runkomateriaalina, sekä mastoihin.

Rakennusteollisuudessa liimapuu on ollut käytössä vuodesta 1958 alkaen. (Suomen liimapuu yhdistys & Puuinfo 2014, 14)

Kymmenen valmistajaa tuottaa Suomessa noin 300 000 kuutiometriä liimapuuta vuodessa. 50 000 kuutiometriä tuotteista käytetään Suomessa ja loput menevät vientiin. (Suomen liimapuu yhdistys & Puuinfo 2014, 14) Pohjoismaissa liimapuuta valmistetaan eniten kuusesta, mutta myös mäntyä ja lehtikuusta käytetään. (Suomen liimapuu yhdistys & Puuinfo 2014, 19) Enimmäiskorkeus liimapuutuotteelle on kaksi metriä ja pituus 30 metriä (Puuinfo 2020c).

Liimaukseen käytetään lujia ja pitkäaikaiskestäviä liimatyyppejä. Lähes kaikki liimapuu valmistetaan käyttämällä melamiini-urea-formaldehydiliimaa (MUF-liimaa).

Sormijatkoksiin voi käyttää lisäksi polyuretaaniliimaa (PUR-liimaa). Liiman määrä puutuotteissa kuitenkin vain yksi painoprosentti. (Suomen liimapuu yhdistys & Puuinfo 2014, 15–19) Aikaisemmin käytettiin fenoli-resorsinoli-formaldehydiliimaa, joka aiheuttaa vuosikymmenien ajan päästöjä sisäilmaan, jos rakenteet altistuvat kosteudelle (Ympäristöministeriö 2017).

Liimapuutuotteita voidaan uusiokäyttää sellaisenaan, mutta niiden täytyy täyttää muiden rakenteiden tapaan lujuus- ja viranomais määräykset. (Ympäristöministeriö 2017). Liimapuu sitoo kuutiometriä kohden 700 kg hiilidioksidia, joten sen uudelleenkäytöllä on hyötyä ympäristön kannalta. (Suomen liimapuu yhdistys & Puuinfo 2014, 15)

2.2.4. LVL

Viilutetusta puusta saadaan LVL-levyä (Laminated veneer lumber) liimaamalla viilut yhteen pituussuuntaan, tai poikittain toisiinsa nähden. Suomessa käytetään kolmen millimetrin paksuisia havupuuviiluja. LVL:ää käytetään pääasiassa pilareihin ja palkkeihin levymäisten osien lisäksi. Valmistamiseen käytetään kuusta ja yleensä liimana fenoliformaldehydiliimaa. (Puuinfo 2020) LVL:ää kutsutaan suomessa pääasiassa kertopuuksi, joka on Metsä-wood:in tuotemerkki.

Viilupuu käyttö rakennusmateriaalina alkoi 1970-luvulla. Toisen maailmansodan aikaan LVL:stä tehtiin kuitenkin jo lentokoneen propelleja. (Lakkala & Pihlajaniemi 2019, 123, Thelandersson et al. 2003, 94 mukaan)

Kooltaan viilupuutuotteet ovat enintään 2,5 metriä leveitä ja 25 metriä pitkiä. Enimmäispituus määräytyy kuljetuskaluston mukaan. Tuotteita on markkinoilla myös painekyllästettyinä, sekä pintakäsitelyinä. Metsä Wood ja Stora Enso valmistavat LVL-tuotteita Suomessa. (Puuinfo 2020k)



Kuva 4. LVL (Puuinfo 2020)

Viilupuulevyt sopivat uudelleenkäyttöön sellaisenaan ja niitä voidaan myös sahata pienemmiksi osiksi. Kierrättäminen on kuitenkin kallista ja hidasta liimojen, sekä päällysteiden takia. Helpointa on, että viilupuu hyödynnetään energiana tai siitä tehdään lastulevyä. (Lakkala & Pihlajaniemi 2019, 123, Taylor et al. 2005, 69 mukaan)

2.2.5.HMH

MHM (Massiv-Holz-Mauer) on ristiinnaulattua massiivipuulevyä. Uritettuja lautakerroksia ladotaan päällekkäin, joka toinen kerros eri suuntaan kuten CLT:ssäkin. MHM eroaa CLT:stä siksi, että tuote kootaan liiman sijasta nauloilla. MHM ei myöskään ole ilmatiivis, vaan vaatii tiivistyksen. Tuote sopii varsinkin kantavien seinien ratkaisuksi ja se ei vaadi erillistä jäykistystä. Elementin lämmöneristävyttä lisää naulojen vuoksi tehtyjen uritusten sisään jäävä ilma. Mitoiltaan MHM-elementit ovat enintään 3–4 metriä leveitä sekä 6 metriä pitkiä. Paksuus vaihtelee 11,5 ja 34 senttimetrin välillä. Suomessa ei ole MHM:n tuotantoa ja sitä valmistetaan eurooppalaisista havupuista. (Puuinfo 2020d)

Kierrätettävyyttä vaikeuttaa naulojen käyttö. Yksiaineisia tuotteita on helpompi pilkkoa osiin ja muokata uudelleenkäytettäväksi. CNC-työstökoneiden käyttö ei kuitenkaan ole ongelmallista, sillä alumiininaulat leikkaantuvat puun mukana (Puuinfo 2020d). Hyvä puoli tuotteessa on sen liimattomuus. Jos uusiokäyttö kokonaisuutena ei onnistu, MHM:ää voisi mahdollisesti kierrättää purkamalla elementti takaisin laudoiksi ja nauloiksi. Purkaminen vaatii kuitenkin luultavimmin käsityötä, tai juuri tähän tarkoitukseen tehtyä laitetta. MHM-levystä ei voi muokata välipohja- ja yläpohjalaattaa tai palkkia sen rakenteen vuoksi (Puuinfo 2020d).

2.2.6.NLT ja DLT

Nail Laminated Timber eli NLT on levymäinen yhdensuuntaisista laudoista nauloilla koottu tuote. Se on vanhin mekaanisesti liittymillä koottuista massiivipuutuotteista. Sitä on valmistettu yli 150 ajan. NLT:tä voidaan tehdä tehtaan lisäksi myös työmaalla. Tuote on jäämässä taka-alalle, koska peremmin työstettävän rakenteen voi koota ilman nauloja. Tätä puutapeilla koottua levyä kutsutaan DLT:ksi (Dowel Laminated Timber). (Puuinfo 2020d)

DLT kehitettiin 2000-luvun alussa. Laudat ovat havupuuta ja tapeissa käytetään lehtipuuta. Puulajit käyttäytyvät kosteuden vaikutuksesta eri lailla, joten liitoksista tulee kestävä. Levystä voidaan tehdä seinä- ja laattarakenteita. DLT:tä on olemassa myös ristiin ladottuna rakenteena. (Puuinfo 2020d)

NLT-levy kannattaisi uusiokäyttää elementtinä sellaisenaan, sillä naulojen poistaminen on työlästä. Lisäksi laudoissa olevat naulanreiät heikentävät niitä rakenteellisesti leikkausvoimia vastaan. (Lakkala & Pihlajaniemi 2019, 119, Hradil ym. 2014: 37 mukaan) DLT-levyn purkamisessa tappien reiät aiheuttavat luultavimmin samanlaista rakenneheikkoutta. Tappiliitosten hyötynä on kuitenkin se, että tuote on kokonaan puuta. Kierrätys on helpompaa, kun erottelua ei välttämättä tarvita. Tapit eivät myöskään haittaa elementtiä leikkaavia koneita.

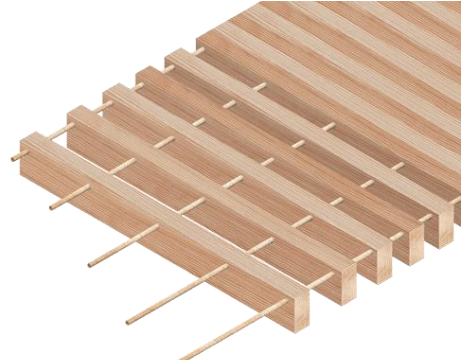
2.2.7.Lohenpyrstölevy

Lohenpyrstölevy on uusi tuote, joka on kehitetty perinteisen hirsirakentamisessa käytetyn lohenpystösälvoksen innoittamana. Tuote on kehitetty EU-hankkeena Tampereen yliopistolla. Levy on puhdasta puuta ja täysin liimaton toisin kuin monet nykyiset rakennelevytuotteet. Lohenpyrstölevy on koottu ristiin ladotuista laudoista, jotka pysyvät toisissaan kiinni niissä olevien urien vuoksi. (Koponen et al. 2021)

Lohenpyrstölevy on purettavissa osiin, ja näin ollen uusiokäyttö ja kierrätys on helpompaa. Tuotanto on yksinkertaista ja levyille ei ole kokorajoitteita. Lohenpystölevy käy vaaka- ja pystyrakenteisiin. Ristiin ladotut laudat luovat sitkeän ja vahvan rakenteen. (Koponen et al. 2021)



Kuva 5. MHM (Puuinfo 2020)



Kuva 6. DLT (Puuinfo 2020)



Kuva 7. NLT (Thinkwood)

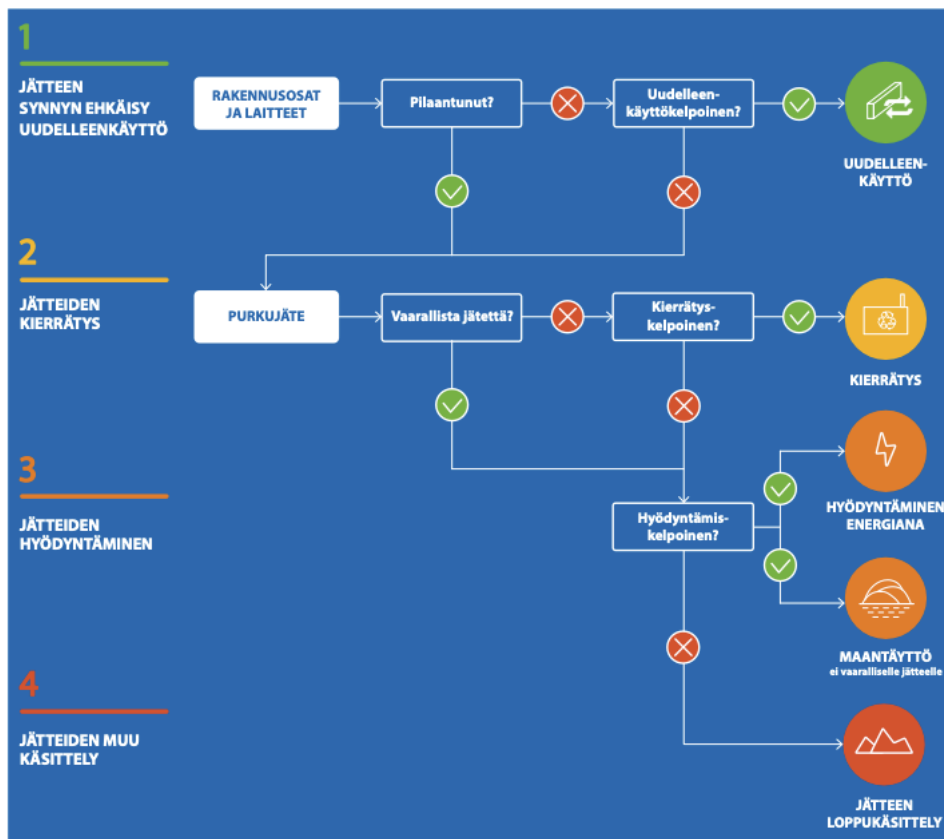


Kuva 8. Lohenpyrstölevy (Karjalainen)

3. UUSIOKÄYTTÖ JA KIERRÄTYS

Rakennusalalla kierrossa olevien materiaalien määrää on ollut tavoitteena kasvattaa (Valtioneuvosto 2019). Ympäristöministeriön (Lehtonen 2019, 24) julkaiseman purkuoppaan mukaan rakennus- tai purkuhankkeeseen ryhtyvän tulee jätelain mukaan ottaa huomioon jätteiden etusijajärjestys. Syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta tulee ensisijaisesti ehkäistä. Jos tämä ei onnistu jäte tulee pyrkiä uusiokäyttämään tai kierrättämään. Seuraava vaihtoehto on jätteen hyödyntäminen esimerkiksi energiana. Viimeinen vaihtoehto on loppukäsittely kaatopaikalla.

Pääasiassa rakennuksista saatava puu päättyy kuitenkin energiaksi. Tilastokeskuksen (2020) mukaan kierrätyspuu määritellään seuraavasti: "Biopolttoaineeksi luokiteltava puhdas puutähdde tai käytöstä poistettu puu tai puutuote, johon ei sisälly muovipinnoitteita tai halogenoituja orgaanisia yhdisteitä eikä raskasmetalleja."



Kaavio 1. Purkujätteen etusijajärjestys (Lehtonen 2019, 25)

3.1. Määräykset ja lainsäädäntö

Toisin kuin muut kierrossa olevat biologiset tuotteet, esimerkiksi elintarvikkeet puu on käytettävissä kymmeniä tai satoja vuosia. Yleisesti ottaen puutuotteet on helppo kierrättää. Ongelmana on puuttuvat markkinat. (Puutuoteteollisuus 2022c) Nykyiset rakentamismääräykset eivät tue uudelleenkäyttöä, sillä uuden rakennuksen osien tulee täyttää lujuus ja laatuvaatimukset, sekä niillä täytyy olla CE-merkintä. Kierrätyspuulle ei ole luotu omaa luokitusjärjestelmää, joka mahdollistaisi uudelleenkäytön. (Huuhka et al. 2018, 57)

Jätelain mukaan tuotteen valmistelu uudelleenkäyttöön on toimintaa, jota tehdään jätteelle. Jätelaissa uudelleenkäyttö on määritelty, mutta siihen ei ole sisällytetty vanhan tuotteen käyttöä eri tarkoitukseen, kuin missä se alun perin oli. Eli on epäselvää, onko rakennuksesta saatavan materiaalin käsittely aina jätteen käsittelyä. Tuotteen jäteluonne on myöhemmin hankala poistaa. (Zhu et al. 2022, 38) Tämä vaikeuttaa uusiokäyttömateriaalien hankkijoiden liiketoimintaa, sillä jätteeksi merkityn materiaalin myynti ja markkinointi on vaikeaa.

3.2. Uusiokäyttö

Hirsi on läpi käydyistä tuotteista rakenteensa puolesta yksinkertaisin uusiokäyttää kokonaisena. Hirsitalo voidaan purkaa osiksi tai kehikko siirtää kokonaisena. CLT-runkoisilla rakennuksilla osina siirto tulee myös olemaan mahdollista (Harju et al. 2021, 13). Suomessa CLT-rakennukset eivät ole purkuikäisiä, mutta elementtien suunnittelussa tulisi tällä hetkellä ottaa huomioon helposti purettavuus ja liitoksien uudelleentoimivuus. Olisi olennaista, että elementtejä ei tarvitsisi hajottaa, vaan ne voisi koota takaisin paikalleen kokonaisina, kuten hirret. Tätä tukisi mekaaniset liitokset, joissa ei ole käytetty liimoja tai muita liitosaineita.

Uudelleenkäytön edellytyksenä on, että puumateriaali on pysynyt käyttökelpoisena. Kosteus ja valo ovat suurimpia puun säilyvyyteen vaikuttavat tekijät. Puu lahoaa epäedullisissa olosuhteissa, mutta kyseiset vauriot, kuten hyönteisten aiheuttamat jäljet ovat nähtävissä ilman tutkimuksia. Ultravioletivalo taas hajottaa puun solujen liima-ainetta. (Puuinfo 2020a) Vaurioitunutta puuta ei voi käyttää uudestaan varsinkaan kantavissa rakenteissa. (Huuhka et al. 2021, 56) Kun puun kosteus ylittää 20 prosenttia ja lämpötila on yli 5 astetta lahoajat ja homesienet alkavat kasvaa. Kuitenkin 20 prosentin kosteus puussa tarvitsee ilman suhteellisen kosteuden pysymisen pitkään 85

prosentissa. Eri puutuotteilla kosteuseläminen tapahtuu eri suuntiin ja esimerkiksi CLT:n ristiin ladottu rakenne tasaa tuotteessa tapahtuvaa elämistä.

Esimerkiksi hirsipintoja voidaan suojata julkisivun verhoilulla ja pinnoitteilla tai suojauksilla. Pinnoitteet suojaavat hirttä kosteuden ja ultravioletinvalon huonoilta vaikutuksilta, sekä sienikasvustojen leviämiseltä. Puurakenteisissa taloissa tulee myös ottaa huomioon hyvä sadevesien ohjaus katolta, sekä estettävä perustuksilta nousevan kapilaarisen veden pääsy rakenteisiin. (Puuinfo 2020b) Samat suojausperiaatteet toimivat kaikille massiivipuurakenteille.

Puu saa laatuominaisuutensa jo kasvuvaiheessa. Vanha puu ei välttämättä ole huonolaatuista. Se voi olla valittu tarkemmin kriteerein, kuin tämän hetken puumateriaalit. Vaakasuuntaisiin rakenteisiin syntyy kuitenkin taipumia ajan saatossa, mikä vähentää niiden uusiokäyttömahdollisuuksia. Tällä hetkellä on harvinaista, että rakennusosa käytetään samaan tarkoitukseen kuin mihin se oli alun perin suunniteltu. Tarvitaan usein korjausta ja puhdistusta, jotta osat saadaan uudestaan käyttöön. (Zhu et al. 2022, s.38)

3.2.1. Rakenteiden kelpoisuus

Jo käytetyille rakennusosille ei ole omaa kelpoistamismenettelyä. (Zhu et al. 2022, s.38) Tällä hetkellä sovellettava tuotteiden kelpoistamismenettely on niin raskas, ettei uudelleen käyttö ole todellisuudessa mahdollista. Tekniset vaatimukset ovat kiristyneet vuosien aikana, joten vanhojen tuotteiden uusiokäytössä tulee ottaa huomioon tämä aikaväli. (Puutuoteteollisuus, 2022c) Vanhan tuotteen valmistusaikaan ei välttämättä ollut voimassa samoja rakentamisen määräyksiä mitä tällä hetkellä. (Huuha et al. 2018, 57)

Suomen standardisoimisliiton mukaan CE-merkintä on ”valmistajan tai maahantuojan vakuutus siitä, että tuote täyttää sitä koskevan EU-lainsäädännön vaatimukset. EU-säädöksissä CE-merkintä vaaditaan aina tietyiltä tuoteryhmiltä kuten leluilta ja sähkölaitteilta. Joissakin tuoteryhmissä CE-merkintä edellyttää testaamista.” CE tulee ranskan kielen sanoista *conformité Européenne*, joka tarkoittaa eurooppalaista vaatimuksenmukaisuutta. Rakennustuotteiden CE-merkintä ei välttämättä tarkoita, että se täyttää määräykset. Käyttäjän on varmistettava merkintätiedoista tuotteen sopivuuden käyttökohteeseensa. (Suomen standardoimisliitto)

Vain uudet tuotteet voivat saada CE-merkinnän. Rakennustuote, joka ei kuulu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan, tai sille ei ole teknistä eurooppalaista arviointia eli ETA-menettelyä, ei voi saada CE-merkintää. Tuotteille, joille CE-

merkitseminen ei ole mahdollista, on laissa eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012 ja asetuksessa 555/2013 määritelty muita kelpoisuuden osoittamisen vaihtoehtoja. Rakennustuotteelle voidaan saada tyyppihyväksyntä ympäristöministeriön tyyppihyväksyntäasetuksiin perustuvan menettelyn avulla. Toinen vaihtoehto on varmennustodistus, jonka kautta voi saada tyyppihyväksynnän kevyemmän prosessin kautta. Kolmas tapa on valmistuksen aikainen laadunvalvonta, jonka tekee valtuutettu laadunvarmentaja. Neljäs ja uusiokäytettäville tuotteille todennäköisin vaihtoehto on rakennuspaikkakohtainen tuotteen varmentaminen. Näillä toimenpiteillä voidaan osoittaa, että rakennustuote on maankäyttö- ja rakennuslain mukainen, vaikka se ei kuulu CE-merkinnän soveltamisalaan. (Lehtonen, 5)

Rakennuspaikalla kelpoisuuden selvittäminen ja todentaminen on siis uudelleenkäytettävien rakenteiden yleisin menettelytapa. Tuotteiden kansallinen hyväksyntä on vapaaehtoista, mutta rakennusvalvonta voi edellyttää ainakin rakennuspaikkakohtaista varmentamista silloin kun muita kelpoisuusmenettelyitä ei ole käytetty (Puuinfo 2020j).

Kuntien rakennusvalvontaviranomaisilla on suuri merkitys uusiokäytettävien tuotteiden hyväksyttävyydessä. Eri materiaaleille on omat vaatimuksensa kelpoisuuden osoittamismenettelyssä. Vaativissa rakennuskohteissa kuten asuinkerrostaloissa käytettyjen osien hyödyntäminen rakentamiseen on vaikeampaa, kuin esimerkiksi varastossa tai piharakennuksessa. Käytettyjen materiaalien hyödyntämistä tulisi tukea ja luoda hyväksytyt periaatteet, jotta käyttäjät voivat luottaa tuotteisiin. Vastuu käytetyn rakenteen tai materiaalin hankkijalla on suuri. Toimija ottaa riskin tuotteen kelpoisuudesta uuteen kohteeseen. (Lehtonen, 13)

3.2.2. Suunnittelu ja markkinat

Nykyisin on helposti saatavilla uusia ja edullisia materiaaleja, joten käytettyjen tuotteiden markkinat eivät houkuttele. (Zhu et al. 2022, 38–39) Suunnitteluvaiheessa täytyisi tietää uusiokäyttömateriaaleista, jotta niiden ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet voidaan ottaa huomioon. Käytettävät materiaalit halutaan usein jo suunnittelun aikana hyväksyttää, vaikka rakennusvaiheen hankinnat ovat myös mahdollisia. Uudiskohteissa on usein vaatimus käyttää CE-merkittyjä uusia tuotteita. Tämän vaatimuksen muuttaminen auttaisi uusiokäytön yleistymisessä. Pääsuunnittelijalla on vastuu rakennuksen suunnitelmien toimivuudesta ja määräystenmukaisuudesta, joten riski vanhojen rakennusosien käyttöön on suuri. (Lehtonen, 6)

Uusien elementtien ja rakennusosien valmistajilla ja suunnittelijoilla on suuri vaikutus uudelleenkäytön yleistymiseen. Jos jatkokäyttö on otettu jo valmistusvaiheessa huomioon, seuraavalla suunnittelijalla on parempi mahdollisuus hyödyntää rakenteita myöhemmin. Huomioonotettavaa on ainakin liitoksien purettavuus ja tuotteen tietojen taltioiminen. Jos tuotteen historia saadaan selville, voidaan paremmin arvioida miten se käy sillä hetkellä voimassa oleviin vaatimuksiin.

Käytetyt materiaalit eivät ole aina edullisempia kuin vanhat, vaikka näin usein oletetaan. Kustannuksia tulee ainakin kelpoistamisesta, purkamisesta, varastoinnista, kuljetuksista. Vaikka säästöä tulisikin, purku-urakoitsijan ei kannata ottaa talteen käytettyä materiaalia, koska säästö olisi vähäinen verrattuna jätteenkäsittelymaksuihin. (Lehtonen, 15) Suomessa kuljetusmatkat voivat olla pitkiä, ja yrityksiä jotka vastaanottavat purkujätettä ei ole olemassa, tai on vain vähän. (Zhu et al. 2022, 39)

3.2.3. Purkaminen

Purkutapa vaikuttaa siihen, miten materiaali on käytettävissä uudestaan. Nykyisin rakennukset puretaan pääasiassa murskaamalla. (Zhu et al. 2022, 37) Tällöin puumateriaalille ei ole muuta käyttökohdetta, kuin jalostaminen eteenpäin murskattuna materiaalina tai energiakäyttöön.

Puisien osien purkaminen kokonaisuutena on usein käsityötä. Purkutapa lisää kustannuksia hitauden ja tarvittavan työvoiman määrän vuoksi. Myös työmaalla osien varastointi ja kuljettaminen välivarastoon jatkokäyttöä varten ovat ongelmallisia. Purettaessa tarvitaan usein myös tilapäisiä tukirakenteita ja kohteeseen sopivia nostovälineitä ja -tapoja (Zhu et al. 2022, 37).

Edellytys uudelleenkäytössä on, että rakennusosat ovat turvallisia ja ne eivät vaaranna käyttäjien terveyttä. Osien tulee olla puhtaita, ehjiä eikä niissä ei saa olla haitallisia tai kiellettyjä aineita. Haitalliset aineet ja epäpuhtaudet voivat vaikuttaa myös puun kierrätyspotentiaaliin uusiokäytön lisäksi. (Zhu et al. 2022, 39)

3.3. Kierrätys ja hyödyntäminen

3.3.1. Jatkojalosteet

Puhdas puu sopii esimerkiksi puukuitujen, hakkeen ja komposiittimateriaalien valmistukseen. Käsitelty puu päätyy usein energiaksi. (Lehtonen 2019, 70) Kotitalouksissa puutuotteita puutuotteiden kierrätys on suhteellisen yleistä. Eniten kierrätetään MDF levyä ja lastulevyä. Kierrätys tapahtuu murskaamalla levyt, jonka jälkeen naulat ja muut materiaalit poistetaan, lisätään liima ja massa puristetaan uudeksi levyksi. Jotta kierrätykseen perustuva levyn valmistus olisi kannattavaa tulisi raaka ainetta saada tasaisesti tuottajille. Baltian maihin ja puolaan viedään jonkin verran hienonnettua puuta levytuoteteollisuuteen. (Puutuoteteollisuus 2022c) Kierrätyspuu sopisi lastulevyjen valmistukseen hyvin, mutta tämä voisi johtaa levyjen laadun heikkenemiseen, jos ei käytetä puhdasta homogeenistä puuta (Myller 2015, 26).

Kierrätetystä puusta saadaan valmistettua puukomposiittia. Siinä yhdistetään muovi ja puu suulakepuristusmenetelmällä tai ruiskuvalulla yhdeksi massaksi, josta tehdään monipuolisesti tuotteita. Komposiittimateriaali sitoo hiiltä, eikä se sisällä myrkyjä. Sen valmistuksessa voidaan hyödyntää myös kierrätysmuovia. Komposiitti kestää hyvin sääoloja ja ei vaadi pintakäsittelyä. Tuotteiden käyttöiän päässä ne voidaan hyödyntää energiana. Puhdas kierrätyspuu käy komposiitin materiaaliksi parhaiten. Haitta-aineet ja epäpuhtaudet eivät sovi varsinkaan sisätiloihin valmistettaviin tuotteisiin. (Myller 2015, 27–28)

Innovatiivisia puun hyödyntämistapoja kehitellään jatkuvasti. Esimerkkinä Suomalainen Destaclean on kehittänyt puukivi-materiaalin, jossa betonin sekaan sekoitetaan kierrätyspuukuitua. Materiaalista tehdään piha- ja aluerakentamiseen tuotteita. Se on kevyempää kuin perinteiset kivit tuotteet. Puun käyttö laskee puukiven hiilijalanjälkeä 30:llä prosentilla. (Destaclean 2018)

Puusta on mahdollista valmistaa myös biohiiltä pyrolyysin eli kuivatislauksen avulla. Vähähappisessa tilassa massa kuumennetaan 300–500 asteeseen riippuen pyrolyysistä. Lopputuloksena on hiilirikasta, huokoista ja kiinteää materiaalia, jota käytetään varsinkin maanparannukseen. Se kestää maaperässä satoja tai tuhansiakin vuosia sitoen ravinteita itseensä. Biohiiliä on olemassa monnia eri tuotteita ja niiden ominaisuudet vaihtelevat. Sen käyttökohteita on laajasti ja niitä tutkitaan koko ajan lisää.

(Riikonen 2019 s. 4–61) Puhdas puumateriaali, jossa ei ole liimoja, tai niiden osuus on pieni, sopii parhaiten kaikkien edellä mainittujen kierrätystuotteiden valmistukseen.

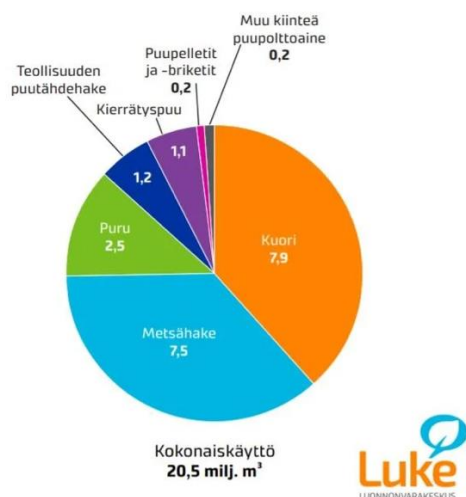
3.3.2. Energia

Purettu puu päätyy yleisimmin bioenergiaksi. Luonnonvarakeskuksen mukaan kierrätyspuuta hyödynnettiin 1,1 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2019 (Kaavio 2). Kiinteiden polttoaineiden määrästä suomessa se on 5 %. Energiantuotantolaitoksia on Suomessa monia ja sijaitsevat laajalla säteellä. Kuljetusmatkat ovat suhteelliset lyhyet ja puulle löytyy paljon kysyntää. Puun energiaksi hyödyntäminen on Suomen ympäristökeskuksen mukaan tällä hetkellä parempi ja edullisempi vaihtoehto kuin uusiokäyttö. Kunnes kotimainen markkina uusiokäytettävälle puulle syntyy, on energiaksi hyödyntäminen hyvä vaihtoehto. (Puutuoteteollisuus 2022c)

Polttolaitosten päästöt ja savukaasujen puhdistuskemikaalien valmistus aiheuttaa suurimmat ilmastolle haitalliset päästöt puun energiahyödyntämisessä. Hyödyntämisen kautta voidaan kuitenkin vähentää huomattavasti päästöjä, kun puu korvaa fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käyttöä. (Manninen et al. 2015, 20–26)

Pellettejä valmistetaan sahojen sivutuotteista. Niitä käytetään polttoaineena sekä hevosten kuivikkeena. (Stora Enso) Pellettejä voisi mahdollisesti valmistaa myös puhtaasta kierrätyspuusta.

**KIINTEIDEN PUUPOLTTOAINEIDEN KÄYTTÖ
LÄMPÖ- JA VOIMALAITOKSISSA 2019 (milj. m³)**



Kaavio 2. (Luke 2019)

4. MUUT RAKENNUSTUOTTEET JA UUSIOKÄYTTÖ

4.1. Betoni

Betoni on laajasti kierrätettävä materiaali. Sen kierrätysaste on jopa 80 %. Sementin valmistuksessa käytetään kierrätettyä masuunikuonaa ja rautahilsettä. Rakennuksista puretut betoniset rakenteet usein murskataan. Teräsbetonista erotellaan metalliosat, jotka kuljetetaan sulatukseen esimerkiksi käytettäväksi uusina harjateräksinä.

(Betoniteollisuus)

Betonielementit ovat purettavissa ilman hajottamista, jos ne on koottu helposti irrotettavien liitoksiin, kuten pulteilla. Myös pilarien ja palkkien uusiokäyttö on mahdollista. Työmaalla valetut rakenteet murskataan osiksi. Suuret hallielementit ovat useimmin uusiokäytön kohteena, koska niistä on helppo koota uusi hallirakennus toiseen paikkaan. Esimerkki uudelleenkäytetyistä hallirakenteista on Töölön Kansojen halli 60-luvulta, joka siirrettiin Turkuun toimimaan myymälänä. (Betoniteollisuus)

Betonin kierrätyspisteitä on Suomessa yli 20. Kierrätyskiviainesta, joka on valmistettu betonista, käytetään noin 1 miljoonaa tonnia joka vuosi. (Rakennustuoteteollisuus)

Kierrätysbetonimurske kuuluu harmonisoitujen tuotestandardien soveltamisalaan eli on CE-merkittävä tuote. Murske voidaan ilman CE-merkintää käyttää paikalla, mutta sen tulee silti olla laatuvaatimusten mukainen. Betonimursketta hyödynnetään varsinkin maarakentamisessa kiviaineksen sijaan. Murskattu betoni on CE-merkinnästä ja laatuvaatimuksista huolimatta tällä hetkellä aina jätettä. Uuden betonin valmistukseen ei käytetä usein kierrätysbetonimursketta teknisten vaatimusten ja puhtauskriteereiden takia. (Zhu et al. 2022, 28).

4.2. Teräs

Teräs on kierrätetyin materiaali maailmassa. Se on arvokas raaka-aine, joten sen kierrätyksellä on myös taloudellisia etuja. (Teräsrakenneyhdistys) Esimerkiksi Outokummun ruostumaton teräs sisältää 90 % kierrätettyä materiaalia (Outokumpu 2022). Uutta terästä valmistetaan kierrätysteräksestä tai rautamalmista. Malmin kanssa prosessiin voidaan lisätä kierrätettyä terästä noin 20–40 % tai valmistaa teräs kokonaan kierrätysmateriaalista. (Teräsrakenneyhdistys) Kierrätysteräksen valmistuksen hiilidioksidipäästöt ovat neljänneksen malmivalmistukseen verrattuna.

(Laine et al. 2020, 22)

Teräksellä on lähes loputon kierrätyspotentiaali. Sen ominaisuudet eivät heikkene, vaikka se olisi käynyt kierrätysprosessin läpi useita kertoja. Malmia käytetään siksi, että vanhaa terästä ei ole tarpeeksi kasvavan kysynnän ja pitkän käyttöiän vuoksi.

(Teräsrakenneyhdistys)

Teräsrakenteita voidaan myös käyttää sellaisenaan uudestaan. Jos uusiokäytettävyys on otettu suunnitteluvaiheessa huomioon purkaminen ja kokoaminen uuteen kohteeseen on helpompaa. Ruuviliitoksien käyttö auttaa purkamista kokonaisena. Tilapäisiä rakennuksia kuten väliaikaissilloja ja väestötilarakennuksia tehdään uusiokäytetyistä tai helposti purettavista rakenteista. Kuten puun uusiokäytössä terästä säätelee määräykset ja vaatimukset. Käyttökelpoisuuden todentaminen on teräksenkin kohdalla haastavaa. (Teräsrakenneyhdistys)

4.3. Tiili

Kierrätystiiltä voidaan käyttää uusissa kohteissa puhdistamisen jälkeen sellaisenaan. Tiili kelpaa myös maanrakennuksen täyttömateriaaliksi, sekä murskattuna pintamassaksi tenniskentille. Osa uusien tiilien raaka-aineista voidaan korvata murskatulla kierrätystiilellä. (Suomen tiiliteollisuusliitto) Huokoinen tiilimurske on kevyttä, emäksistä ja sen pidättää hyvin vettä. Se sopii esimerkiksi viherkattojen materiaaliksi. Kierrätystiilien käyttöä esimerkiksi hulevesien imeytysalueilla vaikeuttaa epäpuhtaudet, joita niissä esiintyy. (Tuhkanen et al. 2014).

Muuraamisessa käytettävä laasti on hankala erotella purkutiilen seasta. Laastissa voi olla käyttökohteesta riippuen haitallisia aineita, kuten asbestia. Rapatut tiilipinnat voivat myös sisältää aineita, jotka ovat vaaraksi terveydelle. Savulle altistuneet tiilet hormeissa sisältävät epäpuhtauksia ja ne kuuluvat vaarallisen jätteen luokkaan. (Lehtonen 2019, 67)



Kuva 9. Materiaalien lajittelua purkutyömaalla. (Rakennustarkkailija 2021)

5. POHDINTA

Vaikka metsäalan kasvu puuteollisuuden vuoksi on pääasiassa positiivista, kestävä kehitys ja luonnon monimuotoisuuden suojeleminen täytyy ottaa huomioon.

Uusiokäyttämällä jo olemassa olevaa puumateriaalia säästetään metsiä suojelukäyttöön. Ihmisten asenteet ja ideologiat ovat myös muutoksessa, kun ekologiset arvot yleistyvät myös rakennusalalla. Viime vuosien pandemia ja tällä hetkellä Euroopassa vallitseva sotatila ovat vaikeuttaneet materiaalien saatavuutta. Vastaavia tilanteita tulee luultavasti tulevaisuudessakin, ja tämän vuoksi olemassa olevaa materiaalikantaa olisi hyvä osata hyödyntää.

Massiivipuutuotteiden uusiokäyttö sellaisenaan ei ole tällä hetkellä yleistä. Suurin syy tälle on markkinoiden puuttuminen. Hirsyä myydään ja ostetaan yksityisillä markkinoilla, mutta suurta kysyntää tuotteille ei ole. Kelpoisuuden osoittamisen tulisi olla helpompaa, sekä prosessin tulisi olla edullinen. Luottamuksen saavuttaminen jo käytettyihin rakenteisiin on olennaista. Käytettyjen tuotteiden tulee soveltua käyttötarkoitukseensa, ja vaurioituneita tai haitallisia aineita sisältäviä rakenteita ei tule käyttää uudestaan.

Muiden rakennusmateriaalein kierrätystä tarkastellessa voi löytää suuntaa myös massiivipuun käyttöön. Teräs on arvokas ja kierrätyskelppoinen materiaali ominaisuuksiensa vuoksi, mutta esimerkiksi betoni kierrätetään laajasti, vaikka uutta betonia voidaan helposti ja edullisesti valmistaa lisää. Betoni käytetäänkin pääasiassa jatkojalosteena murskeen muodossa, kuten tiilikin. Puu nähdään toistuvasti bioenergiavarastona, sen sijaan siitä voisi kehittää laajemmin jatkojalosteita, jotta hiilivarastot eivät menisi hukkaan.

Massiivipuutuotteet ovat muunneltavia materiaaleja, joka voi helpottaa niiden uusiokäyttöä. Kaikki läpi käytyt rakenteet ovat käytettävissä uudestaan jossain muodossa. Niitä voidaan aukottaa, leikata palasiksi ja niihin voi luoda uusia liitoksia. Esimerkiksi CLT-seinä- ja laattaelementtien käyttö uusien tilaelementtien valmistukseen saattaa olla mahdollista. Sen lisäksi massiivipuisia tilaelementtejä voisi käyttää uudestaan lisäkerrosrakentamisessa niiden keveyden ja yksinkertaisen laatikkomaisen muodon vuoksi. Rakenteiden uusikäyttöä voisi harkita väliaikaistarkoitukseen olevissa kohteissa, kuten koulujen väliaikaisissa tiloissa. On kuitenkin todennäköisempää, että massiivipuurakenteita käytetään enemmän jatkojalosteisiin, kuin kokonaisina osina. Kantavien rakenteiden uudelleenkäyttö on haastavaa ja vaatii vahvaa vastuun ottamista.

Suunnittelijoilla ja uusientuotteiden kehittäjillä on suuri vaikutus mihin suuntaan puurakenteiden uusiokäyttö ja kierrätys menee. Purettavaksi suunnitellut tuotteet ovat mahdollisesti keino kehittää uusiokäyttöä. Voisivatko elementtien valmistajat käyttää purettuja osia uudestaan tuotannossaan?

Uusilla massiivipuutuotteilla, kuten rakennettuja taloja ei ole todennäköisesti Suomessa vielä purettu. Uusiokäytön mahdollisuuden arviointi on vaikeaa kokemuksen puutteen vuoksi. On mielenkiintoista nähdä mihin puurakentaminen kehittyy ja mikä on nykypäivänä rakennetun massiivipuukurakennuksen elinkaari? Onko puu käyttökelpoista vielä sadan vuoden kuluttua?

Taulukko 2. Massiivipuutuotteiden yhteenveto

TUOTE	PUUMATERIAALI	LII	NAU	TAPPI	VALMISTUS SUOMESSA	KÄYTTÖKOHDE
Hirsi	kuusi ja mänty				X	seinät
lamellihirsi	kuusi ja mänty	X			X	seinät
Painumat on hirsi	kuusi ja mänty				X	seinät
Liimapuu	kuusi ja mänty					pilari ja palkit
CLT	kuusi ja mänty	X			X	seinät ja laattarakenteet
LVL	kuusi	X			X	seinä, pilarit ja palkki- ja laattarakenteet
MHM	Eurooppalaiset havupuut		X			seinät
NLT	havupuut		X			seinät ja laattarakenteet
DTL	havupuut ja lehtipuutapit			X		seinät ja laattarakenteet
Lohenpyskölevy *	kuusi ja mänty				X	seinät ja laattarakenteet

* Tuotekehitysvaiheessa, ei varsinaista valmistusta.

6. LÄHTEET

Betoniteollisuus. *Betoni*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ekologisuus/kierratys/> [noudettu: 4.3.2022].

Destaclean 2018. *Puukivi uusiokomposiitti*. [verkkosivu] Saatavissa: https://www.destaclean.fi/wp-content/uploads/2018/03/Puukivi_esite_2018.pdf [noudettu 18.4.2022].

Harju, A., Möttönen, V., Heräjärvi, H., Hyttinen, M., Lampela, J., Pasanen, P. & Sivula, A. 2021. *Massiivipuun päästöt sisäilmaan : Kirjallisuuskatsaus*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki.

Hirsirakennusten siirto. Helsinki: Museovirasto rakennushistorian osasto. ISSN 1236-4517.

Huuhka, S., Köliö, A., Annala, P. & Poti, A. 2018. *Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet*. Muuttuvarakennettu ympäristö; Nro 4, Rakennetekniikka. Tutkimusraportti.; Nro 165. Tampere: Tampere University of Technology.

Koponen, O., Karjalainen, M., Illgin, E. 2021. *Massiivipuulevy lohenvyrstytötekniikalla*. Hanke-esttely. Tampere: Tampereen yliopisto.

Laine, A., Raivio, T., Jonsson, H., Heino, A., Klimscheffskij, M., Lehtomäki, J., 2020. *Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035 – Osa 1. Rakennetun ympäristön hiilielinkaaren nykytila*. Taustaraportti. Gaia Consulting Oy.

Lakkala, M. & Pihlajaniemi, J. 2019. *Moderni hirsikaupunki*. Tutkimushankkeen loppuraportti. Oulu: Oulun yliopisto, teknillinen tiedekunta.

Luke 2020. Suomen metsät vuoden 2020 eurooppalaisessa vertailussa valituilla FOREST EUROPE:n kestävän metsänhoidon kriteereillä ja indikaattoreilla. [verkkosivu] Saatavissa:https://www.luke.fi/sites/default/files/migration_wp/metsavarat-Luke_suomi_20210727.pdf [noudettu 18.4.2022].

Lehtonen, K. *Rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö; kelpoisuuden osoittaminen*. Raportti. Ytekki Oy. Kouvola. Saatavissa: <https://docplayer.fi/214487133-Kouvola-innovation-rakennusmateriaalien-uudelleenkaytto-kelpoisuuden-osoittaminen-reuse-hanke-ytekki-oy.html> [noudettu 17.4.2022].

Lehtonen, K. 2019. Purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjiille. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:29. Helsinki. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161884/YM_2019_29.pdf?sequence=4&isAllowed=y [noudettu 17.4.2022].

Manninen K., Judl, J., Myllymaa, T. 2015. *Rakentamisen puujätteen ja puupakkausjätteen käsittelyvaihtoehtojen elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset*. Ympäristöministeriö. Saatavissa:https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/159224/YMra_29_2015.pdf?sequence=1 [noudettu 17.4.2022].

Myller, E. *Sekalaisen puujätteen testaus erilaisten lopputuotteiden valmistuksessa*. Projektin ohjausryhmän loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 28:2015. Helsinki. Saatavissa:https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/158956/YMra_28_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y [noudettu 17.4.2022].

Outokumpu 2022. *Kiertotalous*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.outokumpu.com/fi-fi/sustainability/environment/circular-economy> [noudettu 4.3.2022].

Puuinfo 2020a. *Hirsirakenteet*. [verkkosivu] Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/> [noudettu 18.4.2022].

Puuinfo 2020b. *Kosteustekniset ominaisuudet*. [verkkosivu] Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/puun-kosteustekniset-ominaisuudet/>
[noudettu 18.4.2022].

Puuinfo 2020c. *Liimapuu*. [verkkosivu] Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/liimapuu-qlt/> [noudettu 18.4.2022].

Puuinfo 2020d. *Liittimillä kootut massiivipuulevyt*. [verkkosivu] Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/olet-taalla-liittimilla-kootut-massiivipuulevyt-nlt-mhm-dlt/> [noudettu 9.3.2022].

Puuinfo 2020e. *Massiivilevyjen teknisiä ominaisuuksia*. [verkkosivu] Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/massiivipuulevyjen-teknisia-ominaisuuksia/>
[noudettu 26.1.2022].

Puuinfo 2020f. *Monikerroslevy (CLT)*. [verkkosivu] Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/monikerroslevy-clt/> [noudettu 18.4.2022].

Puuinfo 2020g. *Puun käyttö rakentamisessa*. [verkkosivu] Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/> [noudettu 18.4.2022].

Puuinfo 2020h. *Puun käytön ympäristövaikutukset*. [verkkosivu] Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/> [noudettu 18.4.2022].

Puuinfo 2020i. *Puurakentamisen liimat*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/puurakentamisen-liimat/> [noudettu 18.4.2022].

Puuinfo 2020j. *Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/massiivipuulevyrakenteet/vaatimustenmukaisuuden-osoittaminen/> [noudettu 18.4.2022].

Puuinfo 2020k. *Viilupuu (LVL)*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/viilupuu-lvl/> [noudettu 18.4.2022].

Puutuoteteollisuus 2022a. *Perustietoa puusta*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://puu.tuoteteollisuus.fi/tietoa-puusta-ja-tuotteista/mita-puu-on> [noudettu 18.4.2022].

Puutuoteteollisuus 2021b. *Puun käyttöä lisäämällä voidaan leikata rakentamisen hiilidioksidipäästöjä*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://puutuoteteollisuus.fi/tietoa-puusta-ja-tuotteista/puu-vahahiilisessa-rakentamisessa> [noudettu 18.4.2022]

Puutuoteteollisuus 2022c. *Puun kiertotalous*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://puutuoteteollisuus.fi/juuri-nyt/kiertotalous>. [noudettu 21.3.2022]

Rakennustuoteteollisuus. *Kierrätys*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://kivitaloinfo.fi/tietoa-kivitalosta/ymparistovaikutukset/kierratys/> [noudettu 18.4.2022]

Riikonen, A. 2019. *Biohiili ja sen käyttömahdollisuudet viherrakentamisessa*. Kaupunkiympäristön julkaisuja 2019:19, Helsinki. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-19-19.pdf> [noudettu 18.4.2022].

Siikanen, U., 1987. *Puurakennusten suunnittelu*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Stora Enso. Pelletit. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.storaenso.com/fi/products/pellets> [noudettu 17.4.2022].

Suomen tiiliteollisuusliitto 2022. *Ympäristöystävällinen tiili*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/ymparistoystavallinen-tiili/> [Noudettu 9.3.2022].

Sustainable Construction Services. *CLT sustainability*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.cltcrosslaminatedtimber.com.au/clt/sustainable> [noudettu 16.3.2022].

Suomen standardoimisliitto. *CE-merkintä*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/ce-merkinta/> [noudettu 18.4.2022].

Teräsrakenneyhdistys. *Teräksen kierrättäminen*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/co2-ja-kiertotalous/teraksen-kierratys/> [noudettu 4.3.2022].

Tiiliteollisuus. *Ympäristöystävällinen tiili*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/ymparistoystavallinen-tiili/> [noudettu 18.4.2022].

Tilastokeskus 2006. *Suomella on raskas ekologinen jalanjälki*. [verkkosivu] Saatavissa: https://www.stat.fi/tup/tietotrendit/tt_10_06_ekologinen_jalanjalki.html [noudettu 26.1.2022].

Tuhkanen, E., Juhanaja, S. & Salo, T. 2014. *Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen viher- rakentamisen kasvualustoissa ja rakenteissa*. MTT Raportti.

Valtionneuvosto 2019. *Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019: Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta*. Valtioneuvoston julkaisuja 2019:31, Helsinki. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161931/VN_2019_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y [noudettu 18.4.2022].

WWF 2021. *Ylikulutus*. [verkkosivu] Saatavissa: <https://wwf.fi/uhat/ylikulutus/> [noudettu 25.1.2022].

Ympäristöministeriö 2017. *Rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö, kierrätys ja jätehuolto* [verkkosivu] Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Rakennusmateriaalien_tietopankki/Uudelleenkaytto_kierratys_ja_jatehuolto [noudettu 25.1.2022].

Zhu, Y., Lonka, H., Tähtinen, K., Anttonen, M., Isokääntä, P., Knuutila, A., Lahdensivu, J., Mahiout, S., Mäntylä, A., Raimovaara, M., Rantio, T., Santonen, T., & Teittinen, T. 2022. *Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisyyden näkökulmasta*. Valtionneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:15. Helsinki. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163832/VN_Teas_2022_15.pdf?sequence=1&isAllowed=y [noudettu 18.4.2022].

7. KUVALÄHTEET

Kuva 1. Luke 2020. [verkkosivu] saatavissa:

https://www.luke.fi/sites/default/files/migration_wp/metsavarat-Luke_suomi_20210727.pdf [noudettu 18.4.2022].

Kuva 1. Puuinfo 2020. [verkkosivu] saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/massiivipuulevyjen-teknisia-ominaisuuksia/> [Noudettu 26.1.2022].

Kuva 2. Puuinfo 2020. [verkkosivu] saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/monikerroslevy-clt/> [noudettu 9.3.2022].

Kuva 3. Puuinfo 2020. [verkkosivu] saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/liimapuu-qlt/> [noudettu 6.4.2022].

Kuva 4. Puuinfo 2020. [verkkosivu] saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/viilupuu-lvl/> [noudettu 9.3.2022].

Kuva 5. Puuinfo 2020. [verkkosivu] saatavissa:

<https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/olet-taalla-liittimilla-kootut-massiivipuulevyt-nlt-mhm-dlt/> [noudettu 14.3.2022].

Kuva 6. [verkkosivu] saatavissa: <https://www.thinkwood.com/wp-content/uploads/2020/08/Cross-Laminated-Timber-2.png>

[noudettu 18.4.2022].

Kuva 7. Thinkwood. [verkkosivu] saatavissa:

<https://www.thinkwood.com/blog/selecting-lumber-making-nlt> [noudettu 18.4.2022].

Kuva 8. Markku Karjalainen. [Saatu sähköpostilla 23.2.2022].

Kuva 9. Rakennustarkkailija 2021. [verkkosivu] saatavissa:

<https://rakennustarkkailija.com/2021/07/05/rakennuslan-jatteet-ja-kierratys/> [noudettu 18.4.2022].

Kaavio 1. Lehtonen, K. 2019. Purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjiille.

Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:29. Helsinki. Saatavissa:

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161884/YM_2019_29.pdf?sequence=4&isAllowed=y [noudettu 17.4.2022].

Kaavio 2. Luke 2021. [verkkosivu] saatavissa:

<https://www.luke.fi/fi/uutiset/metsabioenergiaa-voitaisiin-hyodyntaa-vielakin-enemman-tama-kattava-tietopaketti-hyodyntaa-alan-toimijoita> [noudettu 18.4.2022].

Taulukko 1. Puuinfo 2020. Taulukko muokattu lähteen tiedoista ja kuvista.

Hirsirakenteet. [verkkosivu] Saatavissa:

<https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/> [noudettu 18.4.2022].