

Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisyyden näkökulmasta

Ying Zhu, Harriet Lonka, Katja Tähtinen, Markku Anttonen, Päivi Isokääntä,
Anssi Knuutila, Jukka Lahdensivu, Selma Mahiout, Anne-Marie Mäntylä,
Markku Raimovaara, Tiina Rantio, Tiina Santonen & Tuuli Teittinen

VALTIONEUVOSTON SELVITYS- JA
TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2022:15

tietokayttoon.fi

Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisyyden näkökulmasta

Ying Zhu, Harriet Lonka, Katja Tähtinen, Markku Anttonen, Päivi Isokääntä, Anssi Knuutila, Jukka Lahdensivu, Selma Mahiout, Anne-Marie Mäntylä, Markku Raimovaara, Tiina Rantio, Tiina Santonen & Tuuli Teittinen

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Julkaisumyynti

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**

Statsrådets
nätbokhandel

vnjulkaisumyynti.fi

Valtioneuvoston kanslia

This publication is copyrighted. You may download, display and print it for Your own personal use. Commercial use is prohibited.

ISBN pdf: 978-952-383-253-4

ISSN pdf: 2342-6799

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2022

Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisuuden näkökulmasta

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 20212:15

Julkaisija Valtioneuvoston kanslia

Tekijä/t Ying Zhu, Harriet Lonka, Katja Tähtinen, Markku Anttonen, Päivi Isokääntä, Anssi Knuutila, Jukka Lahdensivu, Selma Mahiout, Anne-Marie Mäntylä, Markku Raimovaara, Tiina Rantio, Tiina Santonen & Tuuli Teittinen

Kieli suomi **Sivumäärä** 161

Tiivistelmä

Purettuja rakennusosia käytetään Suomessa uudelleen hyvin vähän, vaikka puretuissa materiaaleissa on paljon hyödyntämispotentiaalia. Selvitys osoittaa, että betonielementti, tiili, teräs ja käsittelemätön sahatavara eivät olemassa olevan tiedon perusteella sisällä erityisen ongelmallisia raaka-aineita ja niiden uudelleenkäyttö voi olla mahdollista turvallisuuden tai terveellisuuden näkökulmasta. Purettujen rakennustuotteiden uudelleenkäytön merkittävät haasteet liittyvät tällä hetkellä kelpoisuuden osoittamisen menettelyiden epäselvyyteen.

Lyhyellä aikavälillä nykyisen sääntelyn selkeyttämisellä ja viranomaisten tulkintojen kehittämisellä voidaan selventää tilannetta ja sujuvoittaa tuotehyväksyntäprosesseja uudelleenkäytettäville rakennustuotteille. Pidemmällä aikavälillä EU:n rakennustuoteasetuksen uudistuksen yhteydessä tulee luoda periaatteet uudelleenkäytettävien rakennusosien tuotehyväksynnästä ja kelpoistamisesta. Sen lisäksi on hyväksyttävä, että uudelleenkäytettäviä rakennusosia voidaan käyttää myös muuhun kuin alkuperäiseen käyttötarkoitukseen. Tämä luo tilaa innovaatiolle ja on siksi kannustettavaa. Sääntelyn kehitystoimenpiteet vaativat nykyistä vahvempaa tietopohjaa ja osaamisen kehittämistä koko arvoketjun toimijoille. Purkumateriaalien markkinoiden luomiseksi ja vahvistamiseksi on tärkeää edistää kiertotalouden mukaisia ja taloudellisesti toimivia liiketoimintaekosysteemejä.

Klausuuli Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa. (tietokayttoon.fi) Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

Asiasanat purkumateriaali, kelpoisuus, turvallisuus, terveellisyys, uudelleenkäyttö, kierrätys, tutkimus, tutkimustoiminta

ISBN PDF 978-952-383-253-4

ISSN PDF 2342-6799

Julkaisun osoite <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-253-4>

Rivningsmaterials lämplighet för olika tillämpningar ur säkerhets- och hälsosynpunkt

Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 2022:15

Utgivare Statsrådets kansli

Författare Ying Zhu, Harriet Lonka, Katja Tähtinen, Markku Anttonen, Päivi Isokääntä, Anssi Knuutila, Jukka Lahdensivu, Selma Mahiout, Anne-Marie Mäntylä, Markku Raimovaara, Tiina Rantio, Tiina Santonen & Tuuli Teittinen

Språk finska

Sidantal

161

Referat

Demolerade byggnadsdelar återanvänds väldigt lite i Finland, även om det finns stor potential för demolerat material. Studien visar att prefabricerad betong, tegel, stål och obearbetat sågat virke enligt nuvarande kunskap inte innehåller särskilt problematiska råvaror, och att deras återanvändning kan vara möjlig ur säkerhets- eller hälsosynpunkt. Betydande utmaningar för återanvändning av nedmonterade byggprodukter hänför sig till oklarheten i kvalificeringsförfarandena.

På kort sikt kan förtydligande av befintliga regelverk och utveckling av officiella tolkningar förtydliga situationen och effektivisera produktgodkännandeprocesser för återanvändbara byggprodukter. På längre sikt bör reformen av EU:s byggproduktförordning fastställa principer för produktgodkännande och validering av återanvändbara byggkomponenter. Dessutom måste det accepteras att återanvändbara byggnadsdelar även får användas för andra ändamål än sin ursprungliga syfte. Detta skapar utrymme för innovation och uppmontras därför. Utvecklingsåtgärder kräver starkare kunskap och kompetensutveckling för aktörer i hela värdekedjan. För att skapa och stärka marknaden för rivningsmaterial är det viktigt att främja ekonomiskt bärkraftiga affärs ekosystem som är i linje med cirkulära ekonomi.

Klausul Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan. (tietokayttoon.fi) De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

Nyckelord rivningsmaterial, fitness, säkerhet, hälsa, återanvändning, återvinning, forskning, forskningsverksamhet

ISBN PDF 978-952-383-253-4

ISSN PDF

2342-6799

URN-adress <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-253-4>

Suitability of demolition materials for different applications from the safety and health point of view

Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2022:15

Publisher Prime Minister's Office

Author(s) Ying Zhu, Harriet Lonka, Katja Tähtinen, Markku Anttonen, Päivi Isokääntä, Anssi Knuutila, Jukka Lahdensivu, Selma Mahiout, Anne-Marie Mäntylä, Markku Raimovaara, Tiina Rantio, Tiina Santonen & Tuuli Teittinen

Language Finnish

Pages 161

Abstract

Dismantled construction products and building parts are reused very little in Finland, although there is a lot of potential. The study shows that precast concrete, brick, steel and unprocessed sawn timber do not contain particularly problematic raw materials based on the existing information, therefore their reuse may be possible from a safety or health point of view. There is however significant challenge currently for the reuse of dismantled construction products due to the ambiguity of the qualification procedures.

In the short term, clarification of existing regulations and development of official interpretations can clarify the situation and streamline product approval processes for reusable construction products. In the long run, the reform of the EU Construction Products Regulation should establish principles for the product approval and validation of reusable building components. In addition, it must be accepted that reusable building components may also be used for purposes other than their original use. This creates room for innovation and is therefore encouraged. Regulatory development measures require a stronger knowledge base and competence development for actors throughout the value chain. In order to create and strengthen the market for demolition materials, it is important to promote circular and economically viable business ecosystems.

Provision This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research. (tietokayttoon.fi) The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.

Keywords demolition material, fitness, suitability, safety, health, reuse, recycling, research, research activities

ISBN PDF 978-952-383-253-4

ISSN PDF 2342-6799

URN address <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-253-4>

Sisältö

1	Johdanto	9
1.1	Tausta ja tavoite	9
1.2	Keskeiset määritelmät	11
2	Tutkimusmenetelmät	14
3	Uudelleenkäytön ja kierrätyksen nykytila ja potentiaali	15
3.1	Uudelleenkäytön nykytilanne Suomessa ja ulkomailla	15
3.1.1	Uudelleenkäyttöpotentiaali	16
3.1.2	Rakennusosien uudelleenkäyttöä ulkomailla	19
3.1.3	Rakennusosien uudelleenkäyttöä Suomessa	24
3.2	Purkumateriaalien kierrätys	27
3.2.1	Betoni- ja tiilijätteen kierrätys	28
3.2.2	Puujätteen kierrätys	30
3.2.3	Metallijätteen kierrätys	31
3.2.4	Ikkunoiden lasijätteen kierrätys	32
3.2.5	Muovijätteen ja lämmöneristeiden kierrätys	33
3.3	Rakennusosien uudelleenkäytön ja kierrätyksen haasteet	37
4	Rakennusosien uudelleenkäyttö ja tuotehyväksyntä	40
4.1	Rakennustuote ja tuotehyväksyntä	40
4.2	Roolit ja vastuut tuotehyväksynnässä	40
4.3	Kolmas osapuoli ja viranomaisvalvonta tuotehyväksynnässä	42
4.4	Tuotehyväksyntämenetelmät	43
4.4.1	Euroopan Unionin jäsenmaiden yhteiset tuotehyväksyntämenetelmät	43
4.4.2	Suomen kansalliset ja vapaaehtoiset tuotehyväksyntämenetelmät	46
4.4.3	Rakennuspaikkakohtainen varmentaminen	48
4.5	Tuotannon laadunvarmennus ja AVCP-luokitus	48
4.6	Rakennustuotteiden kelpoistaminen uudisrakentamisessa	48
4.7	Korjausrakentaminen ja tuotehyväksyntä	49
4.8	Rakennusosien uudelleenkäyttö ja tuotehyväksyntä	50
4.9	Rakennusosien uudelleenkäytön prosessi ja sen kehittäminen	51
4.9.1	Purkukartoitus	51
4.9.2	Rakenteellinen kuntotutkimus ja haitta-aineiden tutkimus	52
4.9.3	Purkusuunnittelu ja purkutyö	53
4.9.4	Kuljetus, varastointi ja jatkojalostaminen	55
4.9.5	Uudelleenkäytön suunnittelu käyttökohteen mukaisesti	55
4.9.6	Tuotehyväksyntä ja kelpoistaminen	56

5	Rakennusosien uudelleenkäyttö materiaalien teknisten ominaisuuksien näkökulmasta	61
5.1	Betoni	61
5.2	Tiilet	64
5.3	Puu: sahatavara, liimattu puu, kattoristikko	67
5.4	Metallit: Kantava teräsrunko	71
6	Rakennusosien uudelleenkäytön terveellisyys ja turvallisuus sisäympäristöissä	74
6.1	Tarkasteltavat asiat	74
6.2	Terveysriskien arviointi	76
6.3	Lainsäädäntö ja muu sääntely	76
6.4	Rakennusmateriaaleissa esiintyviä haitta-aineita ja epäpuhtauksia sekä niiden selvittäminen	79
6.4.1	Haitta-ainetutkimuksessa selvitettävät aineet ja niiden terveysriskit	81
6.4.2	Muut epäpuhtaudet ja niiden haitalliset terveysvaikutukset	84
6.4.3	Ehdotus uusista selvitettävistä, terveydelle haitallisista aineista	84
6.5	Rakennusmateriaalien raaka- ja haitta-aineet, epäpuhtaudet sekä terveysriskit sisäympäristöissä	86
6.5.1	Betonelementit ja niiden raaka-aineet	86
6.5.1.1	Betonin lisäaineet	88
6.5.2	Betonelementtien mahdolliset haitta-aineet, epäpuhtaudet ja terveysriskit	91
6.5.3	Puutuotteet ja niiden raaka-aineet	92
6.5.3.1	Kemiallisesti käsitelty sahatavara	92
6.5.3.2	Liimapuu	93
6.5.4	Puutuotteiden mahdolliset haitta-aineet, epäpuhtaudet ja terveysriskit	94
6.5.5	Tiilituotteet ja niiden raaka-aineet	96
6.5.5.1	Poltettu tiili	96
6.5.5.2	Kalkkihiekkakivi	96
6.5.6	Tiilituotteiden mahdolliset haitta-aineet, epäpuhtaudet ja terveysriskit	97
6.5.7	Terästuotteet ja niiden raaka-aineet	98
6.5.7.1	Rakenneteräs	98
6.5.7.2	Ohutlevy	99
6.5.7.3	Pelti-villa-pelti-rakenne	99
6.5.8	Terästuotteiden mahdolliset haitta-aineet, epäpuhtaudet ja terveysriskit	100
6.5.9	Eristeet ja muovi	100
6.5.9.1	XPS ja EPS-eristeet	100
6.5.9.2	PIR ja PUR-eristeet	101
6.5.10	Eristeiden haitta-aineet, epäpuhtaudet ja terveysriskit	101
6.6	Yhteenvedo ja johtopäätökset	102
6.6.1	Uudelleenkäytettävien rakennusosien arviointi, terveys ja turvallisuus	103
6.6.2	Lainsäädännön asettamat reunaehdot rakennusosien uudelleenkäytölle	105
6.6.3	Uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoistaminen, terveys ja turvallisuus	106

7	Purkumateriaalien hyödyntämisen markkinoiden ja ohjauskeinojen kehittäminen	108
7.1	Johdanto	108
7.2	Markkinanäkymät nyt ja tulevaisuudessa	109
7.2.1	Markkinoiden muotoutuminen	109
7.2.2	Markkinoiden luominen	112
7.3	Ohjauskeinojen toimivuus	113
7.3.1	Säädosohjaus	113
7.3.2	End-of-Waste -periaate	114
7.3.3	EU-taksonomia markkinoiden ohjaajana	115
7.3.4	Green Deal -sopimukset ohjauskeinona	116
7.3.5	Yksityisen sektorin itsesääntely	118
7.4	Julkisen sektorin rooli	119
7.4.1	Pilotit	119
7.4.2	Julkiset hankinnat ja allianssimalli	120
7.5	Yksityisen sektorin rooli	121
7.6	Suunnittelu ja osaaminen avainasemassa	121
7.7	Johtopäätökset ja kehittämis ehdotukset	122
7.7.1	Johtopäätökset	122
7.7.2	Kehittämis ehdotukset	125
8	Johtopäätökset ja suositukset	127
	Liite 1 Sanasto	134
	Liite 2. Rakennuskohteen perusvaatimukset	137
	Liite 3. Rakennustuotteiden AVCP-luokitusjärjestelmä ja kontrollitoimenpiteet ..	139
	Liite 4. Yhteenvedo betonielementeissä esiintyvistä mahdollisista haitta-aineista ja epäpuhtauksista	143
	Liite 5. Yhteenvedo tiilessä esiintyvistä mahdollisista haitta-aineista ja epäpuhtauksista	145
	Liite 6. Haastateltut tai työpajoihin osallistuneet organisaatiot	147
	Lähteet	149

1 Johdanto

1.1 Tausta ja tavoite

Kiertotalous on keskeinen osa EU:n ympäristöpolitiikkaa ja vastikään julkistettua Vihreän kehityksen ohjelmaa (European Green deal). EU on Vihreän kehityksen ohjelmaansa sisältyvässä Kiertotalouden toimintaohjelmassa nostanut rakentamisen yhdeksi kiertotalousmarkkinoiden kehittämisen avainalueeksi.

Suomen hallitusohjelman mukainen poikkihallinnollinen, strateginen kiertotalouden edistämishjelma *Uusi suunta: Ehdotus kiertotalouden strategiseksi ohjelmaksi*¹ mittareineen valmistui 13.1.2021. Ohjelman päätavoitteet liittyvät vahvasti luonnonvarojen ylikulutuksen hillintään ja kierrätysasteen nostoon. Ohjelmasta muotoiltu Valtioneuvoston periaatepäätös² hyväksyttiin 8.4.2021. Periaatepäätöksessä esitetyt 18 toimenpidettä on ryhmitelty viiteen kokonaisuuteen: kiertotalouden kannusteet, kiertotalouden markkinat, kiertotalous keskeisillä sektoreilla, kiertotalouden innovaatiot, digitalisaatio ja osaaminen sekä kiertotalousulkopolitiikka kestävän kehityksen tavoitteiden tukena. Rakentaminen on hyvin materiaali-intensiivinen sektori ja se on kiertotalouden edistämisen ydinalueita.

Hankkeen raportointivaiheessa lausunnolla olevalla Kaavoitus- ja rakentamislilla (MRL-uudistus) pyritään omalta osaltaan edistämään kiertotaloutta. Laissa on ehdotettu uusi velvoite rakennus- ja purkumateriaaliselvityksen laatimisesta rakennuslupaprosessin yhteydessä. Tämä tukisi mm. purkumateriaalien hyödyntämismarkkinoiden syntymistä. Ympäristöministeriössä on tätä varten valmisteilla rakennus- ja purkumateriaalitietokannan perustaminen. Lakiehdotukseen sisältyvät rakennuksen elinkaariominaisuuksia ja rakennuksen vähähiilisyttä koskevat pykälät edistävät myös kiertotalouteen siirtymistä.

Uudessa jäteasetuksessa kiertotaloutta edistetään antamalla kunnille, jätteen haltijoille sekä pakkausten tuottajille nykyistä laajempia velvoitteita jätteiden erilliskeräykseen. Hankkeen raportointivaiheessa lausunnolla olevassa valtakunnallisessa jättesuunnitelmassa rakentamisen jätteille on asetettu seuraavat tavoitteet: rakentamisen jättemäärä vähenee; rakennus- ja purkujätettä hyödynnetään materiaalina vähintään 70 %; rakentamisen jätteiden laadukasta hyödyntämistä lisätään riskit halliten. Tavoitteiden

1 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-658-7>

2 <https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f8071a6e1>

saavuttamiseksi on jätesuunnitelmassa esitetty sitovia toimenpiteitä valtionhallinnolle ja ehdotuksia muille toimijoille. Jätesuunnitelman toteutumista ja vaikuttavuutta seurataan vuosittain kerättävien määrällisten seurantaindikaattorien avulla.

Sekä EU:n että kansallisen ohjauksen tärkeimpänä rakennussektorin kiertotaloustavoitteena on rakennus- ja purkujätteen hyödyntämisen edistäminen. Rakentamis- ja korjaustoiminnan seurauksena maassamme syntyy vuosittain n. 1,6 milj. tonnia rakennus- ja purkujätettä, josta hyödynnettiin materiaalina vuonna 2018 noin 54 %. EU:n asettama tavoite hyödyntämiselle vuodelle 2020 oli 70 %, joten tarvitaan merkittäviä lisätoimia tavoitteen saavuttamiseksi. Toisaalta rakennus- ja purkujätteissä arvioidaan olevan huomattavaa määrällistä ja laadullista (jätehierarkia) lisähyödyntämispotentiaalia.

Keskeisiä esteitä hyödyntämisen lisäämiselle on purkumateriaalien kelpoisuuden osoittaminen uudessa käytössä. EU:n nykyinen rakennustuoteasetus käytännössä estää uudelleenkäyttö- ja kierrätysmateriaalien laajamittaisen käytön uudisrakentamisessa, koska käytettyjen materiaalien ominaisuudet ovat harvoin todennettavissa uudisrakentamisessa edellytettävän CE-merkinnän kaltaisesti. Suomi teki omalla EU-puheenjohtajuuskaudellaan aloitteen asian korjaamiseksi ja tähän liittyvä prosessi EU:n rakennustuoteasetuksen muuttamiseksi ja EU-standardien kehittämiseksi on käynnistynyt.

Komissio valmistelelee rakennustuoteasetuksen revisiota yhdessä jäsenvaltioiden kanssa kartoittaen jäsenmaiden säädöstarpeita. Komission työssä pohditaan revision sisältöä ja käydään läpi harmonisoitujen tuotestandardien sisältöä mahdollisia uusia harmonisoituja teknisiä spesifikaatioita varten. Nuo tekniset spesifikaatiot käsittäisivät myös luonnonvarojen kestävästä käytöstä koskevan perusvaatimuksen ja mahdollistaisivat osaltaan rakennustuotteiden uudelleenkäytön rakennusalalla. Myös kansallisella tasolla voidaan tehdä linjauksia hyödyntämisen reunaehdoista. Käsillä olevan hankkeen tarkoituksena oli tuottaa taustatietoja, joita voitaisiin hyödyntää kehitettäessä Suomen kansallista kiertotalouden ohjausta niin, että purkumateriaalien hyödyntäminen sekä uudelleenkäytön että kierrätyksen näkökulmasta helpottuu. Hankkeen työtä ohjasivat seuraavat tutkimuskysymykset:

- Minkälainen on maamme keskeisten rakennus- ja purkujätejakeiden uudelleenkäyttö- ja kierrätyspotentiaali, riskit ja reunaehdot erilaisten käyttö-tarkoitusten näkökulmasta?
- Mitkä ovat näiden materiaalien keskeiset turvallisuus- ja terveystarpeet uudelleen- ja kierrätyskäytössä? Kuinka merkittäviä ne ovat viranomaisohjauksen kannalta?
- Miten näiden materiaalien hyödyntämistä tulisi tämän tiedon ja niihin liittyvän markkinapotentiaalin pohjalta lisätä, hyödyntämisen laatua parantaa ja hyödyntämiseen liittyviä markkinoita edistää valtiovallan, rakentamisen ohjauksen ja teknologian kehittämisen keinoin?

- Millaisia rakennus- ja purkumateriaalien hyödyntämistä tukevia kriteerejä voitaisiin mm. julkisille rakennushankkeille tämän tiedon pohjalta suositella?
- Millaisia johtopäätöksiä ja suosituksia hankkeen pohjalta voidaan antaa EU:n rakennustuoteasetuksen uudistamisen valmisteluun?

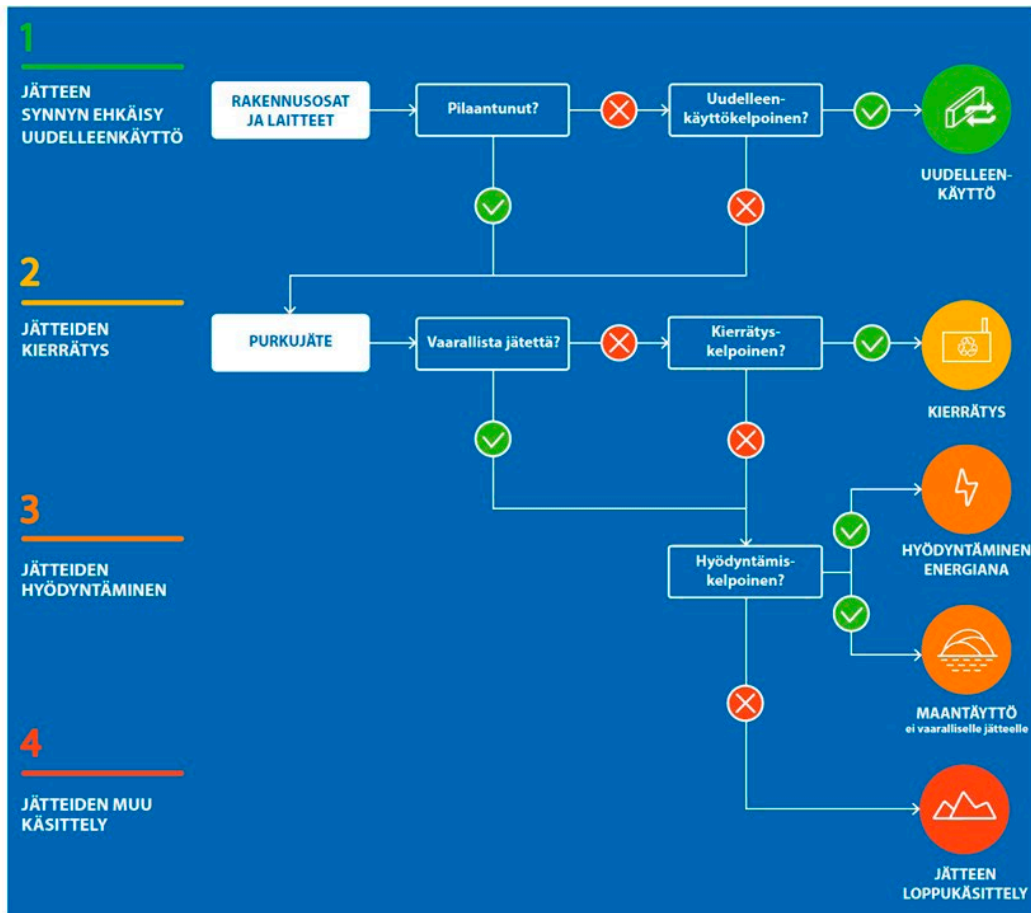
1.2 Keskeiset määritelmät

Purkumateriaaleja ovat kaikki purkamisessa syntyvät materiaalit ja rakennusosat. Purkumateriaaleja syntyy sekä kokonaispurkuhankkeissa että korjaamisessa. Purkumateriaaleja voidaan sekä uudelleenkäyttää (ensisijainen hyödyntämistapa) että kierrättää purkujätteenä.

Purkukartoitus on vapaaehtoinen, mutta suositeltava toimenpide purettavan rakennuksen materiaalien ja haitallisten aineiden kartoitukseen. Kartoituksen tarkoituksena on luoda hyvät edellytykset purkumateriaalien tarkoituksenmukaiselle hyödyntämiselle, ympäristö- ja terveystarpeiden välttämiseksi ja laadukkaalle purkuprosessille kaikissa purkuhankkeissa. Purkukartoitus koostuu haitta-ainekartoituksesta ja -tutkimuksista sekä purkumateriaaliselvityksestä. Purkumateriaaliselvityksen tavoitteena on tunnistaa uudelleenkäytettävät ja kierrätettävät materiaalit ja rakennusosat ja antaa suosituksia niiden käsittelytavoista sekä tuottaa kattava luettelo purkutoiminnassa muodostuvista vaarattomista jätteistä ja niiden määristä. Purkukartoituksen laatimisesta on olemassa opasjulkaisu *Purkukartoitus – Opas laatijalle* (Ympäristöministeriö, 2019). Purkukartoituksen tekemisen tueksi ympäristöministeriö on lisäksi laatinut lomakkeen purettavan rakennuksen haitallisten aineiden, uudelleenkäytettävien rakennusosien sekä muiden purkumateriaalien raportointiin.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän ja sen, jonka toiminnasta jätettä syntyy, tulee ottaa huomioon **jätteiden etusijajärjestyksen noudattaminen** rakennus- ja purkuhankkeissa (Kuva 1). Jätehuollon etusijajärjestyksen (Jätelaki 646/2011) mukaan ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä se.

Kuva 1. Jätehuollon etusijajärjestyksen huomioiminen rakennus- ja purkujätteen osalta (Lehtonen, 2019)



Uudelleenkäyttö ja kierrätys on määritelty jätelaissa (646/2011) seuraavasti:

Uudelleenkäyttö: Tuotteen tai sen osan käyttäminen uudelleen samaan tarkoitukseen kuin mihin se on alun perin suunniteltu.

Kierrätys: Jäte valmistetaan tuotteeksi, materiaaliksi tai aineeksi joko alkuperäiseen tai muuhun tarkoitukseen; jätteen kierrätyksenä ei pidetä jätteen hyödyntämistä energiana eikä jätteen valmistamista polttoaineeksi tai maantäyttöön käytettäväksi aineeksi.

Uudelleenkäytön valmistelulla tarkoitetaan jätelaissa jätteen tarkistamiseksi, puhdistamiseksi tai korjaamiseksi toteutettavaa toimintaa, jolla käytöstä poistettu tuote tai sen osa valmistellaan siten, että se voidaan käyttää uudelleen ilman muuta esikäsittelyä.

Tässä hankkeessa rakennustuotteiden uudelleenkäytöllä tarkoitetaan purettavasta rakennuksesta vapautuvien rakennustuotteiden tai niiden osien käyttämistä uudelleen rakennustuotteena. Uudelleenkäyttökohde voi kuitenkin olla eri kuin alkuperäinen käyttökohde (esimerkiksi kantava palkki käytetään uudelleen ei-kantavana rakenteena). Näitä uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita tai -osia kutsutaan tässä raportissa **purkutuotteiksi**.

Uudelleenkäytön ja uudelleenkäytön valmistelun keskeinen ero on, että uudelleenkäyttö tapahtuu ennen kuin tuotteesta on tullut jätettä, kun taas uudelleenkäytön valmistelussa on kyse jätteeksi päätyneen tuotteen uudelleenkäytöstä. Mikäli purettavan rakennustuotteen uudelleenkäyttö on suunniteltu jo ennen purkua, uudelleenkäytettävä rakennustuote ei lähtökohtaisesti muutu jätteeksi. Jos kyseessä on uudelleenkäyttöön valmistelun jälkeen hyödynnettävä materiaali, kyseessä on jätteen käsittely, jota koskevat jätelaista johtuvat velvoitteet (Ytekki & Winto, 2020).

Jos purettavia rakennusosia tai -tuotteita ei voida käyttää uudelleen, niistä tulee **jätettä**. Rakennus- ja purkujätteitä koskevat jätelainsäädännön velvoitteet. Kun rakennus- ja purkujätettä siirretään ja luovutetaan vastaanottajalle, jätteen haltijan on laadittava siirtoasiakirja (JL 121 § Siirtoasiakirja) ja jätteen vastaanottajalla on oltava ympäristölupa tai rekisteröinti (tai muu asiantuntemus) kyseisen jättemateriaalin vastaanottoon (JL 29 § Jätteen luovuttaminen).

Kierrätyskelpoisia rakennus- ja purkujätteitä voidaan hyödyntää uusien rakennustuotteiden raaka-aineena (esimerkiksi metallit, betoni) tai raaka-aineena muiden tuotteiden valmistuksessa. **Kierrätyksenä** ei pidetä jätteen hyödyntämistä energiana eikä jätteen valmistamista polttoaineeksi tai maantäyttöön käytettäväksi aineeksi eikä tuotteiden uudelleenkäyttöä.

Uudelleenkäytön valmistelu ja kierrätys ovat **materiaalina hyödyntämistä**. Materiaalina hyödyntämiseen luetaan myös maantäyttötoimet, joissa jätettä käytetään korvaamaan muita materiaaleja. Etusijajärjestyksen mukaan, jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä.

2 Tutkimusmenetelmät

Rakennus- ja purkujätejakeiden uudelleenkäytön ja kierrätyksen nykytilanteen selvityksessä hyödynnettiin kirjallisuudesta ja aikaisemmista tutkimushankkeista saatua tietoa. Tietoa eri rakennus- ja purkujätejakeiden käsittelystä kerättiin myös materiaalien valmistajien ja käsittelijöiden internetsivuilta sekä haastatteleamalla alan toimijoita.

Rakennusosien ja materiaalien valmistuksesta, käytetyistä raaka-aineista ja haitta-aineista sekä epäpuhtauksista sekä niiden mahdollisista haitallisista terveysvaikutuksista kerättiin tietoa kirjallisuudesta, aikaisemmista selvityksistä ja tutkimushankkeista. Joidenkin rakennustuotteiden ja materiaalien valmistuksesta ja raaka-aineista ei ollut saatavilla tietoa kirjallisuudessa tai muissa julkaisuissa, jolloin tietoa kerättiin ja saatiin materiaalivalmistajilta.

Tuotehyväksyntätietous on kertynyt vuosien aikana tuotehyväksyntäasioiden selvityksistä viranomaisten, ilmoitettujen laitosten asiantuntijoiden, talouden toimijoiden sekä rakennushankkeissa toimivien osapuolten kautta. Nykylainsäädännön rajoitukset sekä kehittämisohjeet havaintojen pohjalta on laadittu asiantuntijatyönä viranomaishaastattelujen pohjalta.

Hankkeessa järjestettiin sidosryhmätyöpaja 16.2.2021, jossa syvennettiin yhteistä näkemystä purkumateriaalien kierrätyksen ja uudelleenkäytön nykytilasta sekä kehittämistarpeista rakentamisen toimialan eri sidostahojen kesken. Purkutuotteiden markkinoiden ohjaukseen liittyvät kehittämistarpeet tunnistettiin haastattelujen sekä 18.5.2021 pidetyn sidosryhmätyöpajan pohjalta.

3 Uudelleenkäytön ja kierrätyksen nykytila ja potentiaali

Jukka Lahdensivu, Tuuli Teittinen ja Markku Raimovaara

3.1 Uudelleenkäytön nykytilanne Suomessa ja ulkomailla

Eurooppalaisittain tarkasteltuna Suomen rakennuskanta on varsin nuorta: 70 prosenttia rakennuskannasta on rakennettu 1960-luvulla ja sen jälkeen. Vuosien 2000–2012 välillä Suomessa on purettu kaikkiaan 50 818 rakennusta, eli noin 4 620 rakennusta vuodessa. Suurin osa purkamisesta tapahtuu suurissa kaupungeissa, joissa myös uudisrakentaminen on voimakkainta. Purkamisen suurin yksittäinen syy onkin uudisrakentaminen, jossa ensimmäinen vaihe on vanhan rakennuksen purku tontilta. Määrällisesti eniten on purettu pientaloja (16 319 kpl) sekä palvelutaloja (15 335 kpl), mutta näiden rakennusten yhteenlaskettu pohjapinta-ala on vain 2 129 311 m². Pinta-alallisesti eniten on purettu teollisuusrakennuksia (1 715 788 m², 1 358 kpl), julkisia rakennuksia (1 266 795 m², 1 094 kpl) ja varastorakennuksia (1 063 813 m², 1 504 kpl). (Huuha & Lahdensivu, 2014)

Purkamisen määrästä (kpl) suurin osa on puurakennuksia, sillä valtaosa pientaloista on puutaloja. Vuosien 2000 ja 2012 välillä puretuista lähes 51 000 rakennuksesta hieman yli puolen pääasiallinen rakennusmateriaali tunnetaan, ja se oli 87 %:ssa tapauksista puu. Purettu puurakennuksen pinta-ala oli keskimäärin vain 123 m². Kuitenkin vain reilu 40 % kaikesta puretusta pinta-alasta sijaitsi puurakenteisissa rakennuksissa. Pienempi prosenttiosuus selittyy sillä, että puu on leimallisesti pienten rakennusten materiaali. (Huuha ym., 2018, s. 10)

Suomalaista rakennuskantaa puretaan nuorena. Vuosien 2000–2012 välillä purettujen asuinrakennusten keski-ikä on ollut 58 vuotta ja muiden rakennusten 43 vuotta. Liike- ja toimistorakennusten keski-ikä on purkuhetkellä ollut 39 vuotta, varasto- ja teollisuusrakennusten 37 vuotta, kuljettamiseen liittyvien rakennusten 36 vuotta, maatalousrakennusten 35 vuotta ja ryhmään muut rakennukset kuuluvien 32 vuotta. Merkille pantavaa on, että julkisten rakennusten ikä purkuhetkellä on ollut keskimäärin 41 vuotta. (Huuha & Lahdensivu, 2014) Näiden lukujen valossa rakennukset eivät purkuhetkellä ole vielä olleet teknisen käyttöikänsä päässä, joten potentiaalisesti uudelleenkäytettävillä rakennusosilla on vielä runsaasti käyttöikää jäljellä.

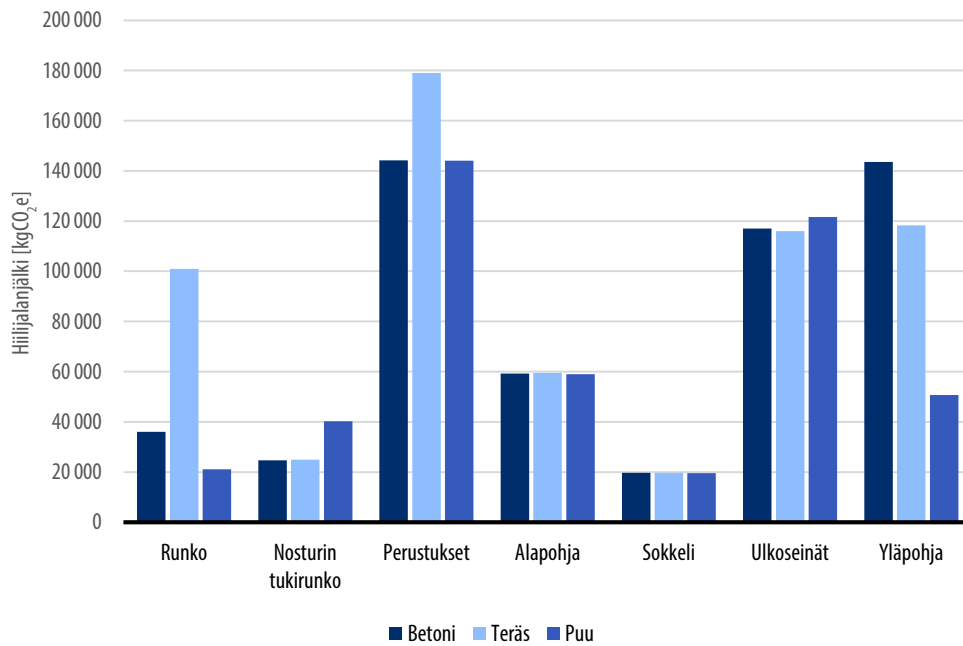
3.1.1 Uudelleenkäyttöpotentiaali

Rakennusosien uudelleenkäytöllä voi olla oleellista merkitystä uuden rakennuksen materiaaleihin sitoutuneeseen hiilijalanjälkeen. Ympäristöministeriön julkaiseman Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä (Kuittinen, 2019) -ohjeen mukaan uudelleenkäytettävien rakennusosien hiilijalanjälki on 0 kgCO₂e (A1-A3) uudessa rakennuksessa. Rakennusosan irrottamisessa, käsittelyssä ja kuljetuksessa kuluu energiaa, minkä vuoksi uudelleenkäytettävällä rakennusosalla on kuitenkin jonkinlainen hiilijalanjälki. Saksalaisten tutkimusten mukaan uudelleenkäytettävien rakennusosien tuotevaiheen hiilijalanjälki on 2–5 % uuden vastaavan tuotteen hiilijalanjäljestä (Asam, 2006; Mettke, 2010).

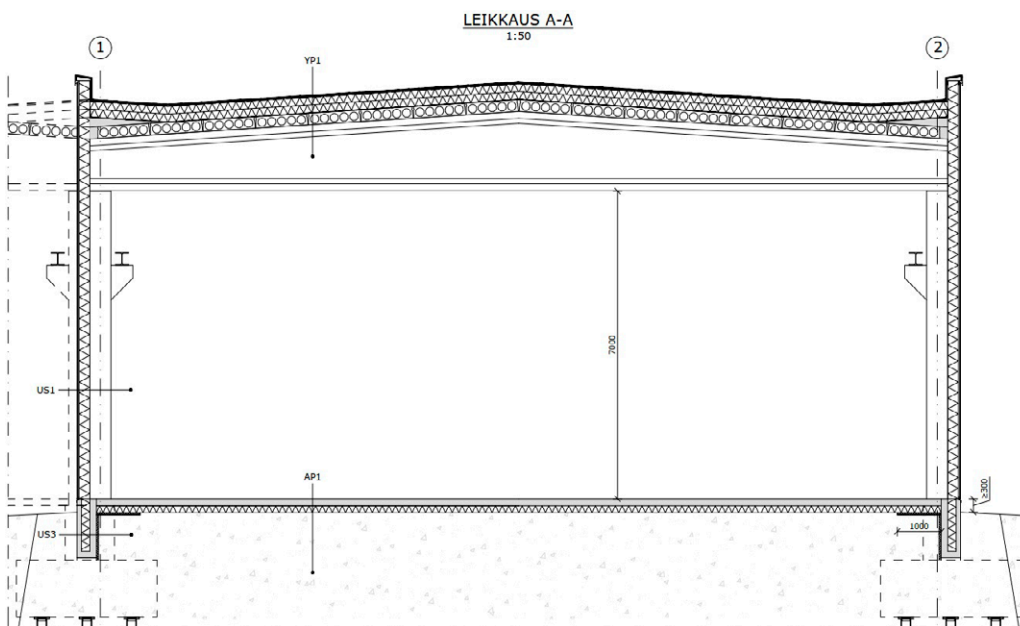
Betonirakenteisessa asuinkerrostalossa rakennuksen rungon hiilijalanjälki on tyypillisesti noin 60 % rakennuksen hiilijalanjäljestä. Julkisivut ja parvekkeet mukaan lukien osuus on noin 80 %. (Lahdensivu, 2019) Rakenteista hiilijalanjäljen kannalta merkittävimpiä ovat välipohjat, kantavat väliseinät sekä yläpohja. Myös perustuksiin voi olla sitoutunut merkittävä osuus kasvihuonepäästöistä rakennuksen pohjaolosuhteista riippuen. Jos edellämainituissa rakennusosissa pystytään käyttämään uudelleen purettuja rakennusosia, uuden rakennuksen hiilijalanjälki pienenee merkittävästi.

Hallimaisissa rakennuksissa tilanne on hieman erilainen. Rakennuksen rungon osuus sitoutuneista kasvihuonepäästöistä on huomattavasti pienempi kuin asuinkerrostaloissa. Hallimaisissa rakennuksissa hiilijalanjälki muodostuu suuremmilta osin perustuksista (riippuu pohja-olosuhteista), ulkoseinistä sekä yläpohjasta. Kuvassa 2 on esimerkkilaskelma noin 1 000 m² teollisuushallista, jonka poikkileikkaus on esitetty kuvassa 3. Hiilijalanjälki on las-kettu betoni- teräs- ja puurunkovaihtoehdoille.

Kuva 2. Teollisuushallin runkorakenteiden hiilijalanjäljen osuus eri rakenteissa betoni-, teräs- ja puurunkoisissa tapauksissa.



Kuva 3. Nosturiradalla varustetun teollisuushallin poikkileikkaus.



Purettaessa esimerkin hallirakennus uudelleenkäytettäviä rakennusosia ovat kaikki muut paitsi perustukset, alapohja sekä yläpohjan vesikatteen (bitumikermi) osuus. Puretuista osista samanlaisena uudelleenkoottavan hallin hiilijalanjälki on siten merkittävästi pienempi kuin kokonaan uusista rakennusosista koottu halli.

Betonielementtien ja puurakenteiden uudelleenkäytön mahdollisuuksia on tarkasteltu mm. Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) tutkimusraporteissa 162 (Lahdensivu ym., 2015) ja 165 (Huuhka ym., 2018) sekä Satu Huuhkan (2010), Kari Saastamoisen (2013) ja Bart van den Brinkin (2020) diplomitöissä.

TTY:n tutkimusraportin 162 mukaan betonielementtien uudelleenkäyttöpotentiaali on suurin rakennuksen lämpimissä sisätiloissa olleilla elementeillä, jotka on kiinnitetty toisiinsa pultti- tai hitsausliitoksien. Käytännössä tämä tarkoittaa pilareita, palkkeja ja TT-laattoja. Toiseksi helpomman uudelleenkäyttökategorian muodostavat elementtiportaat, kantavat väliseinät sekä ontelolaatat. Paikallavalettujen rakenneosien ei raportin mukaan katsottu olevan uudelleenkäytettävissä, vaan näissä betoni tulee murskata ja raudoitteet erotella uusiomateriaalien raaka-aineeksi. Julkisivu- ja parveke-elementtien uudelleenkäyttöä rajoittaa usein puutteelliset säilyvyysominaisuudet (Lahdensivu, 2012) sekä säärasituksille altistumisen vaikutus jäljellä olevaan käyttöikään.

Saastamoisen ja van den Brinkin diplomitöissä on tarkasteltu betonielementtirakenteiden uudelleenkäyttöä rakennesuunnittelun näkökulmasta. Kantavuustarkastelut tehdään voimassa olevan eurokoodimitoituksen mukaan, jossa kuormitukset ja niiden yhdistelmät ovat erilaisia kuin alun perin kansallisten suunnitteluohjeiden mukaan suunnitelluissa rakenteissa. Tyypillisesti eurokoodin mukainen suunnittelu ei mahdollista alkuperäisten seinien vaarna-tappiliitosten käyttöä sellaisenaan uudessa rakenteessa, vaan liitoksia on joko vahvistettava tai ne on suunniteltava kokonaan toisenlaisiksi.

TTY:n tutkimusraportin 165 mukaan puurakenteissa suurin uudelleenkäyttöpotentiaali on hirsirakenteissa, liimapuupalkeissa ja -pilareissa sekä naulalevyristikoissa. Myös välipohjapalkeille ja massiivipuulevyille nähtiin uudelleenkäyttöpotentiaalia. Sen sijaan sahatavarasta tehtyjen runkotolppien uudelleenkäyttöä ei pidetty mahdollisena. Puurakenteiden uudelleenkäytössä on rakenteiden suunnittelun näkökulmasta samanlaisia haasteita kuin betonielementeillä. Lisäksi puurakenteiden viruma aiheuttaa omat haasteet uudelleenkäytölle.

3.1.2 Rakennusosien uudelleenkäyttöä ulkomailla

Ulkomailla on lukuisia kohteita, joissa uudessa rakennuksessa on käytetty purettuja rakennusosia korvaamaan uusia rakennusosia joko osittain tai jopa kokonaan. Alankomaissa Amsterdamissa sijaitseva Circl (Kuva 4), on omistajan mukaan rakennettu kokonaan uudelleenkäytetyistä rakennusosista. Vuonna 2017 valmistuneessa liimapuurunkoisessa kaksikerroksisessa rakennuksessa on yli 2 000 m² kokous- ja työtilaa.³

Kuva 4. Kuva 4 Circl sijaitsee Amsterdamissa korkeiden toimistorakennusten reunustamalla aukiolla. Kuva Jukka lahdensivu.



Tanskalainen Lendager Group on toteuttanut useampia uudelleenkäytettyjä tai kiertämismateriaaleja hyödyntäviä kohteita Kööpenhaminassa. Kuvassa 5 näkyvässä vielä vuonna 2019 rakenteilla olleessa kohteessa julkisivuelementit on koottu puretun kohteen

3 <https://architizer.com/projects/circl/>

muuratuista tiilistä. Kohteen betonirunko on valettu betonista, jonka kiviaines koostuu purettujen betonirakenteiden murskatusta betonista ja ikkunat on koottu puretuista kohteista saaduista ikkunoista⁴.

Kuva 5. Vielä vuonna 2019 rakenteilla ollut betonirakenteinen asuinkerrostalo Kööpenhaminassa. Kuva Jukka Lahdensivu.



Norjassa Skanska on rakentanut Oslon uuden onnettomuus- ja hätäkeskuksen välipohjia puretun hallintorakennuksen ontelolaatoista. Norjalaisten mukaan uudelleenkäytettävien ontelolaattojen kasvihuonekaasupäästöt ovat 90 % pienemmät kuin vastaavan uuden tuotteen⁵.

4 <https://lendager.com/nyheder/the-resource-rows-2/>

5 <https://group.skanska.com/media/articles/taking-a-pioneering-approach-to-re-using-concrete-decks/>

Entisen DDR:n alueella Saksassa on toteutettu kymmeniä kohteita, joissa purettujen asuin-kerrostalojen betonielementeistä on rakennettu erilaisia kohteita autokatoksista uusiin asuinrakennuksiin. Saksojen yhdistymisen seurauksena entisen DDR:n alueelle jäi tyhjilleen suuri määrä vanhoja asuin-kerrostaloja, joiden purkamisen jälkeen rakennusosille on pyritty löytämään mahdollisimman hyödyllistä käyttöä. Professori Angelica Mettke Brandenburgin teknillisen yliopiston Cottbusin yksiköstä tutkimusryhmineen on ollut keskeisessä roolissa vanhojen elementtien uudelleenkäytön mahdollistamisessa. (Mettke, 2015) Kuvissa 6–8 on esitetty tyyppillinen DDR:n elementtijärjestelmän mukainen asuin-kerrostalo ja kaksi esimerkkiä elementtien uudelleenkäytöstä.

Kuva 6. Tyyppillinen DDR:n betonielementtijärjestelmän mukainen asuin-kerrostalo. Kuva Jukka Lahdensivu.



Kuva 7. Puretuista betonielementeistä rakennettu paritalo, Müllhausen, Saksa, 2007. Kuva Jukka Lahdensivu.



Kuva 8. Parkkialueen kohdalta puretun asuinrakennuksen betonielementeistä rakennettu autokatos, Gotha, Saksa, 2007. Taustalla näkyvät asuinkerrostalot on peruskorjattu. Kuva Jukka Lahdensivu.



Tanskalainen vuonna 2003 perustettu yritys Gamle Mursten on kehittänyt käytettyjen tiilien uudelleenkäyttöä. Yritys on valmistellut liiketoimintamallin, joka kattaa tiilien näytteenoton ja testauksen ennen purkamista, ehjänä purkamisen ohjeistuksen, tiilien puhdistuksen ja CE-merkinnän, tiilien varastoinnin ennen uudelleenkäyttöä sekä CO₂-laskelman. Yritys on toimittanut tiiliä lukuisiin kohteisiin Tanskassa ja Etelä-Ruotsissa. Tiilien testauksen hoitaa tytäryhtiö GM Tech ApS. Gamle Mursten myy käytetyt tiilet useina eri tiilituotteina, joita ovat esimerkiksi koneellisesti puhdistetut tiilet, käsin puhdistetut tiilet, muotokivet, lattiatiilet, tiilen kuoret.

Joel Gustafssonin diplomityössä (Chalmers University of Technology, Master Thesis, 2019) "Reuse of bricks, Analysis of challenges and potential in a multifamily residential project" on tutkittu tiilien uudelleenkäyttöä ja esitelty neljä referenssikohdetta, joissa puhdistettuja tiiliä tai kokonaisia julkisivun osia on käytetty uudelleen. Kahdessa kohteessa tiilet on toimittanut Gamle Mursten.

3.1.3 Rakennusosien uudelleenkäyttöä Suomessa

Suomessa rakennusosien uudelleenkäyttö on ollut yksittäistä ja satunnaista keskittyen hallimaisten rakennusten runkojen uudelleenkäyttöön. Puu-, betoni- ja teräsrunkoisten hallien siirtämisessä on hyödynnetty lähinnä kantava runko, ja muut rakennusosat ovat uutta, kuten kuvan 9 esimerkkirakennuksessa. Poikkeuksen tästä muodostaa Tampereen Linnainmaalta vuonna 2007 purettu yksikerroksinen teräsrunkoinen liikerakennus, josta rungon lisäksi myös julkisivut, yläpohja sekä ikkunat ja ovet on siirretty vastaavaan käyttötarkoitukseen Urjalaan.

Kuva 9. Teollisuushalli Kangasalla, missä teräsbetonipilarit ja HI-palkit ovat uudelleenkäytettyjä elementtejä. Kuva Jukka Lahdensivu.



Raahen Kummatissa osittain purettujen asuinkerrostalojen betonielementeistä on rakennettu rakennusten pihapiiriin katoksia. Tämä lienee ensimmäinen kohde Suomessa, jossa betonielementtikerrostalon purettuja elementtejä on käytetty uudelleen kantavana rakenteena, ks. Kuva 10 ja Kuva 11.

Kuva 10. Puretuista seinäelementeistä tehty grillikatos, Raahе. Kuva Jukka Lahdensivu.



Kuva 11. Puretuista seinäelementeistä tehty autokatos, Raahe. Kuva Jukka Lahdensivu.



Helsingin Hernesaaren muutos uudeksi asuinalueeksi käynnistyi vuonna 2018 vanhojen rakennusten purkamisella. Yksi suuri purkuhanke oli jättimäisen Merihallin purku, joka tehtiin vuosien 2018–2019 aikana. Alueen suurin rakennus, Merihalli (Kuva 12), oli Helsingin kaupungin omistama hallikokonaisuus, joka oli rakennettu useassa osassa 1970–90-luvulla. Noin 33 500 neliömetrin kokoiseen Merihalliin olisi mahtunut 4,5 täysimittaista jalkapallokenttää. Halli palveli telakan levyvarastona ja laivanosien tekopaikkana.

Merihallin purku-urakoitsijaksi valittiin Purkupiha Oy. Purkupiha Oy:n tavoite oli heti työmaan vastaanotettuaan etsiä purettavasta Merihallista kokonaisena purettujen rakennusosien uudelleenkäytölle sopivia kohteita. Uudet osat oli liitetty edellisiin ja kattorakenteet olivat erilaisia. Eri-ikäisyys hankaloitti purkamista ja vaati täsmällisen suunnitelman. Viisi hallia ja lastauslaituri piti purkaa tarkassa järjestyksessä. Tässä purkukohteessa kierrätys onnistui erityisen hyvin. Käyttäjät ympäri Suomen hyödynsivät materiaalia, kuten hallin runkoa, teräspalkistoa, nostureita, nosturiratoja ja sähkötekniikkaa. Hankkeen aikana tehdyn haastattelun perusteella teräsrunko käytettiin lähes 100 % rakennusosina uudelleen, samoin nosturiradat ja itse nosturit.

Kuva 12. Helsingin Merihalli purkukohteena. Kuva Purkupiha Oy, Kati Tuominen.



3.2 Purkumateriaalien kierrätys

Jos purettava rakennusosa tai -tuote ei sovellu uudelleenkäyttöön, siitä tulee rakennus- ja purkujätettä. Kierrätyskelpoisia rakennus- ja purkujätteitä voidaan hyödyntää uusien rakennustuotteiden raaka-aineena tai muiden tuotteiden valmistuksessa.

Rakennus- ja purkujätteitä koskevat jätelainsäädännön velvoitteet. Rakennus- ja purkujätteiden prosessointi kierrätystä varten ei itsessään poista materiaalin jäteluonnetta. Joillekin jättejakeille (rauta-, teräs- ja alumiiniromu, kupariromu ja lasimurska) on olemassa End of Waste -kriteerit (EoW, Ei-enää-jätettä), joiden täytyessä materiaali lakkaa olemasta jätettä.

Osa rakennus- ja purkujättejakeista päättyy jo nykyisin pääasiassa kierrätykseen. Esimerkiksi rakennusten purkamisessa syntyvät metallijätteet kerätään erilleen ja saadaan kierrätettyä jo lähes kokonaan. Metallijäte on arvokasta raaka-ainetta ja purkujätteistä lähes ainoa jättejake, josta vastaanottaja maksaa. Sen sijaan esimerkiksi purkutoiminnassa muodostuvan puujätteen sekä muovi- ja eristejätteen hyödyntäminen materiaalina on toistaiseksi

vähäistä. Myös lasijätettä päätyy betoni- ja tiilijätteen sekaan tai sekalaiseen rakennusjätteeseen. Uudisrakentamisessa muodostuvien puhtaiden ylijäämäpalojen kierrättämien materiaalina on helpompaa ja yleisempää kuin purkukohteissa muodostuvien jätteiden.

Kun rakennus- ja purkujätteitä kierrätetään uusien rakennustuotteiden raaka-aineena, noudatetaan uuden tuotteen tuotehyväksynnässä normaalia menettelyä. Esimerkiksi uusiokiviainekset, kuten betonimurske, kuuluvat harmonisoitujen kiviainesstandardien soveltamisalaan (esimerkiksi SFS-EN 13242⁶). Näin ollen uusiomateriaalit tai kierrätystoiminnassa valmistetut uusiokiviainekset tai uusiokiviainekset tulee CE-merkitä, jos niitä käytetään standardin soveltamisalan mukaiseen rakentamiseen.

3.2.1 Betoni- ja tiilijätteen kierrätys

Betonijäte on purkukohteissa usein massaltaan suurin yksittäinen jätejake. Murskattua betonia voidaan kierrättää uuden betonin kiviainekseksi tai hyödyntää maarakentamisessa kiviaineksen korvaajana. Betonin valmistuksessa käytettävän betonimurskeen puhtaus- ja muut tekniset laatuvaatimukset ovat kuitenkin melko korkeat ja näin ollen purkubetonijätteestä valmistettua mursketta ei juurikaan käytetä betonin valmistuksessa (Lehtonen, 2019). Standardissa SFS-EN 12620 + A1⁷ määrittellään ominaisuudet betonissa käytettävälle kiviainekselle ja fillerikiviainekselle, jotka on valmistettu luonnon kiviaineksesta, keinokiviaineksesta tai uusiokiviaineksesta tai näiden seoksista.

Betonijätteen yleinen hyötykäyttökohde on hyötykäyttö betonimurskeena maarakentamisessa. Betonimurske kuuluu MARA-asetuksen⁸ (VNa 843/2017) soveltamisalaan, joten jos betonimurske täyttää MARA-asetuksen laatuvaatimukset, sitä voidaan hyödyntää rekisteröintimenettelyllä asetuksen soveltamisalaan kuuluvissa kohteissa. Muissa tapauksissa betonimurskeen käyttö maarakentamisessa edellyttää ympäristölupaa. MARA-asetuksen mukaisesti hyödynnettävän betonimurskeen ympäristökelpoisuus tulee osoittaa asetuksen edellyttämällä tavalla. Purkujätteestä tuotetun valmiin betoni- tai tiilimurskeen haitta-aineiden liukoisuudet ja pitoisuudet, materiaali jakauma ja epäpuhtauksien määrät tutkitaan valmiista murskeesta (VNa 843/2017).

6 SFS-EN 13242: Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset

7 SFS-EN 12620 + A1: Betonikiviainekset

8 Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa eli ns. MARA-asetus 843/2017

Teknisiltä ominaisuuksiltaan hyvälaatuisella betonimurskeella voidaan korvata luonnonkiviaineksia mm. väylä- ja kenttärakenteiden jakavissa ja kantavissa kerroksissa sekä teollisuus- ja varistorakennusten maa- ja pohjarakenteissa. Betonimursketta voidaan käyttää myös routimattomissa pengertäytöissä.

Betonimurskeet kuuluvat harmonisoitujen tuotestandardien soveltamisalaan, joten ne on lähtökohtaisesti CE-merkittävä. Betonimurskeen CE-merkintä on mahdollista raekooltaan alle 90 mm murskeelle. Betonimurskeen valmistaja ilmoittaa materiaalin ominaisuudet suoritusasteilmoituksella ja CE -merkinnällä. Jos materiaali jalostetaan ja käytetään sen syntypaikalla, CE -merkintää ei tarvita, mutta tällöinkin tuotteen laatu pitää tutkia ja sen pitää täyttää laatuvaatimukset. Betonin murskaus tai CE-merkintä ei poista materiaalin jäteluonnetta. Tätä raporttia kirjoitettaessa on valmisteilla EoW-asetus, jonka mukaan vaatimukset täyttävän betonimurskeen jäteluonne voisi päättyä⁹.

Maarakentamisessa käytettävän betonimurskeen on täytettävä InfraRYL¹⁰-laatuvaatimukset ja käyttötarkoituksen mukaisen tuotestandardin vaatimukset (esim. SFS-EN 13242¹¹). Betonimurskeen maarakennuskäytön laadunvalvonta on suoritettava standardin SFS 5884:2018¹² mukaisesti.

Rakenteesta poistettu betonimurske voidaan hyödyntää uudelleen MARA-asetuksen mukaisella rekisteröinti-ilmoituksella samalla tavalla kuin ensimmäistä kertaa hyödynnettävä betonimurske. Uudelleen hyödynnettävän betonimurskeen tulee vastaavasti täyttää kaikki materiaalille asetetut ympäristökelpoisuusvaatimukset ja tekniset vaatimukset.

Betonimurskeen käyttöä on testattu myös viherrakentamisessa kantavissa kasvualustoissa ja viherkatoilla. Betonimursketta voitaisiin sen korkean pH:n ansiosta hyödyntää kohteissa, joissa halutaan nostaa kasvualustan, maan tai valumaveden pH:ta. Betonimurskeen soveltumisesta käyttöön kasvualustoissa tarvitaan kuitenkin vielä lisätutkimuksia. (Tuhkanen ym., 2014)

9 <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/rakennusalan-odottama-betonimurskeasetus-lausuntokierrokselle>

10 RYL: Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset

11 SFS-EN 13242: Kiviainekset sitomattomiin ja hydraulisesti sidottuihin materiaaleihin maa- ja vesirakentamisessa sekä tierakenteissa

12 SFS 5884:2018: Betonimurskeen maarakennuskäytön laadunvalvontajärjestelmä

Tiilijätteestä voidaan valmistaa tillimursketta, jota voidaan hyödyntää MARA-asetuksen mukaisesti esim. pengertäytöissä ja pääosin ei-kuormitetuissa maarakenteissa, kuten valleissa. Tiilimursketta on mahdollista hyödyntää myös viherkattojen runkomateriaalina, johon se on lupaava materiaali keveytensä ja huokoisuutensa ansiosta (Tuhkanen ym., 2014).

3.2.2 Puujätteen kierrätys

Suomessa syntyvän puuperäisen rakennus- ja purkujätteen määrä on n. 250 000 t vuodessa (Häkämies ym., 2019). Purkutoiminnasta syntyvän puujätteen laatu vaihtelee huomattavasti. Puujäte on usein käsiteltyä ja sisältää nauvoja, ruuveja ja muita kiinnikkeitä. Käsiteltyä puujätettä ovat esimerkiksi maalatut ja pintakäsitellyt täyspuumateriaalit, lastulevyt, vanerit ja muut puukuitumateriaalit sekä sekalaiset puusta valmistetut tuotteet. Käsiteltyä puujätettä ei voida hyödyntää materiaalina vaan se päätyy energiahyödyntämiseen.

Käsitlemättömällä puulla (käytetään myös nimitystä puhdas puu) tarkoitetaan vain mekaanisesti käsiteltyä puuta, esimerkiksi talojen ja rakenteiden runkomateriaalina käytettyä rakennuspuutavaraa ja sahatavaraa, jota ei ole maalattu tai muulla tavalla käsitelty. Puhdasta puujätettä on mahdollista hyödyntää raaka-aineena lastulevyntuotannossa (Bergmans ym., 2019). Puhtaasta puujätteestä voitaisiin valmistaa myös puukuituja ja haketta, joita voisi olla mahdollista hyödyntää esimerkiksi komposiittimateriaalien tai uusiolämmöneristeiden valmistuksessa. Suomessa puujätteen kierrätys materiaalina on kuitenkin hyvin vähäistä, mikä saattaa johtua käsitlemättömän puujätteen saatavuuteen liittyvistä haasteista ja siitä, että raaka-aineeksi on saatavilla myös neitseellisiä sahateollisuuden sivutuotteita (Lehtonen, 2019).

Destaclean Oy on kehittänyt puukiven, jossa osa betonilaataan tarvittavasta kiviaineksestä on korvattu kierrätyspuusta valmistetulla puhtaalla puukuidulla. Puukiviä voidaan käyttää esimerkiksi pihakivinä betonisten pihakivien sijaan. Destaclean on saanut puukiven valmistusprosessiin EoW-statuksen¹³.

VTT on kehittänyt puujätteen luokittelun energiantuottajien, jätepuuta tuottavan teollisuuden ja jätepuuta prosessoivien yritysten tarpeisiin. Luokituksessa puujäte luokitellaan luokkiin A, B, C ja D, joista luokka A on kemiallisesti käsitlemättömää puuta, luokka B kemiallisesti käsiteltyä puuta, joka ei sisällä halogenoituja orgaanisia yhdisteitä eikä raskasmetalleja. Luokka C voi sisältää halogenoituja orgaanisia yhdisteitä ja raskasmetalleja ja luokka D on ongelmajätettä. (Alakangas & Wiik, 2008)

¹³ <https://www.destaclean.fi/puukivi/>

3.2.3 Metallijätteen kierrätys

Rakennusten purkamisessa syntyvät metallijätteet kerätään erilleen ja saadaan kierrätettyä jo lähes kokonaan. Metallijäte on arvokasta raaka-ainetta ja purkujätteistä lähes ainoa jätejäte, josta vastaanottaja maksaa. Metallijäte kierrätetään metallien valmistuksen raaka-aineena. (Lehtonen, 2019.) Esimerkiksi teräsromu on yksi tärkeimmistä raaka-aineista raakateräksen tuotannossa ja romusta maksettava suhteellisen korkea hinta tekee metallien erottamisesta taloudellisesti kannattavaa (Bergmans ym., 2019).

Rauta-, teräs- ja alumiiniromulle on olemassa End of waste -kriteerit (Neuvoston asetus (EU) N:o 333/2011), jotka täyttävä metalliromu lakkaa olemasta jätettä. EoW-kriteerit on annettu myös kupariromulle (Komission asetus (EU) N:o 715/2013). EoW-kriteereissä asetetaan vaatimukset:

- *Syöttöpanoksena käytetyn romumetallin laadulle:* Esimerkiksi vieraiden aineiden kokonaismäärä saa olla enintään 2 painoprosenttia.
- *Käsittelyprosesseille ja tekniikoille:* Esimerkiksi alumiiniromun tulee olla eroteltu ei-metallisista ja ei-alumiinisista osista ja rauta- ja teräsromu on oltava eroteltu ei-metallisista ja ei-rautametallisista osista. Kaikki mekaaniset käsittelyt (kuten pilkkominen, erottelemine ja epäpuhtauksien poistaminen) on oltava loppuun saatettuja.
- *Lopputuotteelle:* Metalliromun on oltava valmista käytettäväksi sellaisenaan lopullisessa käyttötarkoituksessa kuten tehtaissa ja sulatoissa ja se on luokiteltava asiakkaan tai toimialan spesifikaatioiden mukaisesti. Asetuksissa määritellään vieraiden aineiden enimmäismäärä, mikä on rauta- ja teräsromulla sekä kupariromulla korkeintaan 2 painoprosenttia ja alumiiniromulla korkeintaan 5 painoprosenttia.
- *Laadunhallintajärjestelmälle ja järjestelmän todentamiselle*
- *Vaatimustenmukaisuusilmoitukselle.*

EoW-metallit on REACH-asetuksessa¹⁴ vapautettu aineiden rekisteröintivelvollisuudesta silloin, kun ne hyödynnetään EU:n alueella ja ko. aine on jo rekisteröity. REACH-asetuksessa metallit katsotaan aineiksi ja metalliseokset seoksiksi, jotka koostuvat aineista. Esimerkiksi rauta, alumiini, kromi ja nikkeli puhtaina aineina on rekisteröity, joten metalliseokset jotka koostuvat näistä metalleista on vapautettu rekisteröintivelvollisuudesta (Katso luku 6.3).

¹⁴ REACH asetus: Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista

3.2.4 Ikkunoiden lasijätteen kierrätys

Käytettyjä, ehjiä ikkunoita voidaan käyttää uudelleen. Ongelmaksi muodostuvat usein nykyiset energiatehokkuusmääräykset, joiden vuoksi vanhoja purettuja ikkunoita ei juurikaan saada hyödynnettyä uusiin kohteisiin, kun vanhojen ikkunoiden lämmöneristävyys, tiiviys ja rakenne eivät vastaa nykyisiä vaatimuksia. Tästä syystä ikkunoiden uudelleenkäyttö uudisrakentamisessa on hyvin harvinaista. Pienessä mittakaavassa ikkunoita voidaan käyttää uudelleen esimerkiksi rakenteissa, joissa lämmöneristysominaisuuksia ei vaadita, kuten kesäkäyttöön tarkoitetuissa kasvihuoneissa, kesämökeissä tai lämmittämätömissä varastoissa.

Purettujen ikkunoiden kierrättäminen on uudelleenkäyttöä yleisempää. Jäteasetuksen mukaan lasijäte on erilliskerättävä. Lasijätteen erilliskerääminen edellyttää yleensä ikkunoiden irrottamista ehjänä ja lasiruutujen rikkomista lasinkeräyslavalle. Ikkunoiden karmit ja puitteet hyödynnetään energiana tai metallijätteen kierrätyksessä. Ikkunoiden irrottamisesta ehjänä aiheutuu kuitenkin lisäkustannuksia ja siksi tätä ei läheskään aina tehdä vaan lasijäte päättyy betoni- ja tiilijätteen sekaan tai sekalaiseen rakennusjätteeseen. (Lehtonen, 2019.) Erilliskerätyn lasijätteen laatuun voidaan vaikuttaa huolellisella lajittelulla. Hiekka, kivet ja lasijätteen joukossa oleva muu purkujäte ovat pahimpia epäpuhtauksia.

Kierrätettäviä tasolasituotteita ovat kaiken väriset float-lasit eli tavallinen rakennuslasi, lämpökarkaistu turvalasi, laminoitu turvalasi, eristyslaselementit ja puualumiini-ikkunat. Vanhojen ikkunoiden kierrätysnimike on pokalasi. Eri lasimateriaalit tulee lajitella omiin keräysastioihin. Kierrätykseen kelpaamattomia lasimateriaaleja ovat tulenkestävä lasi kuten takkaluukkujen lasi, lankalasi ja osa palonsuojalaseista. Tasolasia kierrätetään Suomessa vuosittain noin 38 000 tonnia. Lasimurskalle on määritelty EoW-kriteerit, joiden perusteella lasimurska lakkaa olemasta jätettä (EU Komission asetus N:o 1179/2012). Kriteereissä asetetaan vaatimukset syöttöpanoksena käytetyille materiaalille, käsittelyprosesseille ja tekniikoille, lopputuotteelle, laadunhallintajärjestelmälle ja järjestelmän todentamiselle sekä vaatimustenmukaisuusilmoitukselle. Suomessa kierrätyslasisiruista vieniin menee 36 % ja 64 % hyödynnetään kotimaassa¹⁵. Puhdistettua tasolasisirua käytetään Suomessa vaahtolasin ja lasivillan valmistuksessa.

Vaahtolasi on materiaali, jota käytetään maa- ja talonrakentamisessa kevennys- ja lämmöneristemateriaalina. Vaahtolasia valmistaa Suomessa Uusioaines Oy Forssassa tuotenimellä Foamit. Vaahtolasi valmistetaan jauhetusta kierrätyslasisista, josta on poistettu epäpuhtaudet kuten metallit ja muovit. Vaahtolasin valmistusprosessissa lasijauhetta ja vaahtotusaineita sisältävä raaka-ainemassa kuumennetaan noin 900 asteen lämpötilaan,

15 <https://www.tasolasyhdistys.fi/lasitietoa/kierratys/>

jolloin massa paisuu noin viisinkertaiseksi. Paisituksen jälkeen vaahtolasimassa jäähdytetään nopeasti, jolloin se halkeilee murskemaisiksi kappaleiksi. Foamit-tuotteilla on CE-merkintä harmonisoidun standardin (SFS-EN 13055-2:2004¹⁶) mukaisesti.

Myös lasivillan valmistuksessa käytetään kierrätyslasiä. Esimerkiksi ISOVERin puhallusvillan raaka-aineesta noin 70 % on kierrätyslasiä¹⁷. ISOVERin lasivillatuotteet on CE-merkitty standardin SFS-EN 13162 + A1¹⁸ mukaisesti.

Kierrätetystä tasolasista on mahdollista valmistaa myös uutta tasolasia, mutta prosessi on hyvin herkkä epäpuhtauksille. Käytännössä tasolasin suljettu kierrätys takaisin tasolasiksi on harvinaista. (Bergmans ym, 2019). Lasin valmistus kierrätetyistä lasisiruista vähentää lasinvalmistuksen energiantarvetta, CO₂-päästöjä ja neitseellisten raaka-aineiden tarvetta.

3.2.5 Muovijätteen ja lämmöneristeiden kierrätys

Rakennuksissa muovia on esimerkiksi putki- ja johtorakenteissa, eristeissä, höyrynsulku-muoveissa, muovimatoissa ja kalusteissa (Lehtonen, 2019). Purkukohteista peräisin olevien muoviosien uudelleen käyttöä ei muovisia kalusteita lukuun ottamatta juuri tapahdu. Purkutyömailla syntyvän muovijätteen kokonaismäärä on yleensä melko vähäinen ja se sisältää monenlaisia muovilajeja, minkä vuoksi muovijätettä tai varsinkaan eri muovilajeja ei yleensä kerätä erilleen, vaan muovijätteet päätyvät usein sekalaisen rakennusjätteen joukkoon tai energiajätteeksi (Häkkinen ym. 2019, Lehtonen, 2019). Rakennusjätteen koostumustutkimusten mukaan muovien osuus rakennustyömaan sekajätteestä on noin 18 % (Ympäristöministeriö, 2020). Purkujättemuovi on usein likaista ja vaikeasti tunnistettavissa, mikä vaikeuttaa sen hyödyntämistä materiaalina. Eskelisen ym. (2016) arvion mukaan erilaisten muovien osuudet rakennus- ja purkujätteessä Suomessa vuonna 2017 ovat seuraavat: PVC (Polyvinyylikloridi) 50–55 %; PS (Polystyreeni) 14–19 %; PU (Polyuretaani) 3–8 %; ja PE-HD (Suuritiheyspolyeteeni) 4–9 %.

Helpoimmin kerättäviä ja kierrätettäviä rakennusmuoveja ovat erilaiset pakkaus- ja kalvomuo- vit. Rakennusalalla allekirjoitettiin vuonna 2020 vapaaehtoinen green deal -sopimus koskien rakentamisen kalvomuo-veja (Rakentamisen muovit green deal 2020–2027). Green dealin tavoitteena on lisätä rakentamisessa käytettyjen kalvomuo- vistä valmistettujen

16 SFS-EN 13055-2:2004 Kevytkiviainekset. Osa 2: Kevytkiviainekset asfalttimassoihin ja pin- tauksiin sekä sitomattomiin ja sidottuihin käyttötarkoituksiin

17 <https://www.isover.fi/tuotteet/rakennuseristeet/puhallusvilla>

18 SFS-EN 13162 + A1: Lämmöneristet tuotteet rakentamiseen. Tehdasvalmisteiset mineraalivillatuotteet

pakkausten ja sisällä käytettävien sääsuojausten uudelleenkäyttöä ja kierrättämistä, lisätä kierrätysmateriaaleista valmistettujen muovien käyttöä rakentamisessa sekä vähentää keskevästi kalvomuvien kulutusta (Ympäristöministeriö, 2020).

Tällä hetkellä Suomessa kierrätetään lähinnä pakkausmuovia. Periaatteessa mekaaniseen muovinkierrätykseen sopisivat muistakin lähteistä ja käyttötarkoituksista peräisin olevat muovijätteet, mutta niiden osalta haitallisiin aineisiin ja mikrobiologisiin tekijöihin liittyvät riskit tulee arvioida ja hallita (Salminen ym., 2020). Rakennus- ja purkujätteiden muovit ovat kierrätyksen kannalta hankalia niiden mahdollisesti sisältämien kemikaalien ja muiden materiaalien tai likaisuuden takia, eikä niitä tällä hetkellä juuri kierrätetä Suomessa. EU-komissiossa valmistellaan parhaillaan EoW-menettelyä muovien mekaaniselle kierrätykselle. Asetusvalmistelussa on käyty lävitse useita muovilajeja ja niiden käyttötarkoituksia ja niiden kelpoistamisedellytyksiä uusiomateriaaleina.

Muovijätteen kemialliseksi kierrätykseksi kutsutaan prosesseja, jotka muuttavat muovijätteen kemiallista rakennetta pilkkoen polymeerit lyhyemmiksi molekyyleiksi, jotka ovat valmiita käytettäväksi uusissa kemiallisissa reaktioissa (Plastics Europe, 2018). Esimerkiksi pyrolyysi ja kaasutus ovat muovijätteen kemiallisia kierrätysprosesseja. Kemiallisesta kierrätyksestä on toivottu ratkaisua sellaisten muovijätteiden kierrätykseen, jotka eivät sovellu mekaaniseen kierrätykseen. Suomessa muovijätteen kemiallinen kierrätys on kuitenkin toistaiseksi vasta koetoimintavaiheessa (Teittinen ym., 2019).

Muoviteollisuus ry:n mukaan (haastattelu) turvallisuus- ja terveellisyysnäkökohdat huomioiden purkamisessa syntyvä muoviputkistöjäte ei sovellu jätelain tarkoittamaan uudelleenkäyttöön johtuen mm. putkien hygieniaan, paineenkestävyyteen ja tiiviyyteen liittyvistä seikoista sekä käytön ja purkamisen aikana tapahtuvasta tuotteen teknisen laadun muutoksesta. Kiinteistöillä tehtävistä purkutöistä syntyvien muoviputkistöjätteiden kierrätys materiaalihyötykäyttöön on teknisesti mahdollista, mutta kierrätyksen käytännön toteuttamiseen liittyy haasteita. Kiinteistöjen talotekniikan ja tonttien muoviputkistöjen muovimateriaaleja ovat PE-HD (suuritiheyspolyeteeni), PE-RT (PE-Raised Temperature, polyeteeni tyyppi joka kestää korkeita lämpötiloja), PP (Polypropeeni), PVC (Polyvinyylikloridi) ja PE-X (ristisilloitettu polyetyleni). Näistä muovimateriaaleista kaikki muut paitsi PE-X soveltuvat hyvin kierrätettäväksi materiaalihyötykäyttöön. Kierrätetyistä muoviputkistöjen materiaaleista valmistetut uusiomuovit soveltuvat käytettäväksi alkuperäisen käyttötarkoituksen tuotteissa lähinnä paineettomissa sovelluksissa, kuten kerrosrakenteisissa viemäriputkissa sekä maakaapeliin suojauksen tuotteissa. Toki kyseisiä uusiomuovimateriaaleja voidaan käyttää myös muissa muovituotteissa kuin muoviputkijärjestelmien tuotteissa. Ristisilloitettu polyeteeni PE-X ei ole kierrätettävissä PE-uusiomuoviksi, mutta se soveltuu energiahyötykäyttöön. PE-RT on tyypillisesti käytössä monikerroksissa vesijohdoissa yhdessä alumiinikerroksen kanssa. Näiden komposiittiputkina tunnettujen tuotteiden kierrätyksessä täytyy huomioida tarve erottaa toisistaan metalli ja muovi.

Muoviputkialan tavoitteena on kierrätyksen haasteista huolimatta lisätä muoviputkistöjätteen kierrätystä materiaalihyötykäyttöön. Kaikki kierrätyksen ja materiaalihyötykäytön ulkopuolelle jäävä muoviputkistöjäte soveltuu hyvin energiahyötykäyttöön.

Muoviteollisuus ry:n mukaan rakennusten purkamisesta syntyy muoviputkistöjätettä suhteellisen pieniä määriä ja syntypaikat sijaitsevat varsin hajallaan. Tämä heikentää kyseisen muoviputkistöjätteen syntypaikoilla tehtävän lajittelun ja keräämisen taloudellista kannattavuutta. Uusiomuovituotantoa varten muoviputkistöjätteitä vastaan ottavia kierrätysyrityksiä on Suomessa vain muutamia, mikä heikentää muoviputkistöjätteen uusiomuovituotantoon toimittamisen taloudellista kannattavuutta. Muoviputkistöjätteiden kuljetusten taloudellisuutta voisi parantaa lajiteltujen muoviputkistöjätteiden paikallisella esikäsitteilyllä murskeeksi ja kuljetusta varten kerättävien eräkokojen kasvattamisella.

Lisäksi rakennusten purkamisesta syntyvä muoviputkistöjäte on rakennusten pitkien elinkaarten takia tyypillisesti peräisin pitkään käytetyistä tuotteista. Kiinteistöjen muoviputkijärjestelmät alkoivat yleistyä Suomessa 1960-luvulla, joten nyt purettaessa muoviputkistöjä tulee vastaan noin 60 vuoden ikäisissä ja sitä nuoremmissa rakennuksissa. Muoviputkijärjestelmät ovat luonnollisesti kehittyneet vuosikymmenten kuluessa, joten eri vuosikymmenillä asennettujen tuotteiden alkuperäiset ominaisuuserot on huomioitava purkut tuotteiden hyödyntämisessä. Valmistusajankohdan tuotantomenetelmien ja käyttöajan lisäksi käyttökohteet vaikuttavat tuotteiden ominaisuuksien muuttumisen käyttöajan kuluessa. Erityisesti kuuman käyttö- ja lämmitysveden ja jäteveden pitkäaikaisvaikutukset kierrätettävän muovin ja siitä valmistettavan uusiomuovin ominaisuuksiin on syytä huomioida.

Lämmöneristeet

Rakentamisessa käytettäviä lämmöneristeitä ovat polyuretaani (PU), EPS (paisutettua polystyreenimuovi), XPS (suulakepuristettu polystyreeni) ja mineraalivillaeristeet sekä puukuitueristeet. Eristeet voivat materiaalista ja valmistusaikakaudesta riippuen sisältää palonestoaineita, joina on aikaisemmin käytetty haitallisia POP-yhdisteitä¹⁹ ja mm. bromia sisältäviä kemikaaleja (Ks. luku 6.5.9). Suomessa purkutyömailla syntyvää eristejätettä ei ole toistaiseksi juurikaan hyödynnetty materiaalina. (Lehtonen, 2019.)

EPS-eristeet valmistetaan paisuttamalla polystyreeniä. XPS-eristeet puolestaan valmistetaan suulakepuristamalla polystyreeniä. Polymeeripohjaisten eristeiden uudelleenkäyttöä ei käytännössä tapahdu. Uudelleenkäyttöä varten eristeet pitäisi saada purettua ehjänä.

¹⁹ POP-yhdisteillä (Persistent Organic Pollutant) tarkoitetaan kaukokulkeutuvia yhdisteitä, jotka ovat erittäin pysyviä, myrkyllisiä ja kertyvät eliöihin.

Lisäksi uudelleenkäyttöä varten tulisi varmistaa eristeen lämmöneristävyysominaisuudet, ja osa tutkimusmenetelmistä vaatii materiaalin rikkomista. Eristeiden uudelleenkäytön ongelmana on myös se, että vanhoissa eristeissä voi olla aineita, joita ei nykyisin enää saa käyttää eristeissä, esimerkiksi HFC-kaasuja. Eristeet ovat myös niin halpoja, ettei uudelleenkäyttö yleensä ole taloudellisesti kannattavaa. Muovieristeiden uudelleenkäyttö tois-sijaisessa käytössä on mahdollista, esimerkiksi omakotitalosta purettujen eristeiden uudelleenkäyttö kylmäkellarissa tai muussa vastaavassa kohteessa.

Muovieristeitä valmistava Finnfoam lanseerasi ensimmäisenä Suomessa keväällä 2019 muovieristeiden kierrätysväkijärjestelmän. Kierrätysväkeillä kerätään rakennustyömailta ja rautakaupoista muovieristeiden ylijäämäpaloja ja leikkuujätteitä, jotka käytetään raaka-aineena uusien eristeiden valmistuksessa. Kierrätykseen soveltuvat kaikki EPS-, XPS- ja PIR-eristeiden leikkuujätteet sekä pakkausstyroksit ja polyeteeni- tai polypropeenivaahdot riippumatta siitä, mikä yritys ne on valmistanut. Fenolieristeet ja PVC-vaahtoeristeet sen sijaan eivät kelpaa kierrätykseen. Kierrätykseen kerätyistä eristeistä puhdas polystyreeni otetaan talteen ja siitä voidaan valmistaa uusia eristeitä. PIR- ja PUR-kertamuoveja ei voida uudelleensulattaa, mutta niistä valmistetaan rakennuslevyä Liettuassa. Rakennuslevyjä voidaan käyttää esimerkiksi ikkunan apukarmeissa.

Purkukohteiden eristejätteitä ei toistaiseksi oteta vastaan kierrätykseen (Finnfoam, 2020). Purkueristeiden kierrätyksen ongelmana on, että vanhoissa eristeissä voi olla palonsuoja-aineita, joiden määrä uusissa tuotteissa nykyisin säädeltyä EU:ssa. Vanhoissa eristeissä voi olla myös ponneaineita, jotka vapautuvat kierrätysprosessissa ilmakehään. Jotta purkukohteiden eristejätteitä voitaisiin kierrättää uusien eristeiden raaka-aineena, lainsäädännön pitäisi mahdollistaa kierrätyksen mukana tulevat pienet jäämät aineita, joiden käyttö on nykyisin kielletty. Tällä hetkellä purkukohteista syntyvä muovieristejäte päättyy pääasiassa energiahyödyntämiseen ja osin myös kaatopaikoille (Lehtonen, 2019).

Mineraalivillalla tarkoitetaan sekä lasivillaa että kivivillaa eli vuorivillaa. Suomessa syntyy vuosittain arviolta 15 000–20 000 tonnia mineraalivillajätettä. Kuten muovieristeiden ylijäämäpaloja, myös mineraalivillan ylijäämäpaloja ja leikkuujätteitä, joita syntyy esimerkiksi elementti- ja talotehtailla, voidaan kerätä ja kierrättää. Esimerkiksi suomalaisella Eko-Expert Oy:llä on Eko-collect-kierrätysmenetelmä, jossa villajäämät kerätään syntypaikalla konttiin ja niitä hyödynnetään raaka-aineena puhallusvillan valmistuksessa. Eko-Expert Oy:n villaylijäämästä valmistamalla puhallusvillalla on tuotestandardin SFS-EN 14064-1:2010²⁰ mukainen CE-merkintä. (Eko-Expert Oy, 2020)

20 SFS-EN 14064-1:2010: Lämmöneristet tuotteet rakentamiseen. Mineraalivillasta (MW) paikalla tehtävät puhallusvillatuotteet. Osa 1: Tuotestandardi puhallusvillatuotteille ennen asennusta

Käytettyä, käyttökelpoista puhallusvillaa voidaan myös suurtehoimuroida ja pakata talteen muovitetuihin paaleihin myöhempää puhallusta varten samaan kohteeseen. Uudelleenkäyttö muussa kohteessa ei ole mahdollista jätestatuksen vuoksi. Myös villalevyjä voidaan kierrättää kohteessa. Villalevyt voidaan syöttää EkoCollect-konttiin, joka rouhii ne puhallusvillaksi, joka on edelleen puhallettavissa. Välitön uusiokäyttö onnistuu kuidutinpuhaltimella, johon villalevyt työnnetään saman tien puhallusvillaksi rouhittuna ja letkusta puhallettuna.

Nykyisin purkutyömaiden villaeristejäte päätyy pääasiassa kaatopaikalle. Kun työmailla erilliskerätään villaeristejätettä, villan tulisi pysyä kuivana. Eko-Expert Oy on tällä hetkellä ainoa yritys Suomessa, joka ottaa koeluontoisesti vastaan purkukohteiden mineraalivillajätettä kierrätykseen. Eko-Experteillä on Tarvasjoella uusi mineraalivillan käsittelylaitos pilottikäytössä. Purkuvilla murskataan laitoksella pienemmäksi ja siitä erotellaan muut materiaalit. Villamurskeen mahdollisia käyttökohteita on esimerkiksi murskeen käyttö raaka-aineena betonissa sementin korvaajana. Eko-Expert voisi tulevaisuudessa käsitellä mineraalivillajätteitä koko Suomen alueelta ja mahdollisesti myös muualta Euroopasta.

Rakentamisessa ja purkamisessa syntyvän mineraalivillajätteen hyödyntämistä sementtiä korvaavien geopolymeerien raaka-aineena tutkitaan EU-rahoitetussa Wool2Loop-hankkeessa (Wool2Loop, 2020).

Logistiikka ja pitkät etäisyydet muodostavat merkittävän haasteen purkukohteiden eristejätteiden kierrätykselle. Eristeet ovat kevyitä, mutta vievät paljon tilaa kuljetuksessa. Koska uudet eristeet eivät ole kalliita, logistiikan kustannukset syövät helposti eristeiden kierrätyksestä saatavan taloudellisen hyödyn. Eristejätteen puristaminen ennen kuljetusta voisi mahdollistaa suurempien eristemäärien kuljetuksen kerralla. Myös taloudelliset kannustimet voisivat edistää eristejätteiden kierrätystä.

3.3 Rakennusosien uudelleenkäytön ja kierrätyksen haasteet

Rakennusosien uudelleenkäyttö vaatii ennakointia ja suunnitelmallisuutta. Rakennusosien uudelleenkäyttö on otettava huomioon purkamisen suunnittelussa ja purkutyössä, sillä rakennusosien ehjänä purkaminen poikkeaa huomattavasti nykyisestä purkutavasta ja purkujätteen käsittelystä. Nykyisin rakennukset puretaan tyypillisesti paikalle murskaten. Uudelleenkäytettävien rakennusosien ehjänä irrottaminen vaatii mm. toisenlaisia purkutekniikoita, tilapäisten tukien suunnittelua sekä asentamista ja soveltuvien nostotekniikoiden ja -välineiden kehittämistä. Lisäksi pitää varautua tilantarpeeseen purkuosien varastoinnissa sekä purkamisen todennäköisesti hitaampaan etenemiseen

perinteiseen murskaamiseen verrattuna. Ehjänä purettavien rakennusosien käsittely vaatii huolellisuutta ja varovaisuutta samoin kuten uusien rakennusosien asentaminen. Purkumateriaalien hyödyntämisen suunnittelu tulee aloittaa jo purkamisen suunnitteluvaiheessa, jossa tunnistetaan mahdollisesti uudelleenkäyttökelpoiset rakennusosat, kierätyks- ja hyödyntämiskelpoiset materiaalit sekä haitallisia aineita sisältävät materiaalit. Rakennusosien uudelleenkäytön perusedellytys on, että niitä voidaan käyttää uudessa käytössä turvallisesti ja käyttäjien terveellisyyttä vaarantamatta. Rakennusosien kelpoisuus suunniteltuun käyttötarkoitukseen tulee osoittaa, ja tämä koskee myös käytettyjä, uudelleenkäytettäviä rakennusosia. Uudelleenkäytettäville rakennusosille ei toistaiseksi ole olemassa omaa tuotehyväksyntämenetelmää, mikä voi hankaloittaa uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoisuuden osoittamista. Nykyisten arviointiperusteiden soveltamista purkut tuotteiden tuotehyväksynnässä käsitellään tämän raportin luvussa 4.

Materiaalien jätestatus saattaa hankaloittaa niiden hyötykäyttöä, sillä jätteitä koskevat jätelainsäädännön velvoitteet, jotka edellyttävät esimerkiksi jätteen käsittelyn ympäristölupaa toiminnanharjoittajalta. Jätestatuksella voi olla myös negatiivinen stigmavaikutus, jolloin mahdolliset käyttäjät eivät halua käyttää jätteistä valmistettuja tuotteita. Jos rakennusosaa tai -tuotetta ei aiota poistaa käytöstä vaan käyttää sellaisenaan jossakin toisaalla samaan käyttötarkoitukseen, materiaali ei lähtökohtaisesti muutu jätteeksi. Rakennusosien uudelleenkäyttö sellaisenaan samaan käyttötarkoitukseen on kuitenkin harvinaista, ja usein tarvitaan puhdistus- tai korjaustoimenpiteitä eli uudelleenkäytön valmistelua, ennen kuin rakennusosa voidaan käyttää uudelleen.

Nykyisin jätelain määrittelemä uudelleenkäyttö ei sisällä uudelleenkäyttöä eri käyttötarkoitukseen kuin alkuperäinen käyttötarkoitus ja uudelleenkäytön valmistelu on jätelain mukaan jätteille tehtävää toimintaa. Nykyisin on siis epäselvää, milloin uudelleenkäyttö tulkitaan jätteen käsittelyksi ja milloin ei, mikä hankaloittaa uudelleenkäyttöliiketoiminnan kehittämistä. Uudelleenkäytön ja uudelleenkäytön valmistelun määritelmiä olisikin syytä päivittää ja luoda selkeät pelisäännöt siitä, milloin uudelleenkäytettävät rakennusosat eivät muutu jätteeksi, jotta näiden purkut tuotteiden hyödynnettävyys ei olisi uusia tuotteita huonompi vain niiden jätestatuksesta johtuen. Kerran jätteeksi päätyneen materiaalin jäteluonteen päättäminen on toistaiseksi hyvin hankalaa, eikä uudelleenkäytettäville rakennusosille tai -materiaaleille ole olemassa EU-tasoista tai kansallista jäteluonteen päättämiseen liittyvää EoW-asetusta.

Markkinat ja kysyntä ovat edellytyksenä liiketoiminnan syntymiselle. Kysynnän ja tarjonnan kohtaaminen on nykyisin merkittävä este purkumateriaalien uudelleenkäytön toteutumiselle. Usein haasteena on tiedonkulun puute muodostuvista uudelleenkäyttökelpoisista purkumateriaaleista mahdollisille hyötykäyttäjille. Nykyisin uusia rakennusmateriaaleja ja -tuotteita on saatavilla helposti ja usein myös edullisesti, joten kysynnän luominen käytetyille rakennusosille on haastavaa.

Rakennusosien uudelleenkäytöllä voidaan vähentää syntyvän jätteen määrää. Ne purkumateriaalit, joista tulee jätettä, tulee ensisijaisesti hyödyntää materiaalina. Erilliskeräys on edellytys purkujätejakeiden kierrättämiseksi. Erilliskeräyksen järjestäminen kaikille purkutyömaalla muodostuville jätejakeille saattaa olla haastavaa etenkin, jos niitä syntyy melko pieniä määriä melko pitkän ajan kuluessa. Myös kiireinen aikataulu, tilan puute ja kustannustekijät voivat olla syitä erilliskeräyksen puuttumiseen.

Purkujätteiden soveltuminen materiaalikierrätykseen uusien tuotteiden raaka-aineiksi riippuu materiaalin laadusta ja puhtaudesta. Purkukohteista peräisin olevat jätemateriaalit voivat sisältää aineita, joiden käyttö uusissa tuotteissa on nykyisin kiellettyä, mikä voi estää purkumateriaalien hyödyntämisen uusien tuotteiden raaka-aineena. Myös purkujätejakeiden seassa olevat mahdolliset muut epäpuhtaudet voivat estää materiaalin soveltumisen kierrätykseen.

Rakennus- ja purkujätteiden kierrätyksen haasteena on usein logistiikka ja kierrätyksen taloudellinen kannattavuus. Tyypillisesti purkaja hankkii vastaanottajat purku-urakassa muodostuville jätteille ja yleensä vastaanottopaikan valintaa ohjaa halvin hinta. Jätteiden kuljetusmatkat kierrätykseen kasvavat helposti pitkiksi, sillä tiettyjä yksittäisiä purkujätejakeita vastaanottavia kierrätysyrityksiä on Suomessa hyvin vähän tai ei käytännössä ollenkaan. Logistiikan kustannukset sekä neitseellisten raaka-aineiden halpa hinta ja hyvä saatavuus johtavat usein siihen, että purkumateriaalien kierrättäminen ei ole taloudellisesti kannattavaa, joten purkujäte päättyy energiahyödyntämiseen tai kaatopaikalle.

4 Rakennusosien uudelleenkäyttö ja tuotehyväksyntä

Ying Zhu, Anne-Marie Mäntylä ja Jukka Lahdensivu

4.1 Rakennustuote ja tuotehyväksyntä

Rakennustuote on tuote tai tuotejärjestelmä, joka valmistetaan ja saatetaan markkinoille käytettäväksi pysyvänä osana rakennuskohdetta tai sen osaa ja jonka suoritusaste vaikuttaa rakennuskohteen suoritusasteeseen perusvaatimusten osalta. Rakennustuotteeksi ei siis katsota tuotteita, joita käytetään työmaalla rakennustyön aikana, mutta jotka rakentamistaiheen jälkeen poistetaan. Rakennuskohteilla tarkoitetaan rakennuksia sekä maa- ja vesi-rakennuskohteita. (Lähde: TUKES)

Rakennustuotteiden on oltava turvallisia ja kestävä kehityksen periaatteiden mukaisia, eivätkä ne saa aiheuttaa haittaa terveydelle. Rakennustuotteet ovat kelpoisia rakentamisessa käytettäväksi silloin, kun ne täyttävät maankäyttö- ja rakennuslaissa tai sen nojalla säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset, jotka koskevat rakenteiden lujuutta ja vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa ja äänisolosuhteita sekä energiatehokkuutta.

Tuotehyväksyntä tarkoittaa rakennustuotteen tuotannon varmentamista sekä kelpoistamista rakennuskohteen vaatimuksien mukaisesti. Rakentamiseen käytettävät rakennustuotteet ja -tuotejärjestelmät on varmennettava, jotta rakennukset ja rakennelmat olisivat turvallisia käyttäjilleen. Jokainen rakennushankkeessa toimiva on omalta osaltaan vastuussa rakentamisen laadusta.

4.2 Roolit ja vastuut tuotehyväksynnässä

Keskeiset roolit tuotehyväksynnän prosessissa ovat talouden toimija, rakennushankkeen suunnittelija ja rakennushankkeeseen ryhtyvä.

Euroopan Unionin jäsenmaiden yhteinen rakennustuoteasetus (CPR, 305/2011) määrittää talouden toimijan rakennustuotteen valmistajaksi, maahantuojaksi tai jakelijaksi. Näiden lisäksi talouden toimijana rakennushankkeessa voi toimia myös rakennusliike tai tilaaja

itse, jos toimijat ovat nimenneet kyseessä olevan rakennustuotteen tai -tuotejärjestelmän omalle toiminimelleen. Tällöin myös laeissa tai asetuksissa määrätyn Talouden toimijan, joka valmistaa rakennustuotteita ja -tuotejärjestelmiä, on määritettävä ja toteutettava tuotantonsa tuotteen tuotehyväksyntämenetelmä sekä tuotannon laadunhallintajärjestelmä. Talouden toimijoiden pitää varmentaa myös rakennustuotteiden ja -tuotejärjestelmien suorituskyvyt sekä niiden pysyvyys. Rakennustuotteen ja -tuotejärjestelmän suorituskyvyn pysyvyyden varmentaminen tarkoittaa, että talouden toimijan rakennustuotteen tai -tuotejärjestelmän laatu pysyy todetunlaisena tietyllä menetelmällä analysoituna. CPR määrittää talouden toimijoille toimintoja, joita on suoritettava, jos talouden toimija CE-merkitsee rakennustuotteitaan tai -tuotejärjestelmiään.

Suomeen suunniteltavien rakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa on noudatettava maankäyttö- ja rakennuslakia (MRL, 132/1999, lain uudistus meneillään), Suomen rakentamismääräyksiä ja Euroopan Unionin yhteisiä Eurokoodeja. Rakennushankkeen suunnittelijan on ilmoitettava rakenteiden ja kohteen vaatimukset sekä rakennusosien ja materiaalien ominaisuusvaatimukset.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän velvollisuus on huolehtia rakentamiseen käytettävien tuotteiden ja tarvikkeiden kelpoisuuksista, eli täyttää MRL:n edellyttämät tekniset vaatimukset. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että hankkeeseen ryhtyvä vertailee hankinnassa olevaa tuotetta talouden toimijan tuotehyväksyntädokumentaatioon, sen arviointiperusteisiin, rakennuskohteen ja kyseessä olevan suunnitelmien vaatimuksiin sekä kohdentaa merkinnät ja tiedot hankittuun tuotteeseen. Rakennushankkeeseen ryhtyvä on kokonaisvastuussa siitä, että kohteeseen on hankittu vain kelpoista tavaraa. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on selvitettävä rakennustuotteiden ja -tuotejärjestelmien tuotehyväksynät mieluiten ennen niiden hankkimista hankkeeseen (Kuva 13).

Kuva 13. Tuotehyväksyntä: roolit, vastuut ja lainsäädännöt

Rakennustuotteiden terveydellisyttä säädellään myös muulla lainsäädännöllä, kuten kemikaalilainsäädännöllä, jota on analysoitu tarkemmin luvussa 6.

4.3 Kolmas osapuoli ja viranomaisvalvonta tuotehyväksynnässä

Ilmoitettu laitos (Notified Body, NB) on EU-jäsenmaan komissiolle ilmoittama laitos (tuotesertifiointilaitos, laadunvalvonnan sertifiointilaitos tai testauslaboratorio), jolle on annettu lupa suorittaa kolmansien osapuolten tehtäviä suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamisproseja. Tekninen arviointilaitos (Technical Assessment Body, TAB) on EU-jäsenmaan nimeämä laitos, joka myöntää eurooppalaisten arviointiasiakirjojen (EAD) pohjalta eurooppalaisia teknisiä arviointeja (ETA). Ilmoitetut laitokset (NB) tai tekniset arviointilaitokset (TAB) varmentavat tuotteiden suorituskyvyn pysyvyyttä käymällä standardien mukaisesti tuotantotehtaalla joko toteuttamassa pistokokeita tuotannosta tai muutoin tarkastamassa tuotannon laadunhallintajärjestelmän toimivuutta. Ilmoitettuja laitoksia (NB) ja teknisiä arviointilaitoksia (TAB) kutsutaan kolmansiksi osapuoliksi.

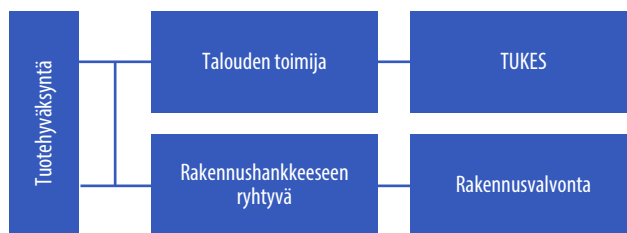
Komission lista eurooppalaisista ilmoitetuista laitoksista ja niiden kattamista tuotteista on saatavissa NANDO-tietojärjestelmästä²¹. Notifiointi teknisten arviointilaitosten osalta tehdään komission ohjeiden mukaan. Suomessa ympäristöministeriön notifioima

²¹ https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm?fuseaction=directive.notifiedbody&dir_id=33

suomalainen tekninen arviointilaitos on Eurofins Expert Services Oy. Talouden toimijat voivat käyttää rakennustuotteidensa varmentamiseen minkä tahansa EU-jäsenmaan ilmoitettuja laitoksia tai teknisiä arviointilaitoksia.

Jos rakennustuotteen ostaja huomaa, että suorituskyky joltain ominaisuudelta ei vastaa oletettua tai sovittua tai tuote näyttää muuttuneen, on kyseinen rakennustuote tai tuotejärjestelmä ilmoitettava turvallisuus- ja kemikaalivirastolle (TUKES), joka toimii Suomessa markkinavalvojana. Kunnalliset rakennusvalvojat ohjaavat ja valvovat rakennushankkeeseen ryhtyviä toimijoita. Kaikkien osapuolten, jotka toimivat rakennushankkeessa, on kuitenkin otettava hyvän rakennustavan mukaisesti vastuu rakentamisen hyvästä laadusta (Kuva 14).

Kuva 14. Tuotehyväksyntä: viranomaisvalvonta Suomessa



4.4 Tuotehyväksyntämenetelmät

Seuraavissa luvuissa esitellään Euroopan Unionin jäsenmaiden yhteisiä tuotehyväksyntämenetelmiä, Suomen kansallisia tuotehyväksyntämenetelmiä ja rakennuspaikkakohtaista tuotehyväksyntämenetelmää.

4.4.1 Euroopan Unionin jäsenmaiden yhteiset tuotehyväksyntämenetelmät

EU:n rakennustuoteasetus (CPR) tuli voimaan kokonaisuudessaan 1.7.2013 ja korvasi vanhan rakennustuotedirektiivin 89/106/ETY. Rakennustuoteasetuksessa säädetään, kuinka rakennustuotteen ominaisuuksista kerrotaan ja millä edellytyksillä rakennustuotteet voidaan CE-merkitä (Kuva 15). CE-merkinnällä valmistaja ilmoittaa tuotteen ominaisuudet yhdenmukaisella eurooppalaisella tavalla. Rakennustuotteen CE-merkintä on keino osoittaa tuotteen ominaisuudet siten, että tuotteen voi saattaa markkinoille kaikissa Euroopan talousalueen maissa.

CE-merkinnän käytön edellytyksenä on, että kyseiselle tuotteelle on julkaistu harmonisoitu tuotestandardi, jonka siirtymäaika on alkanut tai tuotteelle on myönnetty eurooppalainen tekninen arviointi ETA. Jos tuote kuuluu jonkin yhdenmukaistetun standardin (hEN) soveltamisalaan, se on pakko CE-merkitä ennen markkinoille saattamista. Sen sijaan CE-merkintä, joka perustuu eurooppalaiseen tekniseen arviointiin (ETA) on vapaaehtoinen.

Valmistaja kiinnittää omalla päätöksellään CE-merkinnän tuotteeseen, kun sovellettavan harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen arvioinnin edellyttämät varmentamistoimet on suoritettu. Nämä voivat koskea niin tuotteen valmistusta, ominaisuuksien testausta kuin laadunvalvontaakin. CE-merkinnässä ilmoitettavat ominaisuudet vaihtelevat tuotteittain. Useimmiten CE-merkinnän varmentamiseen tarvitaan puolueeton kolmas osapuoli, niin sanottu ilmoitettu laitos (NB). Tuotteen valmistaja huolehtii myös siitä, että kolmannen osapuolen valvontavelvoitteet on suoritettu asianmukaisesti.

CE-merkintä rakennustuotteessa ei vielä takaa sitä, että tuote soveltuu käytettäväksi tiettyyn rakennuskohteeseen tietyssä maassa. Suunnittelua, rakennustuotteiden käyttöä sekä rakennuskohdetta säätelevät edelleenkin kansalliset viranomaissäädökset, esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelma. (Lähde: hEN Helpdesk -sivusto²²)

Rakennustuoteasetuksen mukaiselle CE-merkitylle rakennustuotteelle laaditaan aina suoritustasoilmoitus (DoP). Suoritustasoilmoitus on tärkein CE-merkinnän liiteasiakirja, koska siinä on täydelliset tiedot sekä tuotteen valmistajasta, että tuotteesta ja sen suoritus-tasosta. Suoritustasoilmoitus voidaan toimittaa suoraan kullekin asiakkaalle paperisena tai sähköisessä muodossa tai esittää tuotteen valmistajan internetsivulla. Suomessa suoritustasoilmoitus tulee toimittaa suomeksi tai ruotsiksi. (Lähde: TUKES) Rakennustuotteista noin 80 % kuuluu pakollisen CE-merkinnän soveltamisalaan.

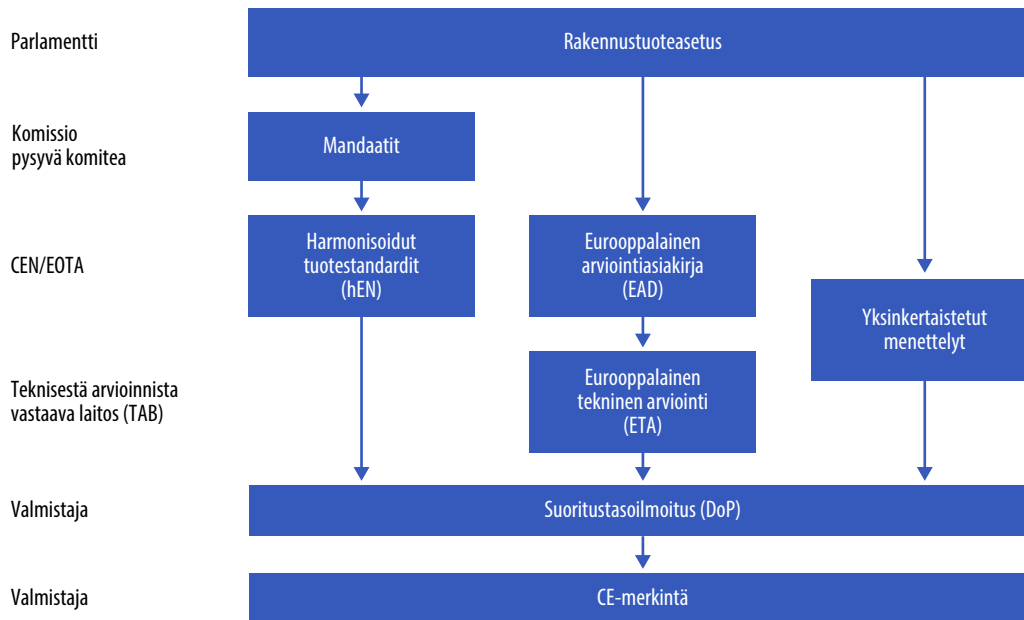
Kun rakennustuotteella tai tuotejärjestelmällä ei ole standardia tai tuote poikkeaa standardista, CE-merkintä on mahdollinen ETA menettelyn kautta. Vapaaehtoinen ETA-arviointi on voimassa koko EU:ssa. ETA:n piiriin kuuluvat tuotteet ovat tyypillisesti järjestelmiä, innovatiivisia tuotteita, harmonisoiduista tuotestandardeista poikkeavia tuotteita tai tuotteita, joita ei vielä ole standardisoitu. ETA laaditaan eurooppalaisen teknisen arviointiasiakirjan (EAD) mukaan. EAD:ssä määritetään tuotteen sovellutusala ja käyttötarkoitus, olennaiset vaatimukset ja niiden ilmoittaminen, sovellettavat arviointimenetelmät ja sovellettava AVCP-luokka. Valmistaja osallistuu EAD:n laadintaan yhdessä vastuussa olevan teknisen arviointilaitoksen (TAB-laitos) kanssa. TAB laitoksia on tällä hetkellä 52 kappaletta 25:ssä maassa, ja Suomessa on yksi (VTT Expert Services Oy). Kukin TAB-laitos voi kommentoida niitä valmisteilla olevia EAD:ta, jotka kuuluvat omaan pätevyysalueeseensa.

22 <https://www.henhelpdesk.fi/>

EOTA (European Organisation for Technical Assessment) koordinoi EAD/ETA-prosessia. ETA on aina yhtä valmistajaa koskeva ja se myönnetään valmistajan hakemuksen perusteella. Siinä esitetään tuotteen kuvauksen ja käyttötarkoituksen lisäksi tuotteen ominaisuudet ja/tai ominaisuusluokat tuotetta koskevien olennaisten vaatimusten osalta. Jos valmistaja on hakenut ja saanut tuotteelleen ETAn, hänen tulee laatia suoritusasiointi ja CE-merkitä tuotteensa. (Lähde: hEN Helpdesk -sivusto)

Kolmas tapa hakea CE-merkintää on yksinkertaistettu menettely eli tekninen asiakirja (STD). Menettely on suunnattu pienille ja keskisuurille yrityksille, joita rakennustuoteasetuksen mukaan ovat alle kymmenen hengen yritykset. Menettely on laadittu, jotta näiden yritysten CE-merkinnän hankkimisesta aiheutuvat kustannukset pysyisivät kohtuullisina. Menettelyssä tuotteen valmistaja korvaa CE-merkintään tarvittavan tyyppitestauksen asianmukaisella teknisellä asiakirjalla, jossa osoitetaan, että käytetyillä menettelyillä rakennustuotteen vaatimustenmukaisuus toteutuu. (Turunen, 2014).

Rakennustuoteasetuksen liitteessä I on lueteltu rakennuskohteen perusvaatimukset (ks. liite 1). Rakennuskohteen perusvaatimukset muodostavat pohjan luotaessa mandaatteja, jotka ovat toimeksiantoja eurooppalaisille standardisointijärjestöille harmonisoitujen tuotestandardien laatimiseksi. Perusvaatimukset ohjaavat myös eurooppalaisten teknisten arviointien (ETA) laadintaa. Nämä perusvaatimukset liittyvät seuraaviin asioihin: mekaaninen lujuus ja vakaus; paloturvallisuus; hygienia, terveys ja ympäristö; käyttöturvallisuus ja esteettömyys; meluntorjunta; energiansäästö ja lämmöneristys; luonnonvarojen kestävä käyttö.

Kuva 15. EU rakennustuoteasetuksen keskeiset asiakirjat ja tehtävät sekä niistä vastaavat toimijat.²³

4.4.2 Suomen kansalliset ja vapaaehtoiset tuotehyväksyntämenetelmät

Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (945/2012) sisältää vapaaehtoiset kansalliset menettelyt rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittamiseen silloin, kun tuotetta ei CE-merkintä rakennustuoteasetuksen mukaisesti. Tuotehyväksyntäasetuksessa (555/2013) täydennetään ja täsmennetään tuotehyväksyntälakia. Tuotehyväksyntälaissa ja -asetuksessa säädetään menettelyistä sen toteamiseksi, täyttääkö rakennustuote maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) tai sen nojalla säädetty olennaiset tekniset vaatimukset (*kelpoisuus*). Tuotehyväksyntälaissa määritellyt kansallisia menettelyjä ei voida soveltaa CPR:n kanssa päällekkäin. Mikäli tuote kuuluu hEN soveltamisalaan on rakennustuote CE-merkittävä, eikä tällöin kansallista vapaaehtoista tuotehyväksyntää voida missään tilanteessa soveltaa. Suomen kansalliset tuotehyväksyntämenetelmät ovat: tyyppihyväksyntä, varmennustodistus ja valmistuksen laadunvalvonta (Kuva 16).

Tyyppihyväksyntämenettely perustuu ympäristöministeriön antamiin eri rakennustuotteita koskeviin asetuksiin. Tyyppihyväksyntäpäätöksellä osoitetaan, että rakennustuote ominaisuuksiensa puolesta täyttää sille säädetty olennaiset tekniset vaatimukset valmistajan ilmoittamassa käyttötarkoituksessa. Tyyppihyväksynnän myöntää

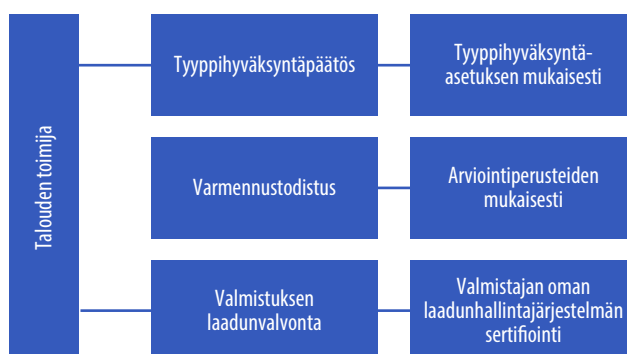
²³ <http://www.henhelpdesk.fi/media/seminaari-2017/6-koskela.pdf>

ympäristöministeriön valtuuttama tyyppihyväksyntälaitos. Myös ympäristöministeriö voi myöntää tyyppihyväksynnän erityisestä syystä. Tyyppihyväksyntä edellyttää laadunvalvonnan varmentamista (Ks. 4.5).

Varmennustodistus tarjoaa tyyppihyväksyntää hallinnollisesti kevyemmän menettelyn rakennustuotteen hyväksymiselle. Varmennustodistus on päätös, jolla osoitetaan, että rakennustuote ominaisuuksiensa puolesta täyttää sille säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset valmistajan ilmoittamassa käyttötarkoituksessa. Varmennustodistuksen myöntää ympäristöministeriön hyväksymä hyväksytty toimielin. Varmennustodistus edellyttää valmistajan suorittamaa tuotannon aikaista omaa laadunvalvontaa ja laadunvalvonnan varmentamista. Ympäristöministeriö julkaisee yhtenäiset arviointiperusteet tuoteryhmille. Arviointiperusteita on laatinut Eurofins Expert Services Oy ympäristöministeriön tilauksella. Hyväksytty toimielin päättää arviointiperusteiden pohjalta varmennustodistuksessa annettavista tiedoista tuote- tai tuoteryhmäkohtaisesti. Hyväksytty toimielin antaa varmennustodistuksen joko tuotteen valmistuksen jatkuvan varmentamisen tai toimituseräkohtaisen näytetarkastuksen perusteella.

Tapauksissa, joissa tuotannon tai tuotteiden varmentamiseen sopivaa tuotehyväksyntämenetelmää ei löydy, valmistaja voi osoittaa ylläpitämällään tehtaan sisäisellä laadunvalvontajärjestelmällä, että rakennustuote ominaisuuksiensa puolesta täyttää sille säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset valmistajan ilmoittamassa käyttötarkoituksessa. Tätä kutsutaan valmistuksen laadunvalvontamenettelyksi. Tässä menettelyssä valmistaja laatii ja käyttää omaa laadunhallintajärjestelmäänsä, jonka ympäristöministeriön hyväksymä virallinen valmistuksen laadunvalvonnan varmentaja varmentaa ja Talouden toimija saa sertifiointin toimivasta laadunhallintajärjestelmästä.

Kuva 16. Suomen kansalliset tuotehyväksyntämenetelmät



4.4.3 Rakennuspaikkakohtainen varmentaminen

Rakennuspaikkakohtainen varmentaminen tarjoaa rakennusvalvontaviranomaisille mahdollisuuden varmistaa, että rakennustuote on turvallinen ja soveltuu käytettäväksi kyseisessä rakennuksessa. Rakennusvalvontaviranomainen voi edellyttää rakennustuotteen varmentamista rakennuspaikkakohtaisesti, jos valmistaja ei ole esittänyt millään tavalla rakennustuotteen ominaisuuksia, ja rakennusvalvontaviranomaisella on syytä epäillä, että tuote ei täytä olennaisia teknisiä vaatimuksia. Rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa varmentamisen kustannuksista. Vastuu rakennustuotteen kelpoisuudesta on viime kädessä hankkeeseen ryhtyvällä.

Varmennuksen laadintaan osallistuvat sopimuksien ja hankkeiden toimenkuvien mukaisesti myös talouden toimija ja rakennushankkeeseen ryhtyvä. Laadittu ja koottu tuotehyväksyntä ja sen dokumentaatio hyväksytetään aina rakennusvalvonnalla. Rakennusvalvonta voi osaltaan myös vaatia lisätestauksia tai muuta asiantuntijalausuntoa, jos se katsoo, että varmennus ei ole riittävä ko. rakennuskohteen vaatimuksiin.

4.5 Tuotannon laadunvarmennus ja AVCP-luokitus

Rakennustuoteasetuksen mukaiselle CE-merkitylle rakennustuotteelle laaditaan aina suoritusasoilmoitus (DoP). Rakennustuotteen suorituskyky on arvioitava ja tuotantoa on valvottava, jotta DoP:n tarkkuus ja luotettavuus voidaan varmistaa. Tätä varten on kehitetty AVCP (Assessment and Verification of Constancy of Performance) -luokitusjärjestelmä. AVCP-järjestelmät määrittelevät valmistajien ja ilmoitettujen laitosten kontrollikeinot (Ks. liite 2). Järjestelmän viisi tasoa ovat vaativammasta alkaen 1+, 1, 2+, 3 ja 4, ja niitä sovelletaan CPR:ssa määriteltyihin tuotteeseen tai tuoteperheeseen riippuen siitä, miten tuote tai tuoteperhe vaikuttaa ihmisten ja ympäristön turvallisuuteen ja terveyteen.

4.6 Rakennustuotteiden kelpoistaminen uudisrakentamisessa

Rakennushankkeeseen ryhtyvän velvollisuus on huolehtia rakentamiseen käytettävien tuotteiden ja tarvikkeiden kelpoisuuksista, eli täyttää MRL:n edellyttämät tekniset vaatimukset. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä että:

Suunnittelijat suunnittelevat rakennuskohteen lakien, asetusten ja standardien mukaisesti. Suunnittelijat määrittelevät kohteessa käytettävät rakennusmateriaalit, rakennusosat ja järjestelmät. Suunnittelijat käytännössä huolehtivat myös alla olevista, rakennushankkeeseen ryhtyvälle kuuluvista tehtävistä kuten kohteessa käytettävien rakennustuotteiden kelpoisuudesta.

Rakennushankkeeseen ryhtyvä selvittää suunnitelmiin perustuvien rakennustuotteiden ja -tuotejärjestelmien tuotehyväksyntämenetelmät niiden käyttötarkoitusten mukaan ja kokoaa tuotedokumenteista oikeanlaisen ja kelpoistamiseen käytettävän tuotehyväksyntädokumentaation.

Rakennushankkeeseen ryhtyvä hankkii suunnitelmien mukaisia rakennustuotteita ja -tuotejärjestelmiä vertaamalla tuotteiden ja tuotejärjestelmien ominaisuuksia kootulla tuotehyväksyntädokumentaatiolla suunnitelmissa esitettyihin vaatimuksiin ja ominaisuuksiin.

Rakennushankkeeseen ryhtyvä kohdentaa kootun tuotehyväksyntädokumentaation työmaalle hankittuihin rakennustuotteisiin ja -tuotejärjestelmiin ennen niiden asentamista rakennuskohteeseen.

Vain kelpoistetun rakennustuotteen ja -tuotejärjestelmän saa asentaa rakennuskohteeseen. **Työmaalla urakoitsija** on vastuussa siitä, että käyttötarkoitukseltaan oikeanlainen ja varmennettu rakennustuote on hankittu ja se asennetaan kohteeseen kelpoistettuna.

Tuotehyväksyntäprosessi rakennushankkeessa alkaa yleensä toteutusvaiheessa, jolloin aloitetaan tarvikkeiden hankinta. Suurempien hankintojen, kuten rakennuselementtien, tuotehyväksyntäprosessi aloitetaan usein jo hankintasuunnitelmien suunnitteluvaiheessa. Rakennustuotteiden ja -tuotejärjestelmien tuotehyväksyntätilanteet on selvitettävä ennen hankintasopimusten allekirjoituksia, jolloin on vielä mahdollista vaikuttaa talouden toimijoiden toimintoihin.

4.7 Korjausrakentaminen ja tuotehyväksyntä

Korjausrakentamisen lähtökohtana on korjata ja parantaa vanhaa. Korjausrakentamisessa olemassa oleva tilanne ei saa heikentyä. Nykyisten rakentamismääräysten pääpaino on uudisrakentamisessa. Korjausrakentamisessa asetuksia noudatetaan soveltuvin osin, asetuksen soveltamisala määrää sen, onko asetus kyseisessä korjaustoimenpiteessä velvoittava vai ei. Luvanvaraisissa korjaushankkeissa rakennusvalvonta ottaa kantaa, miten rakentamismääräyksiä hankkeessa sovelletaan.

Rakennustuoteasetuksessa ja tuotehyväksyntälaissa ei ole eritelty erikseen, miten pitäisi toimia, kun kelpoistetaan rakennustuotteita tai -tuotejärjestelmiä korjauskohteisiin. Korjauskohteisiin asennetaan kuitenkin yleensä uusia rakennustuotteita tai -tuotejärjestelmiä, joten kelpoistaminen rakennuskohteeseen on samankaltaista toimintaa kuin uudiskohteisiin kelpoistettaessa. Toisaalta MRL 117§ toteaa: Korjaus- ja muutostyössä tulee ottaa huomioon rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet sekä rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön. Tämän pohjalta tulkintavaraa purkumateriaalien käytön suuntaan on olemassa.

Luvanvaraisissa korjaushankkeissa voidaan tietyin edellytyksin käyttää rakennustuotteita, joita ei ole CE-merkitty, jos se on esimerkiksi rakennuksen suojelevarvojen säilyttämisen kannalta olennaista. Tässäkin kohtaa tarvitaan selvitys siitä, että rakennuksen tekniset ominaisuudet eivät ole heikentyneet.

4.8 Rakennusosien uudelleenkäyttö ja tuotehyväksyntä

Rakennustuoteasetuksessa ja tuotehyväksyntälaissa ei ole eritelty erikseen, miten pitäisi toimia, kun kelpoistetaan uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita tai -tuotejärjestelmiä. Tämän hankkeen aikana tuotehyväksynnän osalta keskeiset viranomaiset on haastateltu asian tiimoilta. Viranomaiset ovat tulkinneet, että uudelleenkäytettävät uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden, joilla on yhdenmukaistetut standardit, tulee olla CE-merkittyjä, vaikka ohjeet uudelleen käytettävien rakennustuotteiden suorituskykyjen säilyttämisen osoittamisesta tai uudelleen CE-merkinnästä puuttuvat. Samalla kaikki hankkeessa haastatellut valvontaviranomaiset ovat kuitenkin todenneet, että EU:n rakennustuoteasetus ei nykyisellään tunne käsitettä uudelleenkäyttö. Rakennustuoteasetus on säädetty uusien rakennustuotteiden valmistusta silmällä pitäen ja ajatuksena on ollut, että ennen rakennustuoteasetusta markkinoille saatetut rakennustuotteet ovat jo markkinoilla.

Sidosryhmätyöpajassa kerätyn palautteen mukaan purettujen rakennusosien uudelleen käyttöön liittyy tällä hetkellä isoja haasteita, jotka johtuvat niiden kelpoisuuden osoittamisen viranomaismenettelyn epäselvyydestä. Tämä on johtanut tilanteeseen, jossa purkumateriaalien käyttö jopa pilottikohteissa on estynyt CE-merkinnän puutteeseen. Rakennusalalle halutaan nopeasti selvitys rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä koskevasta sääntelystä sekä ohjeet sen soveltamiseen.

4.9 Rakennusosien uudelleenkäytön prosessi ja sen kehittäminen

Rakennusosien tai purkumateriaalien päätyminen uudelleenkäyttötuotteena uuteen rakennukseen on monivaiheinen prosessi, jonka päävaiheet ovat: 1) vapaaehtoinen purkukartoitus tai MRL-uudistuksessa esitetty pakollinen rakennus- ja purkumateriaaliselvitys; 2) rakenteellinen kuntotutkimus ja haitta-aineselvitys; 3) purkusuunnittelu ja purkutyö; 4) kuljetus, varastointi ja jatkojalostaminen; 5) uudelleenkäytön suunnittelu käyttökohteen mukaisena; 6) tuotehyväksyntä ja kelpoistaminen. Jokaisen vaiheen päätehtävät sekä kehitystarpeet esitetään seuraavissa luvuissa.

Aiemmissa luvuissa esitellyn rakennusosien uudelleenkäytön prosessin mukaisesti luvussa 5 tarkastellaan valittujen rakennusmateriaalien uudelleenkäytön edellytyksiä ja kelpoistamisprosessin eri vaiheita lujuuden, vakauden, paloturvallisuuden, käyttöturvallisuuden, energiatehokkuuden, meluntorjunnan ja ääniolosuhteiden näkökulmasta materiaaleittain. Rakennusosien uudelleenkäytön terveellisyden varmistamista tarkastellaan luvussa 6.

4.9.1 Purkukartoitus

Purkukartoitus on vapaaehtoinen toimenpide purettavan rakennuksen materiaalien ja haitallisten aineiden kartoitukseen. Kannuste purkukartoitusten laatimiseen sisältyy myös helmikuussa 2020 ympäristöministeriön ja RAKLI ry:n solmimaan Kestävän purkamisen Green Deal -sopimukseen.

Purkukartoituksen tarkoituksena on luoda hyvät edellytykset purkumateriaalien tarkoituksenmukaiselle hyödyntämiselle, ympäristö- ja terveysriskien välttämiseksi ja laadukkaalle purkuprosessille kaikissa purkuhankkeissa. Purkukartoituksen taustalla on EU:n edistämä Pre-demolition audit. MRL-uudistuksessa on ehdotettu uusi pakollinen velvoite rakennus- ja purkumateriaaliselvityksen laatimisesta rakennuslupaprosessin yhteydessä.

Purkukartoituksen laatimisesta on olemassa ohje *Purkukartoitus – Opas laatijalle* (Ympäristöministeriö, 2019). Purkukartoituksen tekemisen tueksi ympäristöministeriö on lisäksi laatinut lomakkeen purettavan rakennuksen haitallisten aineiden, uudelleenkäytettävien rakennusosien sekä muiden purkumateriaalien raportointiin.

Näiden selvitysten avulla jokaisen hankkeen alkuvaiheessa voidaan tunnistaa rakennusosien uudelleenkäytön potentiaali, toisin sanoen vastata kysymykseen – mitä säilytetään purussa? Tätä tietoa hyödynnetään tulevassa purkusuunnittelussa.

Kehitysehdotus: Nykyisen purkukartoituksen vaatimuksen lisäksi uudelleenkäytön suunnittelua varten on kerättävä tietoa purettavan rakennuksen suunnitelma-asiakirjoista, mm. rakennusvuosi sekä tekniset tiedot säilytettävistä rakennusosista. Esimerkkinä betonitelementin osalta tekniset tiedot ovat: elementtityypit, dimensiot, reiät, liitokset, rasitusluokat, betonin puristuslujuus, rauditus, jne. Tämän tyyppinen tutkimusvaatimus on kehitettävä ja räätälöitävä jokaiselle uudelleenkäytettävälle rakennusosalle. Tuotehyväksyntää ajatellen on mahdollisuuksien mukaan selvitettävä purettavien rakennusosien historia ja tekniset asiakirjat tuotehyväksyntämenetelmistä sekä mahdolliset tuotehyväksyntädokumentaatiot.

Purkukartoitus ja siihen oleellisesti liittyvät rakenteellinen kuntotutkimus sekä haitta-aineiden tutkimus tulee tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta purettavaksi tulevat rakennukset ovat tiedossa ja rakennusosia pystytään siten hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti.

4.9.2 Rakenteellinen kuntotutkimus ja haitta-aineiden tutkimus

Rakenteellisella kuntotutkimuksella selvitetään, ovatko uudelleenkäytettävät rakennusosat toteutettu suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti ja vastaavatko niiden materiaaliominaisuudet uuden käyttötarkoituksen vaatimuksia rakenteen kantavuuden, paloturvallisuuden ja muiden tekijöiden osalta. Kuntotutkimus kohdistetaan kaikkiin sellaisiin rakennusosiin, joille on suunniteltu uudelleenkäyttöä. Kuntotutkimus tulee tehdä siinä laajuudessa, että rakennesuunnittelija voi luotettavasti käyttää tuloksia rakennesuunnittelun lähtötietoina uudessa kohteessa.

Haitta-ainetutkimuksessa selvitetään, onko uudelleenkäytettävissä rakennusosissa haitta-aineita sisäilma- ja terveysvaikutusten kannalta. Haitta-aineita voi esiintyä muun muassa rakennusmateriaalien pinnoitteissa, laasteissa, liimoissa, vedeneristeissä, palonsuoja-aineissa ja puun kyllästeaineissa. Rakennusmateriaaleissa mahdollisten haitta-aineiden esiintyminen riippuu materiaalivalinnoista, jotka ovat riippuvaisia halutuista ja/tai vaadituista teknisistä ominaisuuksista sekä näissä materiaaleissa käytetyistä raaka- ja lisäaineista. Rakennusmateriaalien kierrätyksessä täytyy ottaa huomioon erityisesti mahdolliset vanhemmissa materiaaleissa esiintyvät yhdisteet, joiden käyttö ei enää ole sallittua. Haitta-aineiden esiintymiseen rakennusmateriaaleissa ja rakennuksessa vaikuttavat rakennuksen rakentamisajankohta ja rakennuksen käytön ajankohta. Materiaalien raaka-aineiden ja niihin lisättyjen aineiden lisäksi on otettava huomioon myös mahdolliset käytön aikana materiaaleihin muodostuneet tai päätyneet epäpuhtaudet.

Näiden selvitysten avulla voidaan vastata kysymykseen, kannattaako rakennusosat säilyttää purkamisen yhteydessä. Tätä tietoa voidaan hyödyntää käyttötarkoituksen mukaisessa uudelleenkäytön suunnittelussa.

Kehitysehdotus: Laaditaan yhtenäiset ohjeet rakenteelliselle kuntotutkimukselle sekä uudelleenkäytettävien purkumateriaalien haitta-aineiden ja epäpuhtausten tutkimukselle sekä tutkimustulosten tulkitsemiselle. Tällä hetkellä ohjeet puuttuvat, ja ne pitäisi kehittää kansallisella tasolla. EU:ssa säädelyjen aineiden kohdalla asia vaatii EU-tasolla tehtävää tarkastelua. Ohjeistusta tarvitaan mm. tutkittavien rakennusosien määrästä sekä riittävästä näytemäärästä materiaaliominaisuuksien ja haitta-aineiden testaukseen. Materiaalien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien mittaustulosten tulkintaohjeet vaativat pohjaksi tutkimustietoa ja asiantuntemusta.



4.9.3 Purkusuunnittelu ja purkutyö

Rakennusosien uudelleenkäyttö on otettava huomioon jo purkamisen suunnittelussa ja purkutyössä.

Purkamisesta on laadittu Rakennustietosäätiön Ratu-ohjekortit. RATU-kortti 1221-S *Purkusuunnitelma ja purkutöiden tehtäväsuunnittelu* määrittää purkuhankkeen toimijoita, tehtäviä ja vastuita. RATU-kortissa kerrotaan selkeästi, mitä on otettava purkuohjelmissa ja -suunnitelmissa huomioon. Kuvassa 17 on esitetty purkamiseen liittyvät suunnitelmat ja selvitykset, sekä vastuuosapuolet. Nykyisestä rakennusten purkutavasta ja purkujätteen käsittelystä poiketen purkutyösuunnittelussa olisi korostettava osien ehjänä purkamista sekä paikan päällä tehtäviä tutkimuksia ja jatkotoimenpiteitä, mikäli rakennusosia halutaan käyttää uudelleen.

Liitokset pyritään purkamaan siten, että ne on mahdollista liittää uudelleen uudessa käyttökohteessa. Rakennusosat tulee pyrkiä purkamaan mahdollisimman ehjänä, sillä ainoastaan vaurioitumattomat osat voidaan käyttää uudelleen. Ehjänä purettavien rakennusosien käsittely vaatii huolellisuutta ja varovaisuutta aivan samoin kuin uusien rakennusosien asentaminen. Rakennusosien ehjänä purkaminen edellyttää uusien purkutekniikoiden ja nostimien suunnittelua ja kehittämistä.

Kuva 17. Purkamiseen liittyvät suunnitelmat ja selvitykset (Lehtonen, 2019).

Hankkeen vaihe	Hankesuunnittelu	Rakennesuunnittelu	Työvaihesuunnittelu		Toteutusvaihe	
 <p>Suunnitelma tai selvitys</p>	Purkukartoitus <ul style="list-style-type: none"> Asbesti- ja haitta-ainekartoitus ja -tutkimukset Purkumateriaali-selvitys 	Purkutyöselostus <ul style="list-style-type: none"> Rakenteiden purkutapaselostus Suojasuunnitelmat Ympäristöhaittojen ehkäisy Purkupiirustukset 	RAKENNUS- TAI PURKAMISLUVAN HAKEMINEN	Purkusuunnitelma <ul style="list-style-type: none"> Purkutyösuunnitelma <ul style="list-style-type: none"> Purkutapa-suunnitelmat Suojaukset Pölyn- ja meluntorjunta 	Työvaiheaikataulut	
	Purku-urakan urakkaohjelma	Erikoissuunnitelmat <ul style="list-style-type: none"> LVIS-suunnitelmat 		Työmaan aluesuunnitelma		Tehtäväsuunnitelmat
	Turvallisuusasiakirja			Jätehuoltosuunnitelma (laatija voi olla päätoteuttaja tai purku-urakoitsija)		
 <p>Suunnitelman laatija/ selvityksen tilaaja</p>	Rakennuttaja, hankkeeseen ryhtyvä	Rakennesuunnittelija, erikoissuunnittelijat	Yleisaikataulu		Selvitys purkujätteistä	
			Päätoteuttaja	Purku-urakoitsija	Purku-urakoitsija (pätoteuttaja)	

Kehitysehdotus: Rakennusosien ehjänä purkaminen edellyttää uusien purkutekniikoiden ja nostimien suunnittelua ja kehittämistä. Jokaiselle puretulle tuotteelle tai tuoteryhmälle on sen lisäksi kehitettävä käyttötarkoituksen mukaiset laadunvarmistusmenetelmät.

4.9.4 Kuljetus, varastointi ja jatkojalostaminen

Kokonaisen rakennuksen purkamisesta syntyy yleensä huomattavan suuri määrä purettuja rakennusosia, jotka vaativat tilaa ja sääsuojauksia. Purettavat rakennusosat on kuljetettava varastoitavaksi ja edelleen työstettäväksi ennalta sovittuun paikkaan.

Purettuja rakennusosia voidaan myös jatkojalostaa, jotta ne täyttäisivät uuden käyttökohteen vaatimukset. Purkutuosien jatkojalostaminen voi tarkoittaa esimerkiksi tuotteen puhdistamista, uuden betoniraudoituksen mitoitus- ja raudoituksen vahvistusta tai mantelointia sekä uusien liitososien asentamista. Rakennusosien mahdollisen työstön, tarvittavien koestusten ja tuotehyväksynnän jälkeen uudelleenkäytettävät rakennusosat voidaan toimittaa työmaalle asennettavaksi.

Kehitysehdotus: Ohjauskeinot pitää kehittää sellaisiksi, että purettujen rakennusosien kuljetus, varastointi ja jatkojalostaminen on taloudellisesti kannattavaa. Tämä liittyy olennaisesti uudelleenkäytettävien rakennusosien markkinan kehittämiseen. Uudelleenkäyttöön liittyvän tuotehyväksyntä- ja kelpoistamismenettelyn selkiyttäminen on tärkeä askel markkinan synnyttämiselle. Purettavaksi tulevien rakennusten ja niiden ominaisuuksien tunteminen hyvissä ajoin ennen purkamista edesauttaa markkinoiden syntyä ja purkusosien saatavuutta.

4.9.5 Uudelleenkäytön suunnittelu käyttökohteen mukaisesti

Uudelleenkäytettävien rakennusosien käyttö suunnitellaan uuden kohteen vaatimusten mukaan samalla tavalla kuin uudet rakennusosat. Uudelleenkäytettävät rakennusosat voidaan kunnostaa käyttökohteen vaatimusten mukaisesti. Uudelleenkäytettäviä rakennusosia tulee voida käyttää myös muussa kuin niiden alkuperäisessä käyttötarkoituksessa.

Kestävä kehitys rakennushankkeessa koostuu lukuisista eri tekijöistä, kuten rakennuksen ja rakennusmateriaalien suunnittelusta käyttöikästä, eri materiaalien ja rakennusosien huolto- ja korjauksesta, rakennusmateriaalien tarpeesta yleensä, rakennuksen energiatehokkuudesta ja rakennusprosessista. Rakennuksen kestävä kehitys mukainen materiaalien käyttö päätetään projektin suunnitteluvaiheessa. Vaikutusmahdollisuudet vähenevät oleellisesti hankkeen edetessä, jolloin hankkeen alussa ja sen aikana tehtyjen päätösten vaikutukset tulevat pysyviksi.

Rakennushankkeeseen ryhtyvällä sekä kohteen arkkitehtisuunnittelusta vastaavalla taholla on merkittävä vaikutusmahdollisuus uudelleenkäytettävien rakennusosien käyttämiseen rakennushankkeessa. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee määrittellä hankesuunnittelun alkuvaiheessa tavoitetaso uudelleenkäytettävien rakennusosien sekä kieräytysmateriaalien käytöstä rakennushankkeessa. Arkkitehtisuunnittelussa tulee ottaa huomioon uudelleenkäytettävien rakennusosien asettamat rajoitukset tilojen sijoittelulle, mahdollisille jänneväleille, ääneneristykselle ja paloturvallisuudelle. Rakennusosien teknisissä ratkaisuisa saumaton yhteistyö rakennesuunnittelijan ja muiden keskeisten toimijoiden kanssa on välttämätöntä. Saatavilla olevat purkumateriaalit ja -rakennusosat luovat reunaehdot ja lähtökohtia uudelleenkäytön suunnittelulle.

Rakennesuunnittelijan tulee huolehtia siitä, että uudelleenkäytettävät rakennusosat täyttävät voimassa olevat vaatimukset lujuuden, vakauden, paloturvallisuuden, käyttöturvallisuuden, energiatehokkuuden, meluntorjunnan ja ääniolosuhteiden näkökulmasta. Rakennesuunnittelu tulee tehdä eurokoodin mukaisesti myös uudelleenkäytettäville rakennusosille. Uudelleenkäytettävissä rakennusosissa voi esiintyä mm. halkeamia ja virumasta aiheutunutta taipumaa, mitkä on otettava huomioon suunnittelussa ja mahdollisissa vahvistustarpeissa. Rakenteellisen paloturvallisuuden sekä ääneneristävyyden täyttyminen voi edellyttää erilaisia suojaus- ja eristystoimia, jotta voimassa olevat vaatimukset täyttyvät. Uudelleenkäytettävien rakennusosien käyttöturvallisuus on varmistettava nykyistä laajemmalla haitta-ainetutkimuksella sekä rakenteellisella kuntotutkimuksella täydennettynä tarvittavilla lujuustestauksilla. Tämä edellyttää yleensä yhteistyötä haitta-ainetutkijan, rakennusterveysasiantuntijan sekä rakenteisiin perehtyneen kuntotutkijan kanssa. On otettava erityisesti huomioon uudelleenkäytettävien tuotteiden tai materiaalien sisäilma- ja terveysvaikutukset, johon vaikuttavat todetun haitta-aineen ja materiaalin ominaisuudet, tuleva käyttö ja sijainti rakennuksessa sekä rakenteissa sekä niiden sisäilmayhteydet.

Kehitysehdotus: Uudelleenkäyttöön liittyvän suunnittelun osaamisen pitää kehittyä laajasti eri ammattikunnissa. Nykyisiä koulutusohjelmia on kehitettävä siten, että suunnittelijoilla on kyky soveltaa uudelleenkäytettäviä rakennusosia rakennuskohteissa. Lisäksi käytännön osaamista ja näitä oikealla tavalla tukevia osaamisen arvioinnin menetelmiä tulee kehittää. Rakennusosien uudelleenkäytön suunnittelun tulee aina perustustua kattavaan rakenteelliseen kuntotutkimukseen sekä haitta-ainekartoitukseen, jotta voidaan varmistua rakennusosien turvallisesta käytöstä.

4.9.6 Tuotehyväksyntä ja kelpoistaminen

Kuten luvussa 4.8 kuvattiin, uudelleenkäytettäville rakennusosille ei ole vielä olemassa omia arviointiperusteita eikä tuotehyväksyntämenetelmiä, ja asian ympärillä on paljon epäselvyyksiä. Nykyisten viranomaisen antamien tulkintojen mukaan

uudelleenkäytettävät rakennusosat rinnastetaan uusiin rakennustuotteisiin ja niiden tuotehyväksyntä tapahtuu uusille rakennustuotteille tarkoitettujen menetelmien mukaan. Koska rakennusosien purkaminen ja jatkojalostaminen on luonteeltaan hyvin erilaista kuin tuotteiden valmistus raaka-aineista hallitussa valmistusprosessissa, uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoistaminen nykyisten tuotehyväksyntämenetelmien avulla on hyvin haastavaa. Tanskalainen Gamle Mursten on ainoa hankeryhmän tiedossa oleva toimija Euroopassa, joka on ottanut tuottajan vastuun ja myy purkukohteiden tiiliä uudelleenkäyttöä varten CE-merkittynä EAD/ETA menetelmän kautta.

TUKESin mukaan jos uudelleenkäytettävä rakennustuote tulee omaan käyttöön, niin tuotetta ei tarvitse CE-merkitä. Rakentajan tulee kuitenkin pystyä jollain muulla tavalla osoittamaan, että tuote täyttää kansalliset ja rakennuskohteen vaatimukset.

Mahdollisia ratkaisuja uudelleenkäytettävän rakennustuotteen asettamiseksi markkinoille (edellyttää, että tuote ei enää ole jäte-statuksella) on TUKESin mukaan seuraavat:

1. Jos tuote on alun perin CE-merkitty ja pystytään osoittamaan, että tuotteen perusominaisuudet ovat pysyneet ennallaan, toimija (käsittelijä, purkuliike, rakennusliike, omistaja jne.) voi saattaa tuotteen markkinoille omalla tuotenimellä ja ottaa samalla valmistajan vastuun, mikä osoitetaan tuotteen suoritustasoilmoituksessa ja CE-merkinnässä.
2. Jos tuote on alun perin CE-merkitty eikä pystytä osoittamaan, että tuotteen perusominaisuudet ovat pysyneet ennallaan, tai tuote jota ei ole aikaisemmin CE-merkitty, mutta joille nykyään löytyy harmonisoitu tuotestandardi, tuotteen on käytävä rakennustuoteasetuksen mukainen menettely, joka tarkoittaa tuotteesta riippuen mm. alkutestauksia ja tuotannon laadunvalvonnan varmentamista. Tällöin käsittelijä ottaa valmistajan vastuun ja tuote saatetaan markkinoille uudella nimellä. Mutta ongelman muodostaa se, ettei tuotteen alkutestausta voida enää tehdä. Rakennustuoteasetuksen revision odotetaan ottavan tähän kantaa.
3. Tuotteelle löydetään toinen käyttötarkoitus, joka on muu kuin yhdenmukais-
tetussa tuotestandardissa esitetty aiottu käyttötarkoitus.

Hankeryhmän mielestä ratkaisuvaihtoehdossa 1 viranomaisella pitää olla yhtenäiset ohjeet siitä, miten osoitetaan että tuotteen perusominaisuudet ovat pysyneet ennallaan. Ratkaisuvaihtoehdossa 2 viranomaisen pitää antaa yhtenäiset ohjeet menettelystä, erityisesti siitä miten tuotannon laadunvalvonnan varmentaminen suoritetaan.

Hankeryhmästä on myös tärkeää ymmärtää, että uusilla käyttökohteilla on vaikutusta siihen miten puretut rakennusosat hyväksytään ja kelpoistetaan uusiin käyttökohteisiin.

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden hyödyntäminen kantavassa rakenteessa vaatii aina tapauskohtaista rakennusvalvontaviranomaisen hyväksyntää. Rakennesuunnitelmassa määritellään ennakkoon kantavassa rakenteessa uudelleenkäytettävät rakennustuotteet, jotka suunnitellaan aina kohdekohtaisesti hyväksyttäväksi. Uuden käyttökohteen rakennesuunnittelulla sekä purkutuotteiden laadunvarmistuksella on iso rooli tuotteen kelpoistamisessa. Verrattuna tehdastilassa valmistettuihin tilaustuotteisiin, purkutuotteilla ei ole selkeää valmistusta. Vanhojen materiaalien ominaisuudet saattavat muuttua alkuperäisestä, esim. betoni ja puu lujittuu ajan myötä. Suorituskyvyn osoittaminen tai uuden CE-merkinnän toteuttaminen voi olla siksi hankalaa.

Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö muissa kuin kantavissa rakenteissa voidaan toteuttaa tuotteistamisen kautta saattamalla tuote markkinoille. Uudelleenkäyttökohde voi olla sama tai eri kuin alkuperäinen käyttökohde, esimerkiksi aiemmin kantavassa rakenteessa käytettyjen tiilien hyödyntämistä uudelleen rakennuksen ulkoverhoilussa tai ikkunoiden hyödyntämistä sisätilojen väliseinä.

Rakennustyömaalla syntyy myös paljon jätettä purkutyömailla, korjaustyömailla ja uudiskohteen työmailla. Osa jätteistä on käyttökelpoista joko sellaisenaan tai kierrätyksen kautta, kuten betonimurskeet tai puhtaat sahatavarat (esim. muottipuut). Näille voisi luoda helpot ja kustannustehokkaat hyväksyntämenettelyt, jotta uudelleenkäytölle tai kierrätykselle löytyisi laajempi kiinnostus ja kysyntä.

Kehitysehdotus: Ohjauskeinoja tulee kehittää ja tuotehyväksyntää sujuvoittaa nykyisen lainsäädännön olosuhteissa.

- Viranomaisten tulee antaa tulkinnat tilanteista, joissa uudelleenkäytettävää rakennustuotetta ei koske EU:n rakennustuoteasetus eivätkä sen nojalla annetut yhdenmukaistetut standardit kuten tuotteen käyttäminen omassa toiminnassa. Jos yrityksen tai yhtymän sisällä tapahtuva materiaalivaihto voidaan luokitella omaksi käytöksi, se helpottaisi ainakin pilottihankkeiden toteuttamista.
- Viranomaisten tulee antaa ohjeistukset EU:n rakennustuoteasetuksen mukaisen tuotehyväksyntämenettelyn soveltamiseksi uudelleenkäytettäviin rakennusosiin:
 - Pitää määrittää kuka ottaa talouden toimijan roolin, kun uudelleenkäytettävät rakennusosat saatetaan uudelleen markkinoille joko sellaisenaan tai käsittelyn jälkeen. Tuotteen alkuperäinen valmistaja ei voi ottaa tietämättään vastuuta jonkin toisen tahon käynnistämästä prosessista, jossa jätteeksi välillä muuttunut tuote palautuu jälleen uutena tuotteena markkinoille. Uudelleenkäytettävistä rakennusosista vastaavia talouden toimijoita voivat olla purkuliike, rakennusliike, taho, joka vastaanottaa,

kunnostaa, varastoi tai myy uudelleenkäytettäviä rakennusosia, maahan-
tuoja tai jakelija.

- Viranomaisten tulee mahdollisuuksien mukaan antaa ohjeet siitä, miten talouden toimijat voivat osoittaa, että ennen CE-merkintävelvollisuutta markkinoille saatetun taikka kertaalleen CE-merkityn, puretun rakennustuotteen perusominaisuudet ovat pysyneet ennallaan, eikä tuotetta tarvitse uudelleen CE-merkitä. Rakennustuoteasetuksen revision odotetaan ottavan tähän kantaa.
 - Uudelleenkäytettävä rakennustuote jota ei ole aikaisemmin CE-merkitty, mutta joille nykyään löytyy harmonisoitu tuotestandardi, tai jos tuote on alun perin CE-merkitty eikä pystytä osoittamaan, että tuotteen perusominaisuudet ovat pysyneet ennallaan, voitaisiin CE-merkitään ainoastaan rakennustuoteasetuksen mukaisesti. Mutta ongelman muodostaa se, ettei tuotteen alkutestausta voida enää tehdä. Rakennustuoteasetuksen revision odotetaan ottavan tähän kantaa.
 - ETA menettelyä on käytetty uudelleenkäytettävien rakennusosien tuotehyväksynnässä. Tietoisuutta tästä menettelystä tulee kasvattaa alan toimijoiden keskuudessa.
- On laadittava kansallisen teknisen ja hyväksyntäprosessin **purettujen rakennusosien uudelleenkäyttöohje**. Ehdotettu ohje selventäisi purettujen rakennusosien uudelleenkäyttöä koskevat prosessit (kuvattu luvussa 4.9), tekniset vaatimukset, sekä roolit ja vastuujao.

Pidemmällä aikavälillä tavoitteena tulee olla uudelleenkäytettävien rakennusosien oman tuotehyväksyntämenettelyn kehittäminen, jotta uudelleenkäytettävien rakennusosien markkinat saadaan toimimaan.

- Kun puretut rakennusosat uudelleenkäytetään kantavassa rakenteessa, rakennuspaikkakohtaisen tuotehyväksynnän ilman CE-merkintää tulee olla riittävä, kunhan prosessin eri vaiheille ovat tarvittavat ohjeet kunnossa ja vastuut eri roolien välillä yhdessä sovittu.
- Muissa tapauksissa uudelleenkäytettävien rakennusosien turvallisuus ja terveellisyys on varmistettava ennen markkinoille saattamista, koska ne voivat päätyä omatoimisen rakentajan käsiin tai käytettäväksi ei-luvanvaraisissa kohteissa. Olemassa olevia tuotehyväksyntämenetelmiä, kuten hEN, ETA ja EAD sekä kansallisia tuotehyväksyntämenetelmiä, voidaan hyödyntää.

Näiden lisäksi on syytä harkita uuden ja ketterämmän tuotehyväksyntämenettelyn kehittämistä markkinavetoisemman toiminnan mahdollistamiseksi. Väylävirastossa vuonna 2020 käynnistetty uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointimenettely voisi

toimia esikuvana. Uusiomateriaalin teknisen soveltuvuuden arviointi Väyläviraston rakentamisessa on tilaajan vaatimus, ja se tehdään materiaalitoimittajan pyynnöstä. Materiaalitoimittaja vastaa muun muassa tarvittavien tutkimusten tekemisestä, aineiston kokoamisesta, tarvittavien ohjeiden laatimisesta ja soveltuvuuden osoittamisesta. Teknisen soveltuvuuden arviointi voidaan tehdä joko hankekohtaisesti tai yleisenä, jolloin se kattaa myös tulevat hankkeet.

Pitäisi tunnistaa myös hyödyntämisreitti, jossa vastuu materiaalin käytöstä/kelpoistamisesta jää käyttäjälle. Nykyiset varaosapankit vastaavat tätä.

- Uudelleenkäytettäville rakennusosille on kehitettävä oma laadunhallinnan ja -varmennuksen järjestelmä: Harmonisoiduissa standardeissa määritellään AVCP-luokituksen mukaisesti talouden toimijalle velvoitteita, joita sen tulee noudattaa säilyttääkseen rakennustuotteella tai -tuotejärjestelmällä CE-merkinnän. Uudelleenkäytettävien rakennusosien talouden toimijoille voidaan kehittää omat kontrollikeinot soveltaen jo olemassa olevaa arviointiperustetta ja siihen liittyvää AVCP-luokkaa.
- Rakennuspaikalla syntyville vähempiarvoisille rakennusosille tulee luoda helpot ja kustannustehokkaat hyväksyntämenettelyt, jotta uudelleenkäytölle tai kierrätykselle saadaan laajempi kiinnostus ja kysyntä. Yksi vaihtoehto on materiaalien hyödyntäminen jätteenä. Betonimurskeelle on jo luotu MARA-asetus, jonka mukaan tiettyjä jätteitä voidaan hyödyntää maanrakentamisessa kevennetyllä prosessilla, eli ilmoitusmenettelyllä ilman ympäristölupaa. MARA-asetuksen kaltainen menettelytapa on hyvä luoda muille jätelajeille ja käyttötarkoituksille.

5 Rakennusosien uudelleenkäyttö materiaalien teknisten ominaisuuksien näkökulmasta

Jukka Lahdensivu, Anssi Knuutila ja Markku Raimovaara

5.1 Betoni

Suomessa betonia on valmistettu ja käytetty rakentamisessa pitkään. Ensimmäinen suomalainen sementtitehdas perustettiin vuonna 1869, mutta varsinaisesti laajempi sementtituotanto on alkanut Paraisten (1914) ja Lohjan (1919) sementtitehtaiden valmistuttua (Penttala, 1991, s. 9). Talonrakentamiseen käytettäviä kantavia betonielementtirakenteita alettiin kokeilla Suomessa 1940- ja -50-luvuilla. Betonisilla valmisosilla eli elementeillä tarkoitetaan tehtaassa valmiiksi tehtyjä rakennusosia, jotka asennetaan paikalleen rakennustyömaalla. Tällaisia rakennusosia ovat muun muassa talonrakennukseen käytettävät ontelolaatat sekä runko- ja julkisivuelementit. Elementtiteollisuus kehittyi nopeasti 1960-luvulta lähtien ja elementtirakentaminen yleistyi asuinrakentamisessa, mutta myös teollisuus- ja toimistorakentamisessa. Keskeinen elementtirakentamista eteenpäin vievä tekijä oli BES-tutkimuksen valmistuminen vuonna 1969. Siinä määriteltiin täyselementtirakenteisen asuinkerrostalon betonielementtien suositusmitat ja liitostekniikat. Elementtirakentaminen nousi määrällisesti huippuunsa 1970-luvulla. Asuinkerrostalotuotanto perustuu edelleen BES-järjestelmään. (Hytönen & Seppänen 2009; BES 1969.)

Toimisto- ja teollisuusrakennuksissa elementeistä valmistetut rungot ovat tyypillisesti pilari-palkki-laatta -järjestelmään perustuvia. Näitä varten on kehitetty oma Runko-BES-järjestelmä 1970-luvulla. Järjestelmässä on annettu suositusmitat elementteinä valmistettaville pilareille, erilaisille palkeille ja näiden liitoksille. Toimistorakennuksissa välipohjina on yleisimmin käytetty ontelolaattoja, samoin teollisuusrakennusten välipohjissa. Teollisuusrakennusten suurta avointa sisätilaa varten järjestelmässä kehitettiin I- ja HI-palkkeja sekä yläpohjarakenteissa käytettäviä TT- ja HTT-laattoja. Näissä pitkien jännevälien rakenteissa käytettiin yleisesti esijännitystekniikkaa. (Hytönen & Seppänen 2009.)

Lähes kaikissa purettavissa rakennuksissa on betonia. Betonielementtejä on mahdollista käyttää uudelleen. Sen sijaan paikalla valetut betonirakenteet, kuten maanvaraiset laatat ja perustukset joudutaan yleensä murskaamaan ja toimittamaan betonijätteen kierrätykseen.

Betonirakenteen ikääntyminen

Betonin ikääntyessä sen puristuslujuus usein kasvaa, koska ilmankosteuden vaikutuksesta betonissa oleva hydratoitumaton sementti hydratoituu ja siten lisää betonin puristuslujuutta. Betoni karbonatoituu ilman hiilidioksidin vaikutuksesta, joka myös lisää osaltaan betonin puristuslujuutta sekä tiiviyyttä. Karbonatoituminen laskee betonin luontaisesti korkeaa alkalisuutta ja siten mahdollistaa korkeassa kosteusrasituksessa raudoitteiden korroosion käynnistymisen niissä raudoitteissa, jotka ovat karbonatoituneessa betonissa. Lämpimissä sisätiloissa olevissa rakenteissa korroosio ei etene, mutta ulkoilmassa olevissa rakenteissa korroosio yleensä etenee. Betonin kuivuessa se kutistuu. Suurin osa kuivumiskutistumisesta tapahtuu ensimmäisen kahden vuoden aikana.

Taivutettuun betonirakenteeseen (palkit ja laatat) voi muodostua halkeamia rakenteen kuormituksesta johtuen. Taivutushalkeamat sijaitsevat rakenteen vedetyssä pinnassa ja ovat tyypillisesti kapeita hiushalkeamia. Pitkäaikaisen kuormituksen seurauksena betonirakenteessa tapahtuu virumaa, joka lisää rakenteen taipumaa ja siten halkeamia ja halkeamaleveyksiä. Jännitetyissä betonirakenteissa (esim. ontelolaatat, I-palkit) betonin kutistuminen ja viruma aiheuttavat jänneteräksiin relaksaatiota, eli jännitysvoima pienenee, kun rakenne lyhenee.

Betonielementtien uudelleenkäyttö

Betonielementtien uudelleenkäyttö on suunniteltava hyvissä ajoin ennen rakennuskohteen purkamista. Ennen purkusuunnittelua kohteessa suoritetaan perusteellinen purkukatselmus, jossa selvitetään purettavan rakennuksen rakenteet, rakenteiden suunnittelukuormat, rakenteellinen toiminta mukaan lukien rakennuksen jäykistys sekä erilaisten purettavien elementtien määrät ja dimensiot. Pohjapiirroksiin merkitään elementit, joissa on joko työmaalla tehtyjä tai jo elementtitehtaalla tehtyjä reikiä ja aukkoja. Lisäksi tarkastetaan ja merkitään pohjapiirroksiin kaikki rakenteissa silmämääräisesti havaittavat vauriot.

Kuntotutkimukset

Rakenteellisella kuntotutkimuksella selvitetään, onko uudelleenkäytettävät rakennusosat toteutettu suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti ja vastaavatko niiden materiaaliominaisuudet uuden käyttötarkoituksen vaatimuksia rakenteen kantavuuden ja

paloturvallisuuden osalta. Kuntotutkimus kohdistetaan kaikkiin sellaisiin rakennusosiin, joille on suunniteltu uudelleenkäyttöä. Kuntotutkimus tulee tehdä sellaisessa laajuudessa, että rakennesuunnittelija voi luotettavasti käyttää tuloksia rakennesuunnittelun lähtötietoina. Betonin puristuslujuuden määrittäminen ensisijaisesti kimmovasarakokein standardien SFS-EN 12504-2:2013²⁴ Betonin testaus rakenteista. Osa 2: Rikkomaton aineenkoetus. Kimmoarvon määrittäminen kimmovasaralla ja SFS-EN 13791:2019²⁵ Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components mukaan. Puristuslujuuden arviointi tehdään julkaisun by 65 Betoninormit 2016 kohdan 5.2.3.3 Betonirakenteen lujuuden arviointi -mukaan. Mikäli kimmovasaratestauksessa esiintyy suurta hajontaa, tehdään puristuslujuuden testaus rakenteesta poratuista puristuslujuuslieriöistä laboratorioissa by 65 Betoninormit 2016 mukaan. Betonin puristuslujuus on selvittävä jokaisesta elementtityypistä erikseen.

Raudotteiden sijainti ja dimensiot on selvittävä kuntotutkimuksen yhteydessä peitepaksuusmittarilla ja tarvittaessa rakenneavauksin. Yksittäisiä mittaustuloksia tulee olla luokkaa 200 kpl jokaista raudoitetyyppiä kohti, jotta saadaan luotettava käsitys raudotteiden peitepaksuusjakaumasta.

Säärasituksille altistuneille betonirakenteille tehdään kuntotutkimus julkaisun by 42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2019 mukaan. Mahdolliset haitta-aineet tutkitaan kaikista purettavista rakennusosista erikseen tehtävän suunnitelman mukaan (Ks. luku 6).

Purkusuunnittelu ja purku

Purkusuunnittelussa otetaan huomioon rakennusosien uudelleenkäyttö. Liitokset pyritään purkamaan siten, että ne on mahdollista liittää uudelleen uudessa käyttökohteessa. Eri elementtien liitokset eroavat tässä suhteessa toisistaan paljon. Useat elementtipilarit ja -palkit on liitetty toisiinsa pulttiliitoksilla, jotka on suojattu joko juotosvalulla tai muulla tavoin. Tällöin juotosvalun piikkaaminen paljastaa liitososat, jotka voidaan avata ja irrottaa elementit paikoiltaan. Osa elementeistä on kiinnitetty hitsaamalla, jolloin hitsiliitoksen leikkaaminen auki mahdollistaa elementtien irrottamisen. Hankalimpia liitoksia ovat raudoitettut jälkivalut, joiden purkamiseen on monia eri tekniikoita. Useimmat niistä rikkovat liitososat.

²⁴ SFS-EN 12504-2:2013: Betonin testaus rakenteista. Osa 2: Rikkomaton aineenkoetus. Kimmoarvon määrittäminen kimmovasaralla

²⁵ SFS-EN 13791:2019: Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components

Keskeistä purkusuunnittelussa on purkamisen turvallinen toteutus. Purkusuunnitteluun kuuluu siten oleellisena osana turvallisten nostojen ja liitososien irrottamisen lisäksi elementtien purkutyönaikanen tukeminen sekä mahdollisten elementtien lisätukemisen suunnittelu, jotta nosto pois paikoiltaan on mahdollista.

Purkamisen yhteydessä tai välittömästi sen jälkeen kaikki puretut elementit tarkastetaan silmämääräisesti purkamisen ja nostojen yhteydessä syntyneen mahdollisen vaurioitumisen varalta. Ainoastaan ehjiä elementtejä voidaan käyttää uudelleen kantavana rakenteena.

Elementtien purkamisen ohessa purkutyömaalla syntyy sellaista purkujätettä, jota ei ole mahdollista käyttää sellaisenaan uudelleen. Tälle purkujätteelle osoitetaan purkusuunnitelmassa lajittelu ja kierrätyskäsitely.

Uuden käyttötarkoituksen asettamat tekniset vaatimukset

Uudelleenkäytettävät rakennusosat suunnitellaan uuden kohteen vaatimusten mukaan. Rakennesuunnittelu tehdään eurokoodin mukaisesti myös uudelleenkäytettäville kantaville ja osastoiville rakennusosille. Tarvittavat uudet liitososat ja nostoon tarvittavat suunnitelmat ja nosto-osat suunnitellaan tarpeen mukaan. Lisäksi tarvittaessa laaditaan koestusohjelma, jolla varmistetaan uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoisuudesta sekä uusista tarvittavista liitososista suunniteltuun uuteen käyttötarkoitukseen. Koestusohjelma laaditaan aina kohteen tarpeen mukaan.

5.2 Tiilet

Puhtaaksimuuratut julkisivut ovat olleet Suomessa harvinaisia aina 1920-luvulle saakka, koska kotimaisten tiilien laatu on ollut epätasainen ja yleisesti heikko. Vanhat puhtaaksimuuratut julkisivut ovat siten tuontitiilistä tehtyjä. Tyypillisesti vanhat muuratut julkisivut ovat edellä mainitusta syystä pinnoiltaan rapattuja. Rappausalustana on ollut yleisimmin poltettu savitiili. Myös kalkkiahiekkakivistä, kevytbetonista ja kevytsorabetonista muurattuja seiniä sekä betoniharkoista tai valamalla tehtyjä seiniä on käytetty rappausalustana. Myöhemmin kalkkiahiekkakiviä on käytetty myös puhtaaksimuurattuina julkisivuina. Muuratut julkisivut jaetaan rakenteelliselta toiminnaltaan kahteen ryhmään: massiivisiin tiilimuureihin ja kuorimuureihin. (by 75 Muuratun ja rapatun julkisivun kuntotutkimus 2021)

Massiivitiiliseinäarakenteiksi kutsutaan poltetuista tiilistä laastilla muurattuja kantavia tai ei-kantavia seinäarakenteita, joiden paksuus on vähintään 1,5 kiveä, eli 450 mm tai enemmän. Massiivista tiiliseinäarakennetta on käytetty yleisesti monikerroksisten

kivirakennusten ulkoseinä- ja runkomateriaalina 1200-luvulta aina 1950-luvun loppupuolelle saakka. Seinän paksuus on vaihdellut 1,5...2,5 kiven välillä riippuen sille kohdistuvista kuormista. Myös paksumpia seinärakenteita esiintyy erityisesti kirkkojen alimmissa kerroksissa. (Neuvonen et al., 2002, Lahdensivu, 2003)

Massiivitiiliseinäarakenteissa tiilien polttoaste vaihtelee erityisesti ennen 1800-luvun puoliväliä tehdyissä rakennuksissa. Massiivitiiliseinäarakenteissa tiilet ovat tyypillisesti ns. umpi-tiiliä. 1930-luvulla tiilimuurissa alettiin käyttää reikätiiliä sekä kennotiiliä. Tiilien koko on standardoitu kokoon 270x130x75 mm³ jo vuonna 1897, mutta standardikoko vakiintui vasta 1920-luvulla. Tiiliseinät on muurattu kalkkilaastilla ja 1920-luvulta lähtien kalkkisementtilaastilla. Puhtaaksimuuratuissa julkisivuissa värillinen saumalaasti on tehty jälki-saumauksena. (Lahti, 1960; Kuokkanen & Leiponen, 1981)

Tyypillisesti aukkojen ylityksissä on käytetty tiilien holvaamista, erilaisia rauta- tai teräs-palkkeja tai 1910-luvulta lähtien myös teräsbetonipalkkeja. Tiilien holvaamiseen liittyy aina kaaren tukireaktion vastapaino, mikä on tyypillisesti toteutettu rakenteen massiivisuudella tai erillisillä tukimuureilla, kuten uusgoottilaisissa kirkoissa on ollut tapana. (Lahdensivu, 2003)

Poltettuja tiiliä sekä kalkkihiekkakiviä on käytetty lukuisissa kohteissa julkisivuissa ja väliseinissä. Tiilien ja kalkkihiekkakivien ominaisuudet vaihtelevat huomattavan paljon, joten uudelleenkäyttö on suunniteltava ominaisuuksien perusteella. Muussa tapauksessa tiilet menevät kierrätykseen.

Tiilien ja kalkkihiekkakivien ikääntyminen

Poltettujen tiilien sekä kalkkihiekkakivien materiaaliominaisuudet eivät muutu valmistuksen jälkeen. Tiiliin ja kalkkihiekkakiviin voi tulla tiilen läpi meneviä halkeamia tai sisäistä säröilyä rakenteen kuormituksesta, pakkovoimista tai pakkasrapautumisesta johtuen.

Tiiliin ja kalkkihiekkakiviin on voinut kertyä kosteusrasituksessa erilaisia suoloja tyypillisesti muuraus- tai rappauslaastista. Poltettujen tiilien pinnoissa voi esiintyä halkeilua, joka ei jatku tiilen pintaa syvemmälle. Tämä on tyypillisesti esteettinen haitta, eikä vaikuta tiilen lujuusominaisuuksiin. Toinen esteettinen haitta on ns. ampuma, joka on seurausta tiilessä olevan rautapitoisen kiviaineksen paisumisesta kosteusrasituksessa.

Tiilien ja kalkkihiekkakivien uudelleenkäyttö

Tiilen ja kalkkihiekkakivien uudelleenkäyttö on suunniteltava hyvissä ajoin ennen rakennuskohteen purkamista. Ennen purkusunnittelua kohteessa suoritetaan perusteellinen purkukatselmus, jossa selvitetään purettavan rakennuksen muuratut rakenteet sekä

erilaisten purettavien tiilien ja kalkkihiekkakivien tyypit, määrät (seinä-m²) ja dimensiot. Pohjapiirroksiin merkitään uudelleenkäytettäväksi tarkoitetut tiilet sekä niiden mahdolliset pintakäsittelyt. Lisäksi tarkastetaan ja merkitään pohjapiirroksiin kaikki rakenteissa silmämääräisesti havaittavat vauriot.

Kuntotutkimukset

Kuntotutkimuksessa uudelleenkäytettäväksi tarkoitettujen tiilien suunnitelmien mukaisuus sekä materiaaliominaisuudet. Ulkokäyttöön tulevien tiilien ja kalkkihiekkakivien tulee olla pakkasenkestäviä, sisätiloissa käytettäviltä ei tätä vaadita. Kantavana tai osastoina rakenteena toimivalta tiiliseinältä vaaditaan kuormien kantavuutta sekä palonkestoa. Kuntotutkimus kohdistetaan sellaisiin tiiliseiniin, joille on suunniteltu uudelleenkäyttöä. Kuntotutkimus tulee tehdä sellaisessa laajuudessa, että rakennesuunnittelija voi luotettavasti käyttää tuloksia rakennesuunnittelun lähtötietoina.

Tiilien ja kalkkihiekkakivien puristuslujuus tutkitaan laboratoriossa standardin SFS-EN 772-1+A1²⁶ mukaan. Tiilien vedenimuominaisuudet tutkitaan standardin SFS-EN 772-11²⁷ mukaan ja pakkasenkestävyys tutkitaan standardin SFS-EN 772-3²⁸ mukaan. Tiilen pakkasenkestävyyttä voidaan arvioida myös ohuthietutkimuksessa VTT Research Notes 1624: Development of methods for assessing the frost resistance of clay bricks mukaan.

Säärasituksille altistuneille muuratuille rakenteille tehdään kuntotutkimus julkaisun by 75 Muuratun ja rapatun julkisivun kuntotutkimus 2021 mukaan. Mahdolliset haitta-aineet tutkitaan kaikista purettavista tiilistä ja kalkkihiekkakivistä erikseen tehtävän suunnitelman mukaan (Katso luku 6).

Purkusuunnittelu ja purku

Purkusuunnittelussa otetaan huomioon tiilien ja kalkkihiekkakivien uudelleenkäyttö. Reiälliset tiilet ovat tapittuneet laastin avulla tiukasti kiinni toisiinsa, kun umpitiilissä tartunta laastin ja tiilen välillä on vain laastin koheesiotartunta.

²⁶ SFS-EN 772-1+A1: Methods of test for masonry units. Part 1: Determination of compressive strength

²⁷ SFS-EN 772-11: Muuraukappaleiden testimenetelmiä. Osa 11: Betoniharkkojen, höyrykarkaistujen kevytbetoniharkkojen sekä keinokivi- ja luonnonkivimuuraukappaleiden kapillaarisen vedenimukyvyyn ja poltettujen tiilien vedenalkuimunopeuden määrittäminen

²⁸ SFS-EN 772-3: Muurattujen kappaleiden testimenetelmiä. Osa 3: Poltettujen tiilien netto-tilavuuden ja huokoisuuden määrittäminen hydrostaattisesti punnitsemalla

Keskeistä purkusuunnittelussa on purkamisen turvallinen toteutus. Purkusuunnitteluun kuuluu siten oleellisena osana rakenteiden purkutyön aikainen tukeminen sekä mahdollisen lisätukemisen suunnittelu, jotta tiiliseinän purkaminen on mahdollista.

Purkamisen yhteydessä tai välittömästi sen jälkeen kaikki puretut tiilet tarkastetaan silmä-määräisesti purkamisen ja käsittelyn yhteydessä syntyneen mahdollisen vaurioitumisen varalta. Ainoastaan ehjiä tiiliä ja kalkkihiekkakiviä voidaan käyttää uudelleen kantavana tai palo-osastoivana rakenteena.

Muurattujen seinien purkamisen ohessa purkutyömaalla syntyy sellaista purkujätettä, jota ei ole mahdollista käyttää sellaisenaan uudelleen. Tälle purkujätteelle osoitetaan purkusuunnitelmassa lajittelu ja kierrätyskäsittely.

Uuden käyttötarkoituksen asettamat tekniset ominaisuudet

Uudelleenkäytettävät rakennusosat suunnitellaan uuden kohteen vaatimusten mukaan. Rakennesuunnittelu tehdään eurokoodin mukaisesti myös uudelleenkäytettäville kantaville ja osastoiville rakennusosille. Tarvittavat uudet liitososat suunnitellaan tarpeen mukaan. Lisäksi tarvittaessa laaditaan koestusohjelma, jolla varmistetaan uudelleenkäytettävien tiilien ja kalkkihiekkakivien kelpoisuudesta suunniteltuun uuteen käyttötarkoitukseen. Koestusohjelma laaditaan aina kohteen tarpeen mukaan.

5.3 Puu: sahatavara, liimattu puu, kattoristikko

Puuta on käytetty rakentamisessa vuosituhansien ajan. Puu oli pääasiallinen rakennusmateriaali 1900-luvun alkuun saakka. Puurunkoisista taloista hirsirakentaminen oli yleisin rakennustekniikka hyvin pitkään. Hirsirakentamisessa yhtenä hyvänä puolena on hirsien hyvä uudelleenkäytettävyys. Sahaamalla työstetyt puurakenteet ovat täydentäneet hirsirakentamista. Sahat yleistyivät 1700-luvulla. Sahatavaran käyttökohteita olivat alkuun mm. julkisivulaudoitukset. Sahatavaran käyttö runkorakenteena alkoi yleistyä 1920-luvulta lähtien, jolloin sen edut olivat keveydessä verrattuma hirsirakentamiseen. Pitkien jännevälien ylittäviin mataliin puurakenteisiin kehitettiin liimaamalla sahatavarasta yhdistetty liimapuu. Liimapuuta alettiin käyttää rakentamisessa Suomessa 1958 (Suomen liimapuuyhdistys RY ja Puuinfo Oy, 2014, s. 19).

Kattorakenteissa kattoristikkoja on ollut käytössä jo hyvin pitkään. Sahatavarasta tehtiin kattoristikkoita naulaamalla 1950-luvun lopulta lähtien. Kattoristikkoja alettiin rakentamaan Suomessa sahatavarasta ja naulalevyistä (naulalevyristikko) teollisesti 1970-luvulla (Pirttiniemi 2020), jonka jälkeen se valtasi markkinan naulatuilta ristikoilta.

Näistä edellämainituista tarkastelu keskittyy tässä luvussa sahatavaran, liimapuun ja kattoristikoiden uudelleenkäyttöprosessin eri vaiheisiin.

Puun ikääntyminen

Tyypillisesti puu halkeilee ja vääntyilee kuivuessaan. Halkeamat ovat yleisesti puun syy-suuntaisia, joten ne eivät juuri vaikuta sahatavaran lujuusominaisuuksiin. Sen sijaan liimapuun ja kertopuun halkeilulla on vaikutuksia näistä tehtyjen palkkien kapasiteettiin. Puun ikääntyessä sen solurakenne muuttuu ligniinin kovettuessa. Tällä on vaikutusta mm. puun kosteuskäyttäytymiseen.

Puurakenteet viruvat kuormituksen alaisena. Viruman seurauksena taivutettuihin rakenteisiin (mm. palkit) jää pysyvää muodonmuutosta, eli taipumaa. Virumaa voi esiintyä myös naulalevyristikoissa.

Sahatavaran uudelleenkäyttö

Rakennuksesta purettua sahatavaraa voidaan uudelleenkäyttää rakentamisessa moneen eri tarkoitukseen. Rakennuksissa sahatavaraa eli tukista sahaamalla tehtyjä puutuotteita käytetään sekä kantaviin että kantamattomiin rakennusosiin.

Sahatavara on useimmiten uudelleenkäytettävissä varsinkin rakenteissa, joissa se toimii rakennuksen kantavaa runkoa täydentämässä. Sahatavaran uudelleenkäyttöä rajoittaa purettavan rakennuksen sahatavaran laatuvirheet, dimensiot ja puretussa sahatavarassa olevat kiinnikkeet kuten naulat. Puurakenteiden uudelleenkäytön mahdollisuuksia tarkastellen selvityksen mukaan varsinkin jälleenrakennuskauden puurankaisten pientalojen puurakenteiden uudelleen käyttöä eniten estää rakenteiden naulaisuus (Huuhka ym. 2018). Uudemmissa puurunkoisissa rakennuksissa naulojen määrä on vähäisempi. Sahatavaraa uudelleenkäytetään varsinkin osana siirrettäviksi suunniteltuja rakennuksia. Siirtekelteisissä rakennuksissa sahatavara on siirrettävässä rakennuksessa, tilaelementeissä tai rakenneosassa rakenteiden sisällä. Periaatteessa myös paikalla rakennettujen rankarakenteisten rakennusten purkaminen seinäelementteinä on mahdollista (Huuhka ym. 2018).

Sahatavaran kuntotutkimukset

Ennen purkua sahatavara on rakennuksen rakenteissa sisällä, minkä takia sahatavaran teknisen kunnon selvittäminen ennen purkua edellyttää rakenneavauksia. Sahatavaran teknisen kunnon, laatuvirheiden ja lujuusluokkien selvittäminen onnistuu parhaiten purkutöiden jälkeen. Purkutöitä edeltävissä kuntotutkimuksissa tulee selvittää mahdolliset kosteusvauriot ja niiden laajuus. Purkutöiden jälkeisessä tarkastelussa selvitetään laatuvirheet sahatavaran muodossa ja oksaisuudessa.

Sahatavaran purkusuunnittelu ja purku

Puurunkoisten rakennusten tavanomaisin purku tapahtuu koneilla, kuten esimerkiksi kaivinkoneella. Käsipurulla saataisiin suurempi osa puurunkoisten rakennusten sahatavaraa eroteltua ehjinä, mutta käsipurku on merkittävästi kalliimpaa kuin koneella tehtävä (Huuha ym. 2018). Purkujätteen hyödyntämisessä tulee huomioida myös purkutyön aikainen kosteudenhallinta.

Uuden käyttötarkoituksen asettamat tekniset ominaisuudet

Uudelleenkäytettäessä sahatavaraa kantavissa ja jäykistävässä rakenteissa sille kohdistuu vaatimuksia lujuuden ja vakauden näkökulmasta. Vaatimustason asettaa lujuuslaskelmissa rakennesuunnittelijan asettama lujuusluokka. Kantavissa rakennusosissa tulee käyttää lujuusluokiteltua sahatavaraa. Lujuusluokitellun sahatavaran CE-merkintä perustuu standardiin SFS-EN 14081-1:2016+ A1:2019²⁹. Puutavaran lujuuslajittelu perustuu joko visuaaliseen tai koneelliseen lujuuslajitteluun.

Sahatavaraan kohdistuu mittatarkkuusvaatimuksia sekä kuormia kantavissa rakenteissa että kuormia kantamattomissa rakenneosissa. Esimerkiksi sisäpinnan levytyksen kiinnitystaustana toimivilla puurakenteilla on käytännön syistä vaatimuksia.

Käyttökohteen kosteusolosuhteen määrittämän käyttöluokan (EN 335) perusteella sahatavaran lahonkestävyydellekin (EN 350-2) voi kohdistua vaatimuksia. Tämä voi asettaa vaatimuksia käytettävälle puulajille ja mahdollisesti myös modifioinnille tai kyllästämislle. Kuivissa sisätiloissa kaikkien puulajien luontainen kosteudenkestävyys on riittävä. Ulkona säältä suojatuissa rakenteissa sahatavara pintakäsittely on usein riittävä.

Paloturvallisuuden näkökulmasta puurakenteille voi kohdistua korkeampia palovaatimuksia, jos rakennuksen paloluokka on P1 tai P2. Puun paloluokka on automaattisesti D-s2 d1.

Energiatehokkuuden ja rakennuksen ääniympäristön näkökulmasta puulle materiaalina ei yleensä aseteta vaatimuksia.

Sahatavaran uudelleenkäyttö ja kelpoistaminen

Sahatavaran tekniset ominaisuudet eivät heikkene kunhan materiaali on ollut suojattuna kosteudelta ja kuormat eivät kantavuuden kannalta ole olleet liian suuret. Sahatavarassa voi lisäksi olla virumasta johtuvaa pysyvää muodonmuutosta.

²⁹ SFS-EN 14081-1:2016+ A1:2019: Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 1: General requirements

Esteet sille, että puutavara voidaan lujuusluokitella, ovat lahon esiintyminen ja isot hyön-
teisvauriot. Aikaisempien kiinnitysten, kuten ruuvien ja naulojen rei'ille ei standardissa
oteta kantaa.

Purkutuotteena tuleva sahatavara voi olla myös aikaisemmin lujuuslajiteltua, sillä CE-mer-
kintä tuli pakolliseksi vuonna 2013. Lujuuslajittelun yhteydessä sahatavarassa voi olla
CE-merkintä leima ja lujuusluokka. Standardin mukaisesti aikaisemmin hyväksytylle
CE-merkinnälle ei ole ns. ”parasta ennen” päiväystä. Tuotteen vaurioitumattomuudesta
aikaisemman käytön ja purkutyön aikana tulee tällöin varmistua (Katso kohta 5.1).

Paras uudelleenkäyttöpotentiaali on järeällä sahatavaralla. Pienempidimensioisten saha-
tavararan uudelleenkäyttö ei heikommista purettavuusominaisuuksista ja työkustannuksista
johtuen ole yhtä kannattavaa. Pienempidimensioisten sahatavara on paremmin hyödyn-
nettävissä isompien rakenneseosten, kuten tilaelementtien, osana. Tätä toteutetaan tälläkin
hetkellä siirtokelpoisten rakennusten uudelleenkäytön yhteydessä.

Sahatavara ei välttämättä ole puhdasta puuta, vaan se voi olla myöhemmin käsitelty tai
maalattu.

Liimapuun uudelleenkäyttö

Purettujen liimapuupalkkien ja -kaarien soveltuvin uusi käyttötarkoitus on sama
kuin alkuperäinen, eli kantava rakenne. Liimapuulle on harmonisoitu tuotestandardi
SFS EN 14080³⁰. Liimapuu on tehty joko lujuusluokitellusta sahatavasta tai sormijatketausta
sahatavarasta. Liimapuupalkeissa käytetään liimaa sekä sormijatkosten liimauksessa että
lamellien liimauksessa.

Purkumateriaalina olevan liimapuun lujuusluokka voi selvitä vanhoista rakenne-
suunnitelmista. Lisäksi lujuusluokka voi selvitä ainakin vuoden 2013 jälkeen valmis-
tettujen liimapuupalkkien CE-merkinnästä, jos merkintä on jäljellä. Lujuusluokka
voidaan arvioida tämän lisäksi visuaalisesti liimapuupalkin päällimmäisistä lamelleista.
Standardin SFS EN 14080 mukaan liimapuupalkin lujuusluokka voidaan arvioida lamellien
lujuusluokan mukaan tai täyden mittakaavan kokeiden perusteella.

30 SFS EN 14080: Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset

Käytön aikana liimapuupalkkien lujuusominaisuuksia heikentäviä tekijöitä ovat kosteusmuodonmuutoksista aiheutuneet halkeamat, lahoaminen ja ylikuormitus. Nämä vauriot ovat havaittavissa visuaalisen tarkastuksen perusteella. Liimapuupalkeissa voi olla myös haitallisessa määrin virumaa. Vanhat liimapuupalkit voivat olla pinnoitettuna kosteuskestävyyden, paloluokan tai esteettisen syyn takia.

Naulalevyristikojen uudelleenkäyttö

Naulalevyristikot ovat lujuuslajitellusta sahatavarasta naulalevyjen avulla yhdistettyjä tasomaisia rakenteita. Naulalevyristikoille on tuotestandardi EN 14250.

Vanhoissa naulalevyristikoissa voi esiintyä kosteuden aiheuttamia vaurioita liittyen naulalevyjen korroosioon tai puurakenteiden lahoamiseen. Naulalevyristikoinen todennäköisimmin uudelleenkäyttötarkoitus on toimiminen kantavana rakenteena. Naulalevyristikoiden siirroissa tai purkutyön yhteydessä voi tapahtua vaurioita.

Vanhojen naulalevyristikoiden mitoitus tiedot löytyvät mahdollisesti rakennesuunnitelmista. Uudemmat ristikot voivat olla CE-merkittyjä ja niiden mitoitus on voinut sisältyä CE-merkintään.

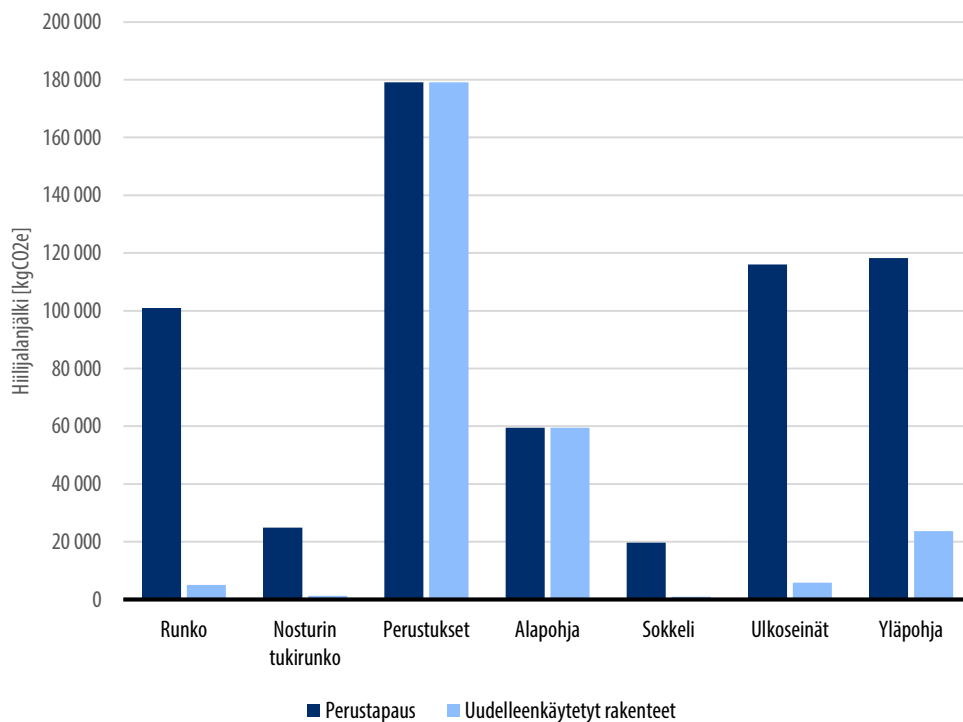
5.4 Metallit: Kantava teräsrunko

Teräsrakenteiset hallit ovat rungon osalta yleensä helposti siirrettävissä toiseen paikkaan. Tyypillisesti hallin runko koostuu teräspilareista sekä niihin tukeutuvista hitsatuista teräsristikoidista. Pilareiden kiinnitykset perustuksiin on toteutettu yleisesti pulttiliitoksien samoin kuin ristikoiden kiinnitys pilareihin. Teräsosien palosuojaus on toteutettu tyypillisimmin palosuojamaalauksella tai erilaisin koteloinnein, joten ne eivät yleensä estä teräsrakenteen purkamista ja uudelleenkäyttöä. Teräsrunkoisia halleja on Suomessa siirretty uuteen paikkaan useita. Esimerkiksi Tampereen Linnainmaalta siirrettiin yksikerroksinen teräsrunkoinen päivittäistavarakauppa vastaavaan tarkoitukseen Vesilahdelle. Rungon lisäksi vanhat betonielementtijulkisivut sekä yläpohjan kantava teräsprofiili sekä lämmöneristeet siirrettiin sellaisenaan uuteen kohteeseen. Purkujätettä syntyi ainoastaan vanhoista perustuksista ja bitumikermikatteesta sekä sen alla olevasta ohuesta mineraalivillakerroksesta.

Kuvassa 18 on laskentaesimerkki teollisuushallin rakennusosien uudelleenkäytön vaikutuksesta rakennuksen kokonaishiilijalanjälkeen. Kohde on 1000 m² teräsrunkoinen teollisuushalli, jossa on siltanosturi. Rakennus on paalutettu betonipaaluilla, joiden keskipituus on 20 m. Rakennuksessa on 200 mm paksuinen kantava alapohja. Uuden rakennuksen

sitoutunut päästö (A1-A5, C1-C4) on 618361 kg CO₂e. Uudelleenkäytettyjen rakennusosien ansiosta toiseen paikkaan siirretyn hallin hiilijalanjälki on 275254 kg CO₂e. Alkuperäiseen verrattuna vähennystä on 55 %.

Kuva 18. Teollisuushallin hiilijalanjälki [kg CO₂e] uusista ja uudelleenkäytetyistä rakennusosista tehtynä



Rungon, nosturiradan, sokkeli-elementtien ja ulkoseinien osalta uudelleenkäytön hiilijalanjälki on noin 5 % uuden vastaavan rakenteen hiilijalanjäljestä. Hiilijalanjälki muodostuu lähinnä työmaatoiminnoista sekä kuljetuksista (A4 ja A5). Yläpohjassa uusi vesikate ja sen alle tuleva uusi lämmöneristekerros lisäävät osaltaan yläpohjan hiilijalanjälkeä. Sen sijaan betonirakenteinen alapohja sekä perustukset paalutuksineen on tehtävä kokonaan uudelleen uudelle pystytyspaikalle, joten niiden osalta uudelleenkäyttö ei ole mahdollista.

Kohdassa 3.1.3 on lyhyesti esitelty esimerkkitapahtumana Helsingin Merihallin purku. Noin 33 500 m² kokoisen Merihallin purku tehtiin 2018–2019. Samaan aikaan Kestobeton Oy suunnitteli tuotantolaitoksensa laajennusta Lahdessa. Sen rakennussuunnitelmia oli ehditty jo pitkälle tehdä perustuen uusien teräsrakennusosien käyttöön, kunnes purkurakoitsijan (Purkupiha Oy) kautta tuli tietoa Merihallin purkukohteesta. Nopeasti kävi ilmi, että Merihallista oli saatavilla teräsoasia, jotka vastasivat kokonsa puolesta hyvin

betonituotetehtaan mittoja. Purkupihan asiakkaista Kestobetoni Oy löysi Merihallista betonielementtitehtaaseensa teräsrunгон pilarit, palkit, kattotuolit, nosturiradat ja viisi siltanosturia, joihin uusittiin koneistot. Rakenteiden pinta-alasta toimitettiin Kestobetonille merkittävä määrä – noin neljännes.

Merihallin teräsosien laatua ja mittoja ryhdyttiin selvittämään, ja siihen kului kaikkiaan aikaa noin kuukausi. Kaikki teräsosat tarkastettiin silmämääräisesti, dimensiot mitattiin, teräslaadut selvitettiin ja dokumentoitiin sekä uudelleenkäytettävät teräsosat varustettiin merkinnöillä. Pulttiliitokset pystytettiin irrottamaan ja hitsatut liitokset timanttileikattiin. Esimerkiksi teräspilarien kiinnitys betonianturoihin (pulttikaavio) dokumentoitiin tarkkaan ja täsmälleen sama pulttiliitos toteutettiin uudessa kohteessa. Helpottavana seikkana oli se, että paloluokka pysyi samana.

Perustuen purkukohteessa tehtyihin selvityksiin rakennesuunnittelija laati laskelmat ja rakennesuunnitelmat Kestobetonin tuotantolaitoksesta perustuen Merihallin rakennesosien uudelleenkäyttöön. Näillä suunnitelmilla tuotantolaitokselle haettiin rakennuslupaa ja rakennuspaikkakohtaisena ratkaisuna rakennusvalvonta hyväksyi suunnitelmat.

Teräsrakenteiden osalta on tärkeää selvittää onko niiden osalta tapahtunut korroosiota tai plastisoitumista. Plastisoitumista voi aiheuttaa esimerkiksi maanjärjestykset tai kohteessa mahdollisesti tapahtuneet tulipalot.

Teräksen ikääntyminen

Teräs on materiaalina hyvin stabiili ja lujuusopilliselta käyttäytymiseltään lähellä ideaalimateriaalia, joten sen ominaisuudet eivät muutu ajan kuluessa tai kuormituksen alaisena. Teräsrakenne voi vaurioitua korroosion seurauksena tai liitososien väsymisen seurauksena.

6 Rakennusosien uudelleenkäytön terveellisyys ja turvallisuus sisäympäristöissä

Katja Tähtinen, Selma Mahiout, Tiina Rantio, Päivi Isokääntä ja Tiina Santonen

6.1 Tarkasteltavat asiat

Uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -materiaalien terveellisyyden arvioinnissa keskityttiin selvittämään ja arvioimaan keskeisten tiedossa olevien kemiallisten ja mikrobiologisten tekijöiden esiintymistä rakennusosien ja materiaalien uudelleenkäytössä sekä niiden mahdollista esiintymistä ja vaikutusta sisäympäristöissä. Lisäksi tarkasteltiin kemiallisten ja mikrobiologisten tekijöiden mahdollisia haitallisia vaikutuksia tilojen käyttäjien terveyteen ja turvallisuuteen. Tarkastelussa otettiin huomioon haitta-aineet ja epäpuhtaudet.

Uudelleenkäytettävien purkumateriaalien tai rakennusosien tarkastelussa otettiin huomioon:

- Yleisesti materiaalin sisältämät ja mahdollisissa pinnoitteissa, pintakäsittelyaineissa tai muutoin rakennusosassa esiintyvät haitalliset aineet ja epäpuhtaudet.
- Kemiallisten tekijöiden ja mahdollisissa pinnoitteissa, pintakäsittelyaineissa tai muutoin rakennusosassa esiintyvien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien aiheuttamaa terveydellistä haittaa uudelleenkäytössä sisäympäristöissä:
 - kemikaalilainsäädännön velvoitteet ja mahdolliset rajoitukset
 - rakennusosan ja sen materiaalien sijainti rakennuksessa sekä yhteys sisäilmaan
 - tunnetut toksikologiset vaikutukset
 - olennaiset terveysperusteiset raja-arvot
 - muu lainsäädäntö.

Tarkasteltaviksi materiaaleiksi on tässä hankkeessa valittu taulukon 1 mukaisesti betonielementti, puu, tiili, teräs, eristeet ja muovit. Siten tässä hankkeessa keskitytään vain valittujen materiaalien valmistus- ja raaka-aineiden, mahdollisten apuaineiden sekä rakennusosassa esiintyvien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien tarkasteluun.

Tarkastelun ulkopuolelle jäävät esimerkiksi erilaiset biopohjaiset eristeet ja puupohjaisista rakennusmateriaaleista vanerit ja lastulevyt.

Taulukko 1. Tarkasteltavat uudelleenkäytettävät rakennusosat ja materiaalit ovat betonielementti, puu, tiili, teräs ja eristeet sekä muovit.

Betonielementti	Puu	Tiili	Teräs	Eristeet ja muovit
Ontelolaatta, TT- ja HTT-laatta, I- ja HI- palkki, väliseinäelementti	Sahatavara	Poltettu tiili	Rakenneteräs	EPS
	Liimapuu	Kalkkihiekkakivi	Ohutlevy	XPS
			Pelti-villa-pelti-rakenne	PIR
				PUR

Tässä hankkeessa on tarkasteltu uudelleen käytettävien rakennusosien ja -materiaalien terveellisyyttä sisäympäristöjen käyttäjien altistumisen näkökulmasta. Tarkastelun ulkopuolelle jäävät purettavien materiaalien mahdollisesti sisältämien haitallisten aineiden aiheuttamien terveysriskien arviointi rakennusten purkutyössä sekä rakennusmateriaalien kierrätyksessä ja loppusijoituksessa. On syytä ottaa huomioon, että erityisesti purku- ja kierrätystyössä altistumispotentiali voi olla huomattava, erityisesti pölyävien työväihteiden osalta. Aihepiiriä on selvitetty vuonna 2019 valmistuneessa VNTEAS-hankkeessa Kestävä ja turvallinen kiertotalous (SIRKKU-hanke), jossa identifioitiin jatkotutkimustarpeita (Kauppi ym., 2019). Hankkeen johtopäätösten mukaan tietoa puuttuu erityisesti terveydelle haitallisille aineille altistumisen luonteesta ja suuruudesta materiaalien kierrätystyössä. Tähän liittyen on parhaillaan käynnissä (2021) tutkimushankkeita^{31,32}. Aiemmin PUTUSA-hankkeessa on selvitetty pölynhallintaa korjausrakentamisessa (Kokkonen ym., 2013).

31 Kvartsialtistuminen ja sen hallinta rakentamisessa, hanketiedot: <https://www.tsr.fi/hankkeet-ja-tutkimustieto/kvartsialtistuminen-ja-sen-hallinta-rakentamisessa/>

32 Työperäinen haitta-ainealtistuminen kiertotaloudessa, hanketiedot: <https://www.tsr.fi/hankkeet-ja-tutkimustieto/tyoperainen-haitta-ainealtistuminen-kiertotaloudessa/>

6.2 Terveysriskien arviointi

Uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -materiaalien terveellisyyteen liittyen huolenaiheena ovat erityisesti sellaiset terveydelle tunnetusti vaaralliset aineet, joiden käyttö on nykyään kiellettyä tai rajoitettua, mutta joita esiintyy vanhemmissa, mahdollisesti uudelleenkäyttöön suunnitelluissa rakennusmateriaaleissa (kuten esimerkiksi asbesti ja POP-yhdisteet).

Uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -materiaalien sisältämien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien mahdollisesti aiheuttamiin terveysriskeihin vaikuttavat useat seikat kuten:

- mitä haitta-aineita materiaaleissa esiintyy ja kuinka paljon
- millaisia niiden terveydelle haitalliset ominaisuudet (terveysvaarat) ovat
- millaisilla altistumistasoilla terveydelle haitallisia vaikutuksia esiintyy sekä
- voidaanko näille aineille altistua uudelleenkäytettyjen materiaalien välityksellä.

Jos altistuminen ei ole mahdollista, esimerkiksi koska terveydelle vaarallinen aine ei ole haihtuvaa eikä sen kanssa jouduta kontaktiin, myöskään terveysriskiä ei ole. Uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -materiaalien terveellisyys ja turvallisuus riippuu siis hyvin pitkälti kahdesta asiasta: 1) minkälaisia ja kuinka suuria määriä terveydelle haitallisia aineita ne voivat sisältää ja 2) minkälaiseen uudelleenkäyttöön ja rakenneratkaisuun tai sen osaan uudelleenkäytettävät materiaalit päätyvät.

Haihtuvien aineiden osalta todennäköisin altistumisreitti on hengitysilman välityksellä siinä tapauksessa, että materiaaleista on sisäilmayhteys sisätiloihin. Myös muiden kuin haihtuvien aineiden kanssa voidaan joutua kosketuksiin esimerkiksi sisäpintojen materiaaleja työstämällä (hionta, poraus) tai talousveden välityksellä (käyttövesiputket).

6.3 Lainsäädäntö ja muu sääntely

Lainsäädännöllä säädellään uusien rakennusmateriaalien sallittua koostumusta sekä sisäympäristöjen sallittuja olosuhteita myös terveellisyyden näkökulmasta. Lisäksi uusien rakennusmateriaalien päästöille on olemassa suosituksia. Purkumateriaalien uudelleenkäyttöä koskevaa erillistä sääntelyä ei ole olemassa.

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan ”Rakentamisessa on käytettävä tuotteita, joista ei niiden suunnitellun käyttöiän aikana aiheudu sisäilmaan, talousveteen eikä ympäristöön sellaisia päästöjä, joita ei voida pitää hyväksyttävänä. Rakennuksen järjestelmien ja laitteistojen on sovelluttava tarkoitukseensa ja ylläpidettävä terveellisiä olosuhteita.” (Maankäyttö- ja rakennuslaki 117 c §.)

EU:n rakennustuoteasetuksen (EU 305/2011) liitteessä I on lueteltu rakennuskohteen perusvaatimukset, joista yksi liittyy hygieniaan, terveyteen ja ympäristöön. Rakennustuoteasetuksen mukaan: ”Rakennuskohde on suunniteltava ja rakennettava siten, että siitä ei sen elinkaaren aikana aiheudu rakentajille, käyttäjille tai naapureille hygienia-, terveys- tai turvallisuusriskejä eikä sillä ole koko elinkaarensa aikana liiallisen suurta vaikutusta ympäristön laatuun tai ilmastoon sen rakentamisen, käytön ja purkamisen aikana.” Rakennustuoteasetus perusvaatimusten tietoineen käsittää vain uudet rakennustuotteet, jotka valmistaja/toimija saattaa markkinoille.

Terveydelle ja tai ympäristölle vaarallisten aineiden käyttöä uusissa rakennusmateriaaleissa voidaan rajoittaa, asettaa luvanvaraiseksi tai käyttö kieltää kokonaan EU:n kemikaalilainsäädännön (REACH-asetus, EY N:o 1907/ 2006) ja POP-asetuksen (EU N:o 2019/1021) nojalla.

REACH-asetus koskee kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyä ja rajoituksia, ja sitä sovelletaan tietyin poikkeuksin EU-markkinoilla olevien aineiden valmistukseen, markkinoille saattamiseen ja käyttöön. Asetuksen tavoitteena on ”varmistaa korkeatasoinen ihmisten terveyden ja ympäristön suojelu, mukaan lukien vaihtoehtoisten keinojen edistäminen aineiden vaarojen arvioimiseksi, sekä aineiden vapaa liikkuvuus sisämarkkinoilla samalla kilpailukykyä ja innovointia edistäen” (REACH-asetus, 1 §). REACH-asetuksen perusteella voidaan kieltää aineen käyttö, rajoittaa sitä tai asettaa aineen käyttö luvanvaraiseksi silloin, kun sen aiheuttamien terveys- tai ympäristöriskien ei katsota olevan hallinnassa.

Ajantasaiset listaukset luvanvaraisista aineista, kielloista ja rajoituksista löytyvät REACH-asetuksen liitteistä XIV ja XVII sekä Euroopan kemikaaliviraston sivuilta. Lisäksi REACH:in nojalla voidaan tunnistaa aineita erityistä huolta aiheuttaviksi (SVHC, substances of very high concern), jolloin ne lisätään niin kutsutulle kandidaattilistalle REACH-asetuksen 59 artiklan 10. kohdan mukaisesti. SVHC-aineet aiheuttavat yrityksille erilaisia velvollisuuksia, kuten velvollisuuden toimittaa käyttöturvallisuustiedote ja velvollisuus toimittaa Euroopan kemikaaliviraston SCIP-tietokantaan (Substances of Concern In articles as such or in complex objects (Products)) tietoja esineistä, jotka sisältävät SVHC-aineita. Aine voidaan myös siirtää kandidaattilistalta luvanvaraiseksi aineeksi. (Tukes, 2021.)

Rakennusmateriaaleihin liittyen REACH-asetus koskee niiden sisältämiä aineita sellaisenaan. Lisäksi itse materiaalien osalta REACH-asetusta sovelletaan liittyen aineisiin esi-neissä silloin, kun materiaalin sisältämä aine on erityistä huolta aiheuttava (SVHC), luvanvarainen tai sille on asetettu rajoitus. REACH-asetuksen mukaiset velvoitteet eivät koske jätelainsäädännön mukaista jätettä. Jos kuitenkin jätettä hyödyntämällä valmistetaan uusi tuote eikä se enää ole jätelainsäädännön mukaisesti jätettä (jätelaki 646/2011, 5 §), uudelleenkäytetty aine tai esine tulee jälleen REACH-asetuksen piiriin. Tällaista uusiomateriaalia ei tarvitse rekisteröidä REACH-asetuksen mukaisesti, jos aine on sama kuin aikaisemmin rekisteröity ja sitä hyödyntävällä yrityksellä on käytettävissään aiemmin rekisteröidyn aineen käyttöturvallisuustiedote tai REACH-asetuksen 32. artiklassa vaaditut tiedot. Muilta osin sovelletaan kuitenkin REACH-asetusta. (Tukes, 2021.)

POP-asetukseen on sisällytetty YK:n alaisen Tukholman yleissopimuksen sekä UNECE:n POP-pöytäkirjan velvoitteet koskien pysyviä orgaanisia yhdisteitä (POP, persistent organic pollutants). POP-yhdisteet ovat kaukukulkeutuvia ja erittäin pysyviä, myrkyllisiä ja eliöihin kertyviä yhdisteitä. Ne säilyvät myös ympäristössä hyvin pitkään, kertyvät tyypillisesti ravintoketjussa ja ovat terveydelle tai ympäristölle haitallisia. Yhdisteiden myrkyllisyys vaihtelee yhdisteen rakenteen mukaisesti. POP-asetuksen nojalla on joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta kielletty sellaiset jätteiden loppukäsittely- ja hyödyntämistoimet, jotka saattavat johtaa asetuksessa mainittujen aineiden hyödyntämiseen, kierrätykseen, talteenottoon tai uudelleenkäyttöön. POP-asetus ei kuitenkaan rajoita tuotteiden uudelleen-käyttöä. POP-asetuksen soveltamisalaan kuuluvien aineiden ja niitä sisältävien tuotteiden markkinoille saattaminen on pääsääntöisesti kielletty, ellei kyse ole tahattomasta vieras-ainejäämästä. (Kauppi ym. 2019.)

Haitallisten aineiden käyttöä rajoittavan lainsäädännön lisäksi on olemassa erilaisia sisäympäristöjen raja, ohje- ja toimenpidearvoja, jotka koskevat monia olemassa olevan rakennuksen sisäilmassa esiintyviä kemiallisia yhdisteitä ja materiaaleissa esiintyviä mikrobiologisia epäpuhtauksia. Näitä ovat muun muassa Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa, asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015 (asumisterveysasetus 545/2015), asumisterveysasetuksen toimenpiderajat (asumisterveysasetus 545/2015), Euroopan unionin EU-LCI-ohjeavot (LCI, Lowest Concentration of Interest; EU-LCI Working Group 2020), saksalaiset sisäilman RW I ja II-ohjeavot (RW, Richtwerte; Umweltbundesamt 2021) ja WHO:n sisäilman laatua koskevat suositukset (WHO 2010). Osa tällaisista arvoista on terveysperusteisia ja tarkoitettu suojaamaan rakennuksen ja tilojen käyttäjiä sisäympäristön haitallisilta terveysvaikutuksilta. Osa edustaa esimerkiksi tavanomaisia pitoisuustasoja, joita voidaan käyttää viitearvoina verrattaessa mittaustuloksiin. Sekä terveysperusteiset että muut arvot voivat olla joko ohjeellisia tai sitovia, jolloin arvon ylittyessä on ryhdyttävä jonkinlaisiin toimenpiteisiin.

EU-LCI-arvoja lukuun ottamatta sisäilmaa koskevat raja- tai toimenpidearvot eivät kuitenkaan koske rakennusmateriaaleja vaan sisäympäristöjä, eikä niitä siten voida käyttää rakennusmateriaalien päästöjen arviointiin. EU-LCI-arvot taas on laadittu juuri rakennustuotteiden tuoteturvallisuusarviointeihin ja ne ovat terveysperusteisia. Siten EU-LCI-arvot soveltuvat hyvin uusien rakennusmateriaalien terveysriskien arviointiin liittyen hengitystiealtistumiseen. Niitä voitaisiin soveltaa myös uudelleenkäytettävien purkumateriaalien terveellisyyden arviointiin, mutta käytännössä tämä ei liene mahdollista, sillä EU-LCI-arvot on tarkoitettu rakennusmateriaalien päästöjen arvioimiseen koeolosuhteissa.

Suomessa on lisäksi kansallinen M1-luokitus rakennusmateriaalien ja sisustustuotteiden päästöille. M1-luokituksen vaatimukset eivät kuitenkaan ole pelkästään terveysperusteisia, vaan näiden raja-arvojen tavoitteena on kaiken kaikkiaan tuotteiden vähäpäästöisyyden ja hajuttomuuden edistäminen.

6.4 Rakennusmateriaaleissa esiintyviä haitta-aineita ja epäpuhtauksia sekä niiden selvittäminen

Haitta-aineita voi esiintyä rakennusmateriaaleissa muun muassa niiden pinnoitteissa, laasteissa, liimoissa, vedeneristeissä, palonsuoja-aineissa ja puun kyllästeaineissa. Rakennusmateriaaleissa mahdollisten haitta-aineiden esiintyminen riippuu materiaalivalinnoista, jotka ovat riippuvaisia halutuista ja tai vaadituista teknisistä ominaisuuksista sekä näissä materiaalissa käytetyistä raaka- ja lisäaineista. Rakennusmateriaalien kierrätyksessä täytyy ottaa huomioon erityisesti mahdolliset vanhemmissa materiaaleissa esiintyvät yhdisteet, joiden käyttö ei enää ole sallittua. Haitta-aineiden esiintymiseen rakennusmateriaaleissa ja rakennuksessa vaikuttavat rakennuksen rakentamisajankohta ja materiaalien käytön ajan-kohta (Taulukko 2.).

Eri vuosikymmeninä käytetyissä rakennusmateriaaleissa ja tarvikkeissa voi esiintyä erilaisia haitta-aineita (Taulukko 2.), joiden esiintymistä rakennuksessa ja materiaaleissa tulee selvittää haitta-ainetutkimuksen ohjekortin (RT 18-11245, 2016) mukaisesti. Vaikka haitta-aineiden käyttö ja esiintyminen rakennusmateriaaleissa on monin osin jo kielletty ja haitta-aineita sisältävien tuotteiden käyttöä on rajoitettu, on otettava huomioon, että jo olemassa olevan rakennuskannan rakennusmateriaaleissa haitta-aineet poistuvat yleensä vasta erilaisten rakennukseen ja rakennusmateriaaleihin liittyvien korjausten ja materiaalien uusimisen yhteydessä, ja silloinkin mahdollisesti vain osittain. Haitta-ainetutkimuksen (RT 18-11245, 2016) ohjeistus on tarkoitettu pääasiassa rakennuksen purkuvaiheeseen, purkutyöntekijöiden altistumisen estämiseksi, ja materiaalien jatkosijoittamisen (jätteen lajittelu ja käsittely sekä sijoittaminen) näkökohdista.

Taulukko 2. Tähän hankkeeseen valittujen rakennusosien ja -materiaalien (betonielementti, teräs, puu ja tiili) pinnoitteissa, kiinnitys- ja tasoituslaasteissa, vedeneristeissä, palonsuojakäsittelyissä ja väriaineissa mahdollisesti esiintyviä haitta-aineita ja niiden tyypillisimpiä käyttöajankohtia.

Haitta-aine	Materiaali tai rakenne ja todennäköisin aikakausi jolloin sitä on voitu yleisesti käyttää
Asbesti	Lattia ja seinätasoitteet (antofyliitti) 1950–1970-luku Lattiapäällysteet (krysotiili) 19570–1988 Lattiapäällysteet märkätiloissa (krysotiili) 1970-luku Muovitapetit märkätiloissa (krysotiili) 1970-luku Sisätilojen päällysteiden bitumiöljyliimat (antofyliitti tai krysotiili) 1950–1960-luku Keraamisten laattojen kiinnityslaastit (antofyliitti) 1960–1970-luku Julkisivumaalit (krysotiili) 1960–1988 Vedeneristeet/bitumiliuokset (krysotiili) 1927–1986 Palonsuojaruiskutus (krokidoliitti, amosiitti) 1939–1977
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet)	Kivihiilitervavalmisteet, puumateriaalien kyllästysaineet, bitumituotteet 1990-luvulle asti
Polyklooratut bifenyylit (PCB-yhdisteet)	Saumasmassat, tiivistysmassat vuoteen 1989 asti Lämpölasit 1960–1977 Korroosionestomaalit
Metalliyhdisteet	Saumasmassat (lyijyä) vuoteen 1989 asti Korroosionestomaalit (lyijyä 1990-luvulle asti) Väriaineet

Haitta-aineiden ja epäpuhtauksien tunnistaminen ja todentaminen erilaisissa rakennusmateriaaleissa on erityisen tärkeää rakennuspurku- ja jätteenkäsittely- sekä kierrätysprosessien työntekijöiden altistumisen ehkäisemisen kannalta. Olennaista on ottaa huomioon myös haitta-aineita sisältävien materiaalien jatkokäsittely, varastointi ja sijoittaminen sekä uudelleenkäytön mahdollisuus.

Suomen lainsäädäntö velvoittaa tekemään asbestikartoituksen ennen vuotta 1994 rakennetuissa rakennuksissa sekä tutkimaan rakennusten haitta-aineet rakennusten purku- ja peruskorjauksia suunniteltaessa ja toteutettaessa (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 7 ja 8 §). Purkuhankkeeseen ryhtyvän tulee selvittää asbestin ja

haitta-aineiden lisäksi myös epäpuhtauksien (esimerkiksi mikrobiologiset tekijät) esiintyminen purettavassa kohteessa, vaikka niiden tutkimisesta ja poistamisesta ei ole kohdennettua haitta-ainekohtaista lainsäädäntöä (Lehtonen, 2019).

Rakennuksessa, rakenteissa ja materiaaleissa esiintyvien epäpuhtauksien tutkimuksissa noudatetaan ympäristöministeriön opasta ”Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus” (Pitkäranta (toim.), 2016). Oppaassa on ohjeet rakennusten kosteus- ja homevaurioiden ja sisäilmaongelmaisten rakennusten kuntotutkimusten suunnittelusta, tekemisestä ja tutkimustulosten analysoinnista. Lisäksi asumisterveysasetus 545/2015 ja sen soveltamisohjeet (Valvira, 2016) koskevat asuin- ja julkisten rakennusten sisäympäristöolosuhteiden tutkimista, arviointia, näytteenottoa ja tulosten tulkintaa. Kaikki edellä mainitut ohjeet ja asetus koskevat olemassa olevaa rakennusta ja sen sisäympäristöolosuhteiden tutkimista ja arviointia. Uudelleenkäytettävien purkumateriaalien epäpuhtauksien tutkimiseen ja arviointiin ei näin ollen ole omaa ohjetta ja tutkimustulosten tulkintaohjetta.

6.4.1 Haitta-ainetutkimuksessa selvitettävät aineet ja niiden terveysriskit

Tähän hankkeeseen valituista materiaaleista selvitettävät aineet ovat haitta-ainetutkimuksen ohjeistuksen (RT 18-11245, 2016) mukaan:

- metallit
- PCB-yhdisteet
- PAH-yhdisteet
- asbesti
- öljyhiilivedyt
- kyllästeet.

Vuosikymmenten saatossa muun muassa maaleissa on käytetty eri metalliyhdisteitä pigmentteinä, korroosionestoon, biosideina ja kuivikkeina (Taulukko 2.) (Nuopponen, 2015; Kauppi, 2017). Aiemman selvityksen (Nuopponen, 2015) mukaan Suomessa käytössä olleet maalit ovat sisältäneet yhteensä 63:ta terveydelle vaaralliseksi luokiteltua metalliyhdistettä, muun muassa alumiinia, antimonina, arseenia, elohopeaa, kadmiumia, kobolttia, kromia, kuparia, lyijyä, mangaania, molybdeenia, rautaa, seleeniä, sinkkiä tai tinaa.

Näiden haitalliset terveysvaikutukset riippuvat kyseessä olevasta yhdisteestä sekä altistumisen suuruudesta, altistumisreitistä ja altistumisajan pituudesta, joissakin tapauksissa myös kehitysvaiheesta altistumisen ajankohtana (lapsi versus aikuinen). Tyypillisesti tilojen käyttäjät voivat altistua niille sisäympäristöissä lähinnä metalleja sisältävien materiaalien

työstön yhteydessä, esimerkiksi hionta-, sahaus tai poraustyössä ihon, hengitysteiden tai ruuansulatuskanavan kautta. Valtaosa näistä metalleista ei aiheuta terveysriskiä mikäli niitä ei pääse leviämään sisäympäristöön pölynä työstön yhteydessä.

Osa näistä metalleista, erityisesti lyijy ja kadmium, ovat kuitenkin sellaisia, jotka altistavat myös käsikontaktin kautta, jos niitä esiintyy sisäpinnoilla. Lyijymaalit ovatkin olleet monissa maissa merkittävä lasten altistumislähde käsistä suuhun tapahtuvan altistumisreitien kautta. Useita metalliyhdisteitä säädelään REACH-asetuksen nojalla. Esimerkiksi kuudenarvoiset kromiyhdisteet ovat luvanvaraisia ja monille metalleille on spesifisiä kieltoja ja rajoituksia, kuten lyijymaaleja koskeva rajoitus ja arseeniyhdisteillä käsitellyn puun markkinoille saattamisesta annettu rajoitus.

PCB-yhdisteet eli polyklooratut bifenyylit ovat kloorausasteeltaan vaihtelevia POP-yhdisteitä. Ne ovat olleet laajassa käytössä rakennusmateriaaleissa, muun muassa elementtien saumausmassoissa, rakenteiden tiivisteissä, maaleissa, lakoissa, liimoissa ja laasteissa sekä betonissa vuodesta 1929 lähtien vuoteen 1990, jolloin niiden käyttö kiellettiin (Haukijärvi 2001; Priha ym. 2005; Robsom ym. 2010; Kauppi ym., 2019).

Sisäympäristöissä PCB-yhdisteille voidaan altistua ihon, hengitysteiden ja ruuansulatuskanavan kautta lähinnä materiaalien työstön yhteydessä, sillä ne eivät ole kovin haihtuvia. Pääasiassa PCB-yhdisteille altistutaan kuitenkin ravinnon kautta, Suomessa erityisesti rasvaisen Itämeren kalan välityksellä. PCB-yhdisteillä on nykytiedon valossa haitallisia terveysvaikutuksia lähinnä pitkäaikaisen altistumisen seurauksena. Ne saattavat muun muassa häiritä immuunijärjestelmän toimintaa ja aiheuttaa kehityshäiriöitä. PCB-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu POP-asetuksen nojalla.

PAH-yhdisteitä eli polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä muodostuu orgaanisen materiaalin epätäydellisessä palamisessa. Erilaisia PAH-yhdisteitä on runsaasti. Rakennustuotteissa niitä on käytetty muun muassa kyllästeaineena, bitumiliimoissa, emulsioissa, -liuoksissa, -maaleissa ja -kiteissä. PAH-yhdisteitä sisältävillä tuotteilla on saatettu myös kyllästää asbestipitoisia pikihuopia. Bitumipohjaiset tuotteet ja puunsuoja-aineena laajasti käytetty kreosootti sisältävät PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteitä sisältäviä tuotteita (kuten kivihiihiltervapikeä ja kreosoottia) käytettiin rakentamisessa laajasti vedeneristeissä ja höyrynsuluissa, kattopinnoitteiden paikka-aineissa ja tiivistystuotteina (Taulukko 2).

Haitallisimpien PAH-yhdisteiden terveysriskit liittyvät pitkäaikaisessa altistumisessa niiden perimämyrkyllisyyteen ja syöpävaarallisuuteen. Naftaleenia ja muita vastaavia pienimolekyylisiä PAH-yhdisteitä (metyyli-naftaleenit) lukuun ottamatta PAH-yhdisteet ovat huoneenlämmössä heikosti haihtuvia. Nämä haihtuvat komponentit aiheuttavat esimerkiksi kreosootille tyypillisen ”ratapölkyn” hajun. PAH-seosten syöpäriski liittyy kuitenkin valtaosaltaan suurempimolekyylisiin PAH-yhdisteisiin kuten bentso[a]pyreeniin, jotka

eivät ole haihtuvia, ja niille altistuminen tapahtuukin lähinnä oltaessa suorassa kosketuksessa kyseisiin materiaaleihin. Siten sisäympäristöissä merkittävin syöpäriski PAH-yhdisteisiin liittyen syntyy lähinnä purettaessa PAH-seoksia sisältäviä rakenteita. PAH-yhdisteille altistutaan yleisesti myös tupakoinnin, liikenteen päästöjen ja ravinnon välityksellä. Monia PAH-yhdisteitä säädellään REACH-asetuksella. Esimerkiksi kivihiilitervan tisleiden, mukaan lukien kreosootin ja sillä käsitellyn puutavaran, käyttöä on rajoitettu. Kreosootilla käsitellyn puun käyttö on lisäksi kielletty kokonaan monenlaisissa käyttötarkoituksissa, kuten sisätiloissa ja myös ulkona käyttökohteissa, joissa iho voi toistuvasti koskettaa kreosootikyllästettyä puuta.

Asbesti on yleisnimitys kaikille kuitumaisille silikaattimineraaleille. Asbestia on käytetty rakennusmateriaaleissa Suomessa vuosina 1922–1992. Erityisen yleistä asbestin käyttö oli vuosina 1963–1979. Asbestia on käytetty muun muassa tasoitteissa, kiinnityslaasteissa ja -liimoissa, ruiskutuseristeissä, rakennuslevyissä, palokatkoeristeissä, saumaustaasteissa ja vesikatto- ja julkisivumateriaaleissa.

Ruiskutetun asbestin käyttö kiellettiin Suomessa 1977 ja asbestipitoisten rakennusmateriaalien maahantuonti ja valmistus kiellettiin 1993 ja niiden myyminen 1994 (Vnp 852/1992³³). Nykyään asbestin käyttö on kielletty myös REACH-asetuksen nojalla. Asbestille altistuminen voi aiheuttaa pleuraplakkeja eli keuhkopussin paksuuntumia, asbestoosia eli keuhkojen toimintaa rajoittavaa pölykeuhkosairautta, keuhkosyöpää, mestoteliomaa eli keuhkopussin ja vatsakalvon syöpää sekä kurkunpää- ja munasarjasyöpää. Jo vähäinen altistuminen voi johtaa pleuraplakkien kehittymiseen ja mesoteliomaaan. Asbestoosi ja keuhkosyöpä kehittyvät pitkäaikaisen ja voimakkaan altistumisen seurauksena. Asbestialtistumisen ja sairauden kehittymisen välillä on pitkä, jopa useita vuosikymmeniä kestävä viive.

Asbesti ei ole haihtuvaa eikä se irtoa rakenteista itsestään, eli rakennuksissa oleva asbesti ei aiheuta terveysriskiä, jos rakennusosiin ei kajota. Sen sijaan asbestipölylle voidaan altistaa asbestia sisältävien materiaalien työstössä (esimerkiksi poraaminen, hionta), rakenteiden ja rakennusten purkutyössä ja asbestipitoisten materiaalien kierrätysprosesseissa. Asbestin käyttö-, maahantuonti-, valmistus- ja myyntikiellon johdosta sitä ei saa enää käyttää uusissa materiaaleissa ja rakennuksissa. Asbestipitoiset materiaalit täytyy poistaa rakennuspurkujätteestä valtioneuvoston asetuksen (asbestityön turvallisuudesta 798/2015) mukaisesti, eikä asbestia sisältäviä materiaaleja voida uudelleenkäyttää turvallisesti ilman asbestin asianmukaista poistamista.

33 Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu, 2020

6.4.2 Muut epäpuhtaudet ja niiden haitalliset terveysvaikutukset

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa selvitetään haitta-aineiden lisäksi sisäympäristöissä ja materiaaleissa esiintyviä epäpuhtauksia (Pitkäranta (toim.), 2016). Rakennusmateriaaleissa, materiaalien käsittelyaineissa ja pinnoitteissa käytettyjen haitta-aineiden lisäksi materiaaleissa, niihin imeytyneenä tai niiden pinnoilla voi esiintyä käytön aikana toiminnasta tai materiaalien vaurioitumisesta johtuvia muita epäpuhtauksia, kuten mikrobeja ja kemiallisia yhdisteitä.

Rakennusmateriaaleissa voi esiintyä mikrobivaurioita silloin, kun olosuhteet ovat suotuisat (ravinto, lämpö ja kosteus). Pitkäaikainen altistuminen rakennuksissa, joissa on merkittävä kosteus- ja mikrobivaurio voi aiheuttaa hengitystieoireita ja lisätä hieman astmaan sairastumisen riskiä (Duodecim, 2017; Työterveyslaitos ym. 2020). Tutkimuksissa havaitusta yhteydestä huolimatta kosteusvaurioituneiden rakennusten ja terveysvaikutusten välistä syyuhdetta ei tunneta (Duodecim, 2017; Työterveyslaitos ym. 2020). Tilojen käyttäjät voivat kokea haittaa sisäympäristössä myös esimerkiksi materiaaleissa esiintyvistä hajuista, vaikka ne eivät aiheuttaisi haitallisia terveysvaikutuksia.

Materiaalit voivat vaurioitua käytön aikana ja vauriotapauksissa materiaalit saattavat myös hajota kemiallisesti. Joissakin tapauksissa VOC- tai muita yhdisteitä voi imeytyä myös pinnoitteiden alla oleviin materiaaleihin, kuten betoniin. VOC-yhdisteille yhteistä on niiden haihtuvuus, mutta kemialliselta rakenteeltaan ja siten myös haitallisten terveysvaikutuksensa osalta ne ovat hyvin monenlaisia. Suuri osa VOC-yhdisteistä voi aiheuttaa lähinnä ohimeneviä silmien ja hengitysteiden ärsytysvaikutuksia, jos sisäilmassa esiintyy jostain syystä hyvin korkeita pitoisuustasoja. Pienempi osa saattaa korkeilla pitoisuustasoilla aiheuttaa vakavampiakin haittavaikutuksia, mutta näiden yhdisteiden esiintyminen tavanomaisissa, ei-teollisuustyyppisissä sisäympäristöissä ei ole tavallista (Wallenius ym., 2021).

Sisäympäristöissä esiintyvät VOC-päästöt voivat olla peräisin moninaisista rakennuksen sisäisistä ja ulkoisista lähteistä, kuten liikenne, rakennus- ja sisustusmateriaalit, ihmisen toiminnot, hajusteet ja siivousaineet. VOC-päästöt ovat tyypillisesti korkeimmillaan uusissa materiaaleissa ja vähenevät ajan kuluessa, eivätkä siten todennäköisesti ole erityisen olennainen altisteryhmä purettavissa rakennusmateriaaleissa.

6.4.3 Ehdotus uusista selvitettävistä, terveydelle haitallisista aineista

Edellä mainittujen haitta-aineiden lisäksi on joukko muitakin kemiallisia yhdisteitä, jotka pitäisi ottaa huomioon purkumateriaalien käyttökelpoisuutta ja terveysriskiä arvioitaessa. Näitä ovat erityisesti loputkin POP- ja REACH-asetusten perusteella terveysvaaran vuoksi

säädellyt aineet, joita saattaa esiintyä rakennusmateriaaleissa. Lisäksi on syytä ottaa huomioon REACH-asetuksen perusteella erityistä huolta aiheuttaviksi aineiksi (SVHC, substances of very high concern) tunnistetut aineet.

SVHC-aineet ovat REACH-lupamenettelyn kandidaatilistalla, eli niitä ei toistaiseksi säädellä yhtä tiukasti kuin luvanvaraisia tai rajoitettuja aineita, mutta tilanne saattaa muuttua. Jo SVHC-tunnistus aiheuttaa kuitenkin yrityksille erilaisia velvollisuuksia, kuten käyttöturvallisuustiedotteen toimittamisen. Terveyspuolen perusteella tunnistetut SVHC-aineet ovat tyypillisesti syöpävaarallisia, sukusolujen perimää vaurioittavia ja/tai lisääntymiselle vaarallisia aineita. Jotkut niistä ovat vaikutusmekanismiltaan hormonitoimintaa häiritseviä.

Säädellyistä yhdisteryhmistä erityisesti huomioitavia ovat muovinpehmentiminä käytetyt ftalaatit ja erilaiset palonestoaineet. Luvanvaraisista aineista vanhemmissa rakennusmateriaaleissa, erityisesti lattiamateriaaleissa, saattaa esiintyä esimerkiksi aiemmin yleisesti käytössä olleita ftalaatteja, joiden epäillään häiritsevän hormonitoimintaa ja olevan lisääntymiselle vaarallisia, kuten bis(2-etyyliheksyyli)ftalaatti (DEHP), dibutyyliftalaatti (DBP), butyylibentsyyliftalaatti (BBP) ja d-iisobutyyliftalaatti (DiBP). Myös useita aiemmin käytössä olleita palonestoaineita, kuten heksabromisyklododekaania (HBCD) ja lyhytketjuisia klooriparafiineja (SCCP), säädellään POP- ja REACH-asetuksilla. Niiden aiheuttamia haitallisia terveysvaikutuksia on havaittu koe-eläimissä, mutta näyttö vaikutuksista ihmisillä on rajallista (Porrás ym. 2015).

Lisäksi SCCP-yhdisteitä on käytetty liimoissa, latioissa, PVC-matoissa, ja eristeissä (EPS, XPS), joissa on käytetty myös HBCD:ta (Kauppi ym., 2019). Useita booriyhdisteitä on lisätty SVHC-ainelistalle niiden eläinkokeissa havaittujen lisääntymismyrkyllisten ominaisuuksien takia, eikä niiden käyttö biosiditarkoituksissa siten ole enää mahdollista. Booriyhdisteitä on käytetty sekä palonestoaineena että biosidina homeenestoon esim. puutavarassa.

Lainsäädännöllä rajoitettujen, lupamenettelyn piirissä olevien ja SVHC-aineiksi tunnistettujen yhdisteiden esiintyminen rakennusmateriaaleissa voi aiheuttaa kiertotalouden esteen, johon voi olla haastavaa vaikuttaa pelkästään kansallisella tasolla. On kuitenkin mahdollista, että ainakin osaa näitäkin yhdisteitä sisältävistä materiaaleista voitaisiin käyttää turvallisesti tietyissä käyttökohteissa, jos voidaan varmistua siitä, että altistumista ei tapahdu. Esimerkiksi boori ei ole haihtuvaa, ja se aiheuttaa lisääntymisterveyshaittoja vasta hyvin korkeilla annoksilla. Booria sisältävistä puumateriaaleista ei pitäisi seurata terveysriskiä, jos materiaalia ei käytetä sellaisissa rakenteissa, joita saatetaan käsitellä niin, että muodostuu pölyä.

Periaatteessa myöskään säädelyjä ftalaatteja sisältävien muovirakenteiden käytön ei pitäisi aiheuttaa ongelmia, jos kyseessä olevat rakenteet eivät pääse kontaktiin ihmisten tai esimerkiksi talousveden kanssa. Säädelyjä aineita sisältävien materiaalien käyttö

vaatisi kuitenkin spesifisen, ainekohtaisen toksikologisen riskinarvioinnin, joka ottaisi huomioon kyseessä olevat yhdisteet, niiden terveydelle vaaralliset vaikutukset ja altistumispotentiaalin ottaen huomioon erilaiset mahdolliset uudiskäyttökohteet. Tämä riskinarviointi ei voisi olla kohdekohtainen, eikä välttämättä edes kansallinen, vaan se tulisi todennäköisesti tehdä EU-tasolla.

6.5 Rakennusmateriaalien raaka- ja haitta-aineet, epäpuhtaudet sekä terveysriskit sisäympäristöissä

Tarkasteltaviksi materiaaleiksi on tässä hankkeessa valittu taulukon 1 mukaisesti betonielementti, sahatavara, liimapuu, poltettu tiili, kalkkihiekkakivi, rakenneteräs, ohutlevy, pelti-villa-pelti-rakenne ja EPS, EPX, PIR ja PUR -eristeet. Siten seuraavissa luvuissa keskitytään vain valittujen materiaalien valmistus- ja raaka-aineiden, mahdollisten apuaineiden sekä rakennusosassa esiintyvien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien sekä niiden mahdollisten terveysvaikutusten tarkasteluun.

6.5.1 Betonielementit ja niiden raaka-aineet

Talonrakentamiseen käytettäviä kantavia betonielementtirakenteita alettiin käyttää Suomessa 1940- ja -50-luvuilla ja määrällisesti huippuunsa käyttö nousi 1970-luvulla.

Betonielementit valmistetaan betonista. Betoni koostuu:

- sementistä
- kiviaineksesta
- mineraalisista seosaineista
- vedestä
- lisäaineista (kemikaaleja)
- muista aineista (esimerkiksi kuidut).

Sementti on kalkkikivestä poltettua ja hienoksi jauhettua epäorgaanista materiaalia, joka reagoidessaan veden kanssa muodostaa sementtikiveä. Betonissa käytetään portlandsementtiä, joka koostuu portlandklinkkerin ja kipsin (kalsiumsulfaattidihydraatti) seoksesta. Klinkkerin pääaine on kalkkikivi (pääosa kalsiumkarbonaattia). Muut raaka-aineet ovat piioksidi ja alumiinioksidi. Ainesosia saadaan kalkkivilouhoksen sivukivistä ja muun teollisuuden sivutuotteista. Rakennussementit valmistetaan jauhamalla klinkkeriä, seosaineita ja kipsiä hienoksi jauheeksi. Seosaineina käytetään kalkkikiveä ja masuunikuonaa.

(Suomen Betoniyhdistys ry, 2016; Suomen Betoniyhdistys ry 2018b). Suomalaisen sementin jauhatuksessa käytetään apuaineena dietyleeniglykolia (Kosomaa, Mattila & Tepponen, 2015.)

Betonin valmistamiseen käytetty sementti sisältää epäpuhtautena vesiliukoisia kuudenarvoisia kromiyhdisteitä, mikä aiheutti aiemmin runsaasti kosketusihottumia rakennusalan työntekijöille. Sementtiä onkin passivoitu vuodesta 1987 lähtien lisäämällä sementtiin pieni määrä rautasulfaattia pelkistämään kuudenarvoisia kromiyhdisteitä vähemmän haitalliseksi kolmenarvoiseksi kromiyhdisteiksi. Sementin tulee olla standardin SFS-EN 197-1³⁴ mukaisesti CE-merkittyä (Suomen Betoniyhdistys ry, 2016).

Standardissa SFS-EN 197-1 mainitaan sementin seosaineina masuunikuona, kalkkikivi, silika, pozzolaanit, lentotuhka ja poltettu liuske (Suomen Betoniyhdistys ry 2018b). Masuunikuona on raakaraudan valmistuksen sivutuotteena syntyvää silikaattisulatteesta syntyvä tuote. Masuunikuona jaetaan kolmeen laatuun; granuloitu ferrokuona, pelletoitu ilmajähdytetty kuona ja savukaasuista erotettu pozzolaani silika. (Kosomaa ym. 2015; Suomen Betoniyhdistys ry 2016). Masuunikuonaa ja lentotuhkaa on käytetty betonissa sementin korvaavana sideaineena jo pitkään. Siten eri aikakausien seosaineet ja niiden valmistusmenetelmät ovat vaihdelleet ajan saatossa.

CE-merkitty ja standardin SFS-EN 15167-1³⁵ vaatimukset täyttävä granuloitu masuunikuona ja CE-merkitty ja standardin SFS-EN 13263-1+A1³⁶ vaatimukset täyttävä silika katsotaan soveltuvan betonin valmistukseen ja sitä voidaan käyttää ohjeiden mukaan betonin sideaineena rakennussementin kanssa. Seosaineille on yhteistä se, että ne ovat alkuperänsä takia puhtaasti epäorgaanisia aineita, eivätkä ne sisällä liukenemis- tai haihtumiskykyisiä ainesosia (Kosomaa ym. 2015).

Betonin kiviaines on luonnon kiviainesta eikä se saa sisältää haitallisia määriä epäpuhtauksia, kuten lietettä tai humusta. Kiviainesta sisältävissä rakennusmateriaaleissa, kuten betonissa, on pieniä määriä radonia tuottavaa radiumia. Radonpitoisuuden viitearvon ylittyminen rakennustuotteen tuottaman radonin vuoksi on epätodennäköistä Suomessa, koska rakennustuotteiden radioaktiivisuutta on valvottu vuodesta 1993 alkaen (Säteilyturvakeskuksen ohje ST 12.2 vuoteen 2018 asti ja säteilylaki 859/2018). (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2020.)

34 SFS-EN 197-1: Sementti. Osa 1: Tavallisten sementtien koostumus, laatuvaatimukset ja vaatimustenmukaisuus

35 SFS-EN 15167-1: Betoniin, laastiin ja juotoslaastiin käytettävä jauhettu granuloitu masuunikuona. Osa 1: Määritelmät, vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus

36 SFS-EN 13263-1+A1: Silica fume for concrete. Part 1: Definitions, requirements and conformity criteria

Esimerkiksi kerrostalojen ylempien kerrosten asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo on 44 Bq/m³ (Mäkeläinen ym. 2009), mikä vastaa arviolta hyvin myös betonirakennusten rakennusmateriaaleista aiheutuvaa radonpitoisuutta (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, 2020). Betonirakenteiden radonpitoisuuden keskiarvo 44 Bq/m³ on suhteessa pieni nykyiseen viitearvoon uudisrakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa 200 Bq/m³, ja olemassa olevien asuntojen ja oleskelutilojen viitearvoon 300 Bq/m³.

Kiviaineksen soveltuvuus betonin kiviaineksi tulee osoittaa. Standardissa SFS-EN 12620 + A1³⁷ määritellään ominaisuudet betonissa käytettävälle kiviainekselle ja fillerikiviainekselle, jotka on valmistettu luonnon kiviaineksesta, keinokiviaineksesta, uusiokiviaineksesta tai näiden seoksista. Standardia SFS-EN 12620 + A1 täydentää standardi SFS 7003³⁸ betonikiviaineksilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018a)

6.5.1.1 Betonin lisäaineet

Betonin ominaisuuksien ja rakenteen parantamiseen voidaan käyttää lisäaineita. Betonin lisäaineiden käyttö vaihtelee suuresti maasta toiseen. Betonin lisäaineet voidaan jakaa standardin SFS-EN 934-2+A1³⁹ mukaan seuraavasti:

- notkistimet
- sitoutumista hidastavat notkistimet
- sitoutumista kiihdyttävät notkistimet
- tehonotkistimet/nesteyttimet
- sitoutumista hidastavat notkistimet/nesteyttimet
- huokostimet
- sitoutumista nopeuttavat kiihdyttimet
- kovettumista nopeuttavat kiihdyttimet
- sitoutumista hidastavat hidastimet
- vedenerottumista vähentävät lisäaineet
- vedenimeytymistä estävät lisäaineet
- viskositeetin säätöaineet (Suomen Betoniyhdistys ry 2018b).

37 SFS-EN 12620 + A1: Betonikiviainekset

38 SFS 7003: Betonikiviaineksilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

39 SFS-EN 934-2+A1: Betonin, laastin ja injektointilaastin lisäaineet. Osa 2: Betonin lisäaineet. Määritelmät, vaatimukset, vaatimustenmukaisuus ja merkintä

Betonissa voidaan käyttää myös lisäaineita, jotka eivät kuulu harmonisoidun standardin SFS-EN 934-2+A1 piiriin, ja näitä ovat:

- paisuttavat lisäaineet
- kutistumista estävät lisäaineet
- tiivistävät / halkeamia estävät / halkeamia korjaavat lisäaineet
- jäätyksen esto parantavat lisäaineet
- jälkihoitavat lisäaineet (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018b).

Hyvin useat kemialliset seokset ovat tehokkaita pienillä tai hyvin pienillä annosmäärillä niiden reagoitumekanismissa (kemiallisten seosten adsorptio rajapinnoilla neste-kiinteä, neste-kaasu) vuoksi (Aïtcin & Flatt, 2019). Lisäaineiden vaikutustapa on joko kemiallinen tai fyysinen (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018b).

Suomessa betonin lisäaineita käytetään lähinnä vaativiin olosuhteisiin (sää- tai kemikaalirasitetut kohteet). Rakennusten sisätiloissa käytettävät betonilaadut valmistetaan pääosin ilman lisäaineita. Esimerkiksi seinäelementeissä käytettävät normaalit betonit valmistetaan ilman lisäaineita.⁴⁰

Notkistimet ja nesteyttimet ovat yleisimmin polykarboksylaattipohjaisia. Käytöstä ovat pääsääntöisesti poistuneet melamiini-, lignosulfonaatti- ja naftaleenisulfonaattipohjaiset notkistimet (Suomen Betoniyhdistys Ry, 2020). Polykarboksylaattien ja polykarboksyylietterien pohjana on orgaaninen karboksyylihappo, jonka käyttö yleistyi nopeasti 2000-luvulla. Notkistetussa betonissa on polykarboksylaattia tyypillisesti 0,3...1,0 % sideaineen kokonaismäärästä. Melamiiniannostus on 1...3 % ja lignosulfonaattiannostus on 0,2...0,6 % sideaineen kokonaismäärästä. Suurin osa elementeissä käytettävästä betonista sisältää notkistimia. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2020; 2018b; Kosomaa ym., 2015.)

Säärasituksen alaisessa betonissa käytetään huokostinaineita, joiden tarkoituksena on muodostaa betonimassaan pieniä ilmakuplia pakkasen kestävyuden lisäämiseksi. Huokostimina on käytetty erilaisia saippuuita, mutta nykyään käytetään synteettisiä aineita, kuten alkyylisulfaatteja, alkyylisulfonaatteja ja alkyylipolyglykolieettereitä. Kovettuneessa betonimassassa huokostimien vaikutus on vähäinen betonin oman emäksisyyden ja huokostimien pienen määrän vuoksi. (Kosomaa ym. 2015.) Huokostimien määrä on 0,01...0,03 % sideaineen kokonaismäärästä (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018b.)

40 www.betoni.com

Kiihdytinaineina on aikaisemmin, joskin vähäisesti, käytetty kalsiumkloridia, mutta sittemmin sen käytöstä on luovuttu (aiheuttaa betoniterästen korroosiovaaran). Kiihdyttämiä käytetään vähän ja niiden käyttö kohdistuu lähinnä pieniin talviajan valuihin. Lujuuden kehitystä pyritään kiihdyttämään nykyisin esimerkiksi nopeasti kovettuvalla sementillä, kuumalla betonilla ja alhaisella vesi-sementtisuhteella (Suomen Betoniyhdistys ry, 2020; 2018b.)

Hidastimet ovat yleensä sokereita, orgaanisia happoja (glukonaatit, sitruuna- ja viini-happo) tai epäorgaanisia fosfaatteja tai fosforihappoa, joilla siirretään betonin sitoutumista myöhemmäksi. Hidastimia käytetään yleensä 0,2...2 % sideaineen kokonaismäärästä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2020; 2018b.)

Muita betonin lisäaineita ovat kutistumaa vähentävät lisäaineet (SRA (shrinkage reducer adhesives -aineet) (ei CE-merkittävissä oleva aine), joita käytetään pakkasbetonin lisäaineena ja uppobetonin lisäaineena (Suomen Betoniyhdistys ry 2018). Kutistumaa vähentävät lisäaineet (SRA) ovat yleensä glykoli- tai propyleeniglykolipohjaisia eettereitä. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2020; 2018b.)

Betonissa voidaan käyttää myös teräs- ja polymeerikuituja parantamaan betonin ominaisuuksia, kuten vähentämään kutistumahalkeilua. Vähemmän käytettyjä kuituja ovat lasi- ja hiilikuidut, keraamiset kuidut, basalttikuidut ja PVA-kuidut (polyvinyylialkoholi). Teräskuiduilla voidaan korvata raudoitteita, ja polymeerikuiduilla eli muovikuiduilla voidaan parantaa betonin jäännösvetolujuutta terästen tapaan. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018b.)

Betonia voidaan myös värjätä ja se tehdään yleensä epäorgaanisilla synteettisillä väripigmenteillä, jotka ovat lähinnä rautaoksideja (Siikanen, 2001; Rakennustieto ry, 2016.)

Betonin lisäaineiden tulee olla CE-merkittyjä silloin, kun ne kuuluvat standardin SFS-EN 934-2+A1 piiriin. Mikäli lisäaine ei kuulu harmonisoidun standardin piiriin, eikä tuotteelle ole myönnetty eurooppalaista teknistä arviointia (ETA), voi silloin lisäaineen valmistaja voi osoittaa lisäaineen kelpoisuuden varmennustodistuksella. Varmennustodistus on vapaaehtoinen kansallinen hyväksymismenettely Suomessa. Varmennustodistus annetaan tuotteen valmistuksen jatkuvan varmentamisen tai toimituseräkohtaisen näytetarkastuksen perusteella. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2018b.)

Betonin lisäaineiden ominaisuuksista ja turvallisesta käytöstä ilmoitetaan tuotteen käyttöturvallisuustiedotteessa (KTT). Nykyään itse betonielementeissä tulee olla elementtikohdaiset tarkastuskortit, joista käy ilmi muun muassa massan tunnustiedot, joiden avulla massan resepti löydetään tehtaan laadunvalvonta-aineistosta. Elementtikohtaisia tarkastuskortteja säilytetään elementtitehtaassa vähintään 10 vuoden ajan. (Suomen Betoniyhdistys ry, 2019.) Vanhemmista, 1970–80 luvulla valmistetuista elementeistä tarkastuskortteja ei välttämättä löydy.

6.5.2 Betonielementtien mahdolliset haitta-aineet, epäpuhtaudet ja terveysriskit

Betonin osa-aineet sementti, kiviaines ja vesi eivät sellaisenaan aiheuta päästöjä sisäympäristöihin. Betonissa on käytetty ja käytetään edelleen lisäaineita, tarkoittaen myös sitä, että lisäaineiden käyttö on muuttunut ajan saatossa. Betonin notkistimia (karboksyylihappopohjaiset polykarboksylaatit) käytetään nykyään lähes kaikessa betonin valmistuksessa, myös betonielementeissä (käyttö yleistyi 2000-luvulla). Suurin osa notkistimista sitoutuu sementtipastaan noin viikon kuluessa valusta. (Kuosmanen ym., 2015.) 1960–70-luvuilla betonin notkistus tehtiin ensisijaisesti veden määrää lisäämällä.

Aikaisemmin (ennen 2000-lukua) betonin notkistimina käytettiin ligosulfonaatti-, melamiini- ja naftaleenisulfonaattipohjaisia aineita, jotka ovat pääsääntöisesti poistuneet käytöstä. Melamiinipohjaisista aineista on voinut joissain tapauksissa vapautua ammoniakkia sisäilmaan⁴¹. Betonin notkistimien yhtenä peruskomponenttina on myös käytetty naftaleeniformaldehydihartsia, josta formaldehydi on voinut vapautua sisäilmaan ja naftaleenia on havaittu betonin haitta-aineanalyysissä (Rakennustieto Oy, 2016). Mahdollisista ilmassa esiintyvistä pitoisuustasoista on rajallisesti mitattua tietoa. Betoniteollisuus ry:n mukaan⁴² betonin emissiot sisäilmaan täyttävät Rakennustietosäätiön pintamateriaalien päästöluokan M1-vaatimukset. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissiot (TVOC) ovat neljän viikon iässä mitattavuusrajan alapuolella ja formaldehydin ja ammoniakkin emissiot ovat hyvin pieniä. Yleisesti ottaen merkittävimmät sisäympäristön formaldehydipitoisuudet ovat peräisin muista lähteistä kuin betonista (ECHA, 2020), ja näistä yhdisteistä johtuvat terveysriskit sisäympäristöissä betonin päästöistä johtuen voidaan katsoa epätodennäköisiksi. Betonin valmistuksessa betoniin on lisätty myös kipsiä (kalsiumsulfaattidihydraattia), jolloin mahdolliset sementin suuret kipsipitoisuudet saattavat näkyä betonin haitta-aineanalyyseissä suurehkoina sulfaattipitoisuuksina (Rakennustieto Oy, 2016).

Kromipitoisen sementin käyttö betonin valmistuksessa saattaa näkyä betonin haitta-aineanalyyseissä kohonneina metallipitoisuuksina. Kuudenarvoisen kromin osuudet valmiissa betonissa ovat erittäin pieniä eikä kromipitoisen sementin käyttö betonin valmistuksessa voi yksin selittää analyyseissä mahdollisesti havaittuja suuria kromipitoisuuksia (Rakennustieto ry, 2016).

Rakennustieto ry:n julkaisun mukaan (2016): "Värjättyjen betonien valmistamiseen on käytetty värillisen kiviaineksen ohella pigmentteinä lähinnä metallioksideja. Metallipitoisten pigmenttien käyttö betonin värjäyksessä saattaa näkyä betonin haitta-aineanalyyseissä

41 www.betoni.com

42 www.betoni.com

kohonneina metallipitoisuuksina. Niiden osuudet valmiissa betonissa ovat erittäin pieniä, joten niiden käyttö betonin valmistuksessa ei voi yksin selittää analyyseissä mahdollisesti havaittuja suuria kupari- tai kobolttipitoisuuksia.” Nämä edellä mainitut metallioksidit voisivat aiheuttaa terveysriskiä lähinnä, jos niitä pääsisi suurina määrinä ilmaan huuruina tai aerosoleina.

Itse betonissa esiintyvät mikrobivauriot eivät ole useinkaan laajoja ja vauriot ovat helposti poistettavia. Tiedetään kuitenkin, että pitkäaikainen altistuminen rakennuksissa, joissa on merkittävä kosteus- ja mikrobivaurio ja vauriosta yhteys sisäilmaan, voi aiheuttaa hengitystieoireita ja lisätä hieman astmaan sairastumisen riskiä.

Betonielementeissä voi esiintyä terveydelle ja ympäristölle vaarallisia aineita, jotka ovat mahdollisten pinnoitteiden, liimojen ja tasoitteiden asbesti sekä elastisissa saumaussmassoissa olevat PCB- ja lyijy-yhdisteet, bitumipohjaiset PAH-yhdisteitä sisältävät tuotteet sekä materiaaleihin käytön aikana imeytyneet aineet. Näiden tyyppillisten haitta-aineiden terveysvaaroja on kuvattu luvuissa 6.4.1–6.4.3.

Liitteessä 4 on yhteenveto betonielementeissä mahdollisesti esiintyvistä haitta-aineista ja niiden lähteistä.

6.5.3 Puutuotteet ja niiden raaka-aineet

Luonnollinen, käsittelemätön sahatavara on useimmiten mäntyä ja kuusta. Käsittelemätön sahatavara ei sisällä mitään kemiallisia käsittelyjä, kuten kyllästys, lakkaus, maalaus tai homeenesto. Uuden käsittelemättömän sahatavaran VOC-emissiot voivat olla korkeita, muun muassa puun ominaisuutensa vaikuttavien terpeenien osalta. Ajan myötä VOC-emissiot vähenevät eivätkä ne ole olennainen tekijä sahatavaran uudelleenkäyttöä ajatellen. Käsittelemätön sahatavara voi vaurioitua (muun muassa kosteus-, home- ja lahovauriot) pitkäaikaisessa kosteusrasituksessa ja maakosketuksessa. Sahattu puu mikrobivaurioituu herkemmin kuin höylätty puu. (Huuha ym., 2018.)

6.5.3.1 Kemiallisesti käsitelty sahatavara

Kyllästetyn sahatavaran käyttöä on rajoitettu talonrakentamisessa, ja nykyään sitä esiintyy enemmän vanhoissa rakennusosissa. Nykyisin kyllästettyä sahatavaraa voidaan käyttää talonrakentamisessa ikkunoiden uloimmissa osissa ja ulko-ovissa. Tällöin suositeltava kyllästysluokka on B, joka tarkoittaa kyllästysaineiden osalta orgaanisia öljypohjaisia

tuotteita (RT 21-11287, 2017). Luokitus perustuu EN-standardeissa SFS-EN 335⁴³, SFS-EN 351-1:en⁴⁴ ja Pohjoismaiden puunsuojausneuvoston asiakirjassa NTR Dokument nr. 1:2017 esitettyihin käyttöluokkiin (Nordiska Träskyddsrådet, 2017).

Kyllästettyä sahatavaraa on käytetty rakentamisessa lähinnä kosteudelle altistuvissa rakennusosissa, kuten betonia vasten olevissa rakenteissa (esimerkiksi alaohjauspuut), maakosketuksissa olevissa rakenteissa ja erilaisissa piharakenteissa. Sahatavaran kylästysaineena on käytetty aikaisemmin kivihiilitervasta tislattua kreosoottia, joka sisältää PAH-yhdisteitä. Kreosootin käyttö rakennuksissa on kielletty 2003 (REACH-asetus (EY) N:o 1907/2006 liite XVII). Kreosoottiöljyllä kyllästetyn puutavaran käyttöä on myös rajoitettu komission asetuksen (EY) N:o 552/2009 REACH-asetuksen liitteen XVII muutoksella. Sahatavaraa on kyllästetty myös kromi-kupari-arseeni (CCA) ja kromi-kupari (CC) -suoloilla aina 1950-luvulta 2000-luvulle asti. Nykyisin CCA- ja CC-puukyllästeiden käyttö on kielletty (kemikaalilaki 599/2013; EU N:o 528/2012). Nykyisissä puunsuoja-aineissa käytetään kuparia.

Puunsuoja-aineina on käytetty kloorifenolivalmistetta KY-5 -valmistetta estämään puumateriaalin sinistymistä, homehtumista ja lahoamista 1930–80-luvuilla (Huuhka ym., 2018). KY-5 -valmisteen vaikuttavina aineina olivat tri-, tetra- ja pentakloorifenolit. Kloorifenoleja on käytetty runkopuutavarassa sekä ikkunoiden ja ovien karmeissa (Huuhka ym., 2018). Puun ja muiden puuta sisältävien materiaalien palonsuojaamiseen on käytetty muun muassa bromattuja ja fosforoituja palonestoaineita. Tämentyyppisistä aineista monet ovat nykyään säädeltyjä POP- ja REACH-asetusten nojalla, koska niiden eläinkokeiden perusteella tiedetään tai epäillään aiheuttavan haitallisia terveys- ja/tai ympäristövaikutuksia.

6.5.3.2 Liimapuu

Liimapuutuotteissa (muun muassa liimapuupalkit ja -pilarit, viilupuu LVL, KERTO-puu, monikerroslevy CLT, massiivipuulevyt) pohjoismaissa käytetään pääasiassa kuusta ja mäntyä sekä harvemmin lehtikuusta (Gross (toim.) 2014). Liimapuulevyt valmistetaan liimaistuista lautakerroksista (esim. CLT-levyissä ristiinliimaus). Esimerkiksi CLT-levyjen tekniset ominaisuudet ovat valmistajakohtaisia⁴⁵. Tiedetään kuitenkin, että nykyisin valmistettavissa liimapuissa käytetyt liimat ovat lähes aina melamiini-urea-formaldehydiliimaa

43 SFS-EN 335: Durability of wood and wood-based products. Use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products

44 SFS-EN 351-1:en: Durability of wood and wood-based products. Preservative-treated solid wood. Part 1: Classification of preservative penetration and retention

45 www.puinfo.fi

(melamiiniliima) tai MUF-liima. Liimapuutuotteiden liimapitoisuus on arviolta muutamia prosentteja (Alakangas & Wiik, 2008). Liimapuun sormiliitoksissa käytetään yleisesti samaa melamiiniliimaa kuin levyjen yhteen liimauksessakin. Sormijatkoksissa voidaan kuitenkin käyttää myös polyuretaaniliimaa (PUR-liima). Liimapuun liimat ovat suunniteltu kestämään koko suunnitellun käyttöiän (50, 75 tai 100 vuotta).

Liimapuissa on aikoinaan (ennen 1930-lukua) käytetty puuliimoina muun muassa kaseiini-pohjaisia liimoja (Gross (toim.), 2014). Pohjoismaissa 1940-luvulla liimapuiden valmistuksessa käytettiin fenolihartsipohjaisia liimoja (Gross (toim.), 2014). Fenoli-resorsinoli-formaldehydiliimaa (PRF-liima) käytetään nykyisin harvoin. Suomessa liimapuun valmistus alkoi vuonna 1945 ja rakennusteollisuudessa sen käyttö aloitettiin 1958.

Nykyään käytettävät liimat eivät sisällä liuottimia ja täyttävät M1 (Rakennusmateriaalien päästöluokitus) vaatimukset, jossa määritellään sisätiloihin tarkoitettujen materiaalien päästöjen raja-arvot ja niiden luokat. Liimapuutuotteiden puuliimat kestävät kosteuden ja lämpötilan vaihteluita, minkä testaamiseen on standardi (EN 15425).

Liimatyyppinä on I ja II, joista tyyppi I liimat kestävät kosteutta hyvin ja tyyppi II liimoja käytetään säältä suojaetuissa olosuhteissa. Valmiin liimapuun merkinnöissä näkyvät käytetyt liimatyyppit I ja II (standardi EN 301, liimatyyppi I ja II). (Gross (toim.) 2014; Puuinfo Oy, 2020).

Liimapuun puumateriaali ei itsessään kestä kosteutta kovin hyvin, ja siten ulkona käytettävät liimapuiset rakennusosat suojataan käsittelemällä puupinnat esimerkiksi peitto- tai kuultomaalauksella (Gross (toim.), 2014). Liimapuuta voidaan valmistaa myös kyllästetystä männystä (Gross (toim.), 2014).

6.5.4 Puutuotteiden mahdolliset haitta-aineet, epäpuhtaudet ja terveysriskit

Käsittelemättömässä sahatavarassa ei lähtökohtaisesti pitäisi olla itsessään haitta-aineita. Käsittelemättömään sahavaraan kohdistuva kosteusrasitus voi aiheuttaa puuhun mikrobiologisia vaurioita. Puumateriaaliin on voitu lisätä PAH-yhdisteitä sisältäviä pinnoitteita tai käytön yhteydessä imeytyä haitta-aineita, kuten PAH-yhdisteitä ja öljyä (usein teollisuusrakennuksissa) tai pinnoille kiinnittyä aineita, kuten polyuretaanisämausaineita.

Kaikki pohja- ja pintamaalattu sekä kemiallisesti käsitellyn sahatavaran pintakäsittelyaineet voivat sisältää mahdollisia haitta-aineita. Puunsuojakemikaalit eivät saa enää nykyisin sisältää orgaanisia halogeeniyhdisteitä eikä raskasmetalleja. Kloorifenolivalmistetta KY-5 on käytetty runkopuutavarassa sekä ikkunoiden ja ovien karmeissa (Huuhka ym.,

2018). Joidenkin kloorifenoleiden, kuten pentakloorifenolin, on epäilty aiheuttavan syöpää ja muita haitallisia terveysvaikutuksia, jonka takia useat niistä ovat nykyään säädeltyjä. Rakenteiden tai materiaalien kastuessa kloorifenoleista voi syntyä hajoamisreaktion seurauksena voimakkaasti tuoksuvia kloorianisoleja. Ne eivät nykytiedon valossa ole terveydelle erityisen haitallisia, mutta hajuhaitat voivat vaikuttaa viihtyvyyteen ja ne saatetaan siten kokea hyvinkin häiritsevinä.

Puunsuoja-aineina on käytetty myös kreosoottia, joka sisältää terveydelle haitallisia PAH-yhdisteitä. Lisäksi puun ja muiden puuta sisältävien materiaalien palonsuojaamiseen on käytetty mm. bromattuja ja fosforoitua palonestoaineita, joista monien tiedetään tai epäillään olevan terveydelle haitallisia.

Kyllästetty (paineekyllästetty) puu on vaarallista jätettä (biopolttoainestandardi EN 14961). Puun kyllästysaineena on käytetty aikaisemmin kreosoottia (sisältää PAH-yhdisteitä) ja kromi-kupari-arseeni (CCA) sekä kromi-kupari (CC) -suoloja, jotka ovat nykyisin kiellettyjä talonrakentamisessa.

Sahatavarassa voi edellä mainittujen lisäksi esiintyä mahdollisten pinnoitteiden, liimojen ja tasoitteiden asbestia, puun käsittelyaineita, bitumipohjaisia PAH-yhdisteitä sisältäviä tuotteita sekä materiaaleihin käytön aikana imeytyneitä aineita. Näiden haitta-aineiden terveysvaaroja on kuvattu luvuissa 6.4.1–6.4.3.

Lähtökohtaisesti liimapuussa esiintyvät haitta-aineet ovat mahdollisesti liimapuulevyjen pinnoitteet ja mahdolliset puun mikrobiologiset vauriot, jotka voivat olla peräisin esimerkiksi virheellisesti toteutetuista rakenteista tai sopimattomista käyttöolosuhteista (Gross (toim.) 2014).

Pitkäaikainen altistuminen rakennuksissa, joissa on merkittävä kosteus- ja mikrobivaurio, ja vauriosta yhteys sisäilmaan, voi aiheuttaa hengitystieoireita ja lisätä hieman astmaan sairastumisen riskiä (Duodecim, 2017). Liimapuun puumateriaali ei kestä pitkäaikaista kosteusrasitusta (Gross (toim.) 2014). Sen sijaan liimapuutuotteissa käytetyt liimatyyppin I mukaiset liimat kestävät hyvin kosteutta. Liimatyyppin II mukaiset liimat on tarkoitettu säältä suojattuihin olosuhteisiin. Mahdollisia liimojen kastumisesta aiheutuvia vaurioita tai niihin mahdollisesti liittyviä terveysriskejä sisäympäristöissä ei tarkasteltu tässä hankkeessa aihepiiriin liittyvän tutkimustiedon puuttuessa.

6.5.5 Tiilituotteet ja niiden raaka-aineet

6.5.5.1 Poltettu tiili

Poltetun tiilen pääraaka-aineena on savi. Valmistuksessa voidaan käyttää myös lisäaineita parantamaan tiilen ominaisuuksia. Lisäaineita ovat tiilimurska, hiekka ja sahanpuru. Sahanpuru palaa tiilen polttoprosessissa. (Rakennustieto ry, 2020b.) Suomalainen savi palaa punaiseksi tiilen valmistusprosessin aikana. Punaisen värin aiheuttaa saven suuri rautapitoisuus ja pieni kalkki- ja titaanimäärä.

Poltettuja tiiliä käytetään myös tulisijojen, piippujen ja hormien muuraukseen, jolloin tiilien ominaisuuksien on täytettävä standardien SFS-EN 772-1+A1⁴⁶ (tulisijatiili) ja SFS-EN 771-1⁴⁷ (tulisijatiilet) vaatimukset. Hormitiilien tiilet hyväksytetään rakennuspaikka-kohtaisella varmennuksella. (Rakennustieto ry, 2020b.) Tuotteen valmistaja ilmoittaa poltettujen tiilien ominaisuudet tuotestandardin SFS-EN 771-1 mukaisella CE-merkinnällä. Näiden ominaisuuksien on täytettävä kansalliset vaatimustasot, jotka on ilmoitettu soveltamisstandardissa SFS 7001⁴⁸. (Rakennustieto ry, 2020b.)

Tiilipinnoilla voi esiintyä mikrobiologisia tekijöitä silloin, kun olosuhteet ovat suotuisat (ravinto, lämpö ja kosteus).

Säärasitetuilla pinnoilla tiilen pinnoilla on voitu käyttää impregnointiaineita estämään tai vähentämään veden ja sen kloridien sekä lian imeytymistä tiileen. Impregnointiaineiden aktiiviset osat ovat silaanin ja siloksaanin seoksia.

6.5.5.2 Kalkkiahiekkakivi

Kalkkiahiekkakiven raaka-aineet ovat kvartsipitoinen puhdas luonnonhiekkakivi, hienoksi jauhattu kalkki ja vesi. Valkoisen kalkkiahiekkakiven valmistuksessa käytetään murskattua kvartsia. Värilliset kivet valmistetaan lisäämällä massaan valon ja emäksen kestävä pigmenttiä. (Väisänen & Huttunen (toim.), 2003.)

46 SFS-EN 772-1+A1: Methods of test for masonry units. Part 1: Determination of compressive strength

47 SFS-EN 771-1: Specification for masonry units. Part 1: Clay masonry units

48 SFS 7001: Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

Kosteuden mukana voi kalkkiahiekkakivestä ja -harkoista sekä niiden laasteista liueta rakenteeseen tai rakenteen pinnoille suoloja (niin sanottua härmettä). Härme on yleensä peräisin laastista. Kalkkiahiekkakiven pinnoilla voi esiintyä mikrobiologisia tekijöitä silloin, kun olosuhteet ovat suotuisat (ravinto, lämpö ja kosteus).

Kalkkiahiekkakiviä tehtiin Suomessa ensikerran vuonna 1897 ja huomattavampi teollinen tuotanto käynnistyi vuonna 1908. (Väisänen & Huttunen (toim.), 2003.) Suomessa kalkkiahiekkakivitehtaita on ollut toiminnassa jo neljä 1970-luvulla.

Tuotteen valmistaja ilmoittaa kalkkiahiekkakiven ominaisuudet tuotestandardin SFS-EN 771-2⁴⁹ mukaisella CE-merkinnällä. (Rakennustieto ry, 2020b.)

6.5.6 Tiilituotteiden mahdolliset haitta-aineet, epäpuhtaudet ja terveysriskit

Poltetuista tiilistä ei haihdu kaasuja tai höyryjä, joilla voitaisiin katsoa olevan merkitystä sisäilmaston laadulle ja siten haitallisia vaikutuksia tilojen käyttäjien terveydelle. Sisätilojen suunnitteluohjeen Sisäilmastoluokitus 2018 mukaan pinnoittamaton poltettu tiili voidaan rinnastaa luokan M1-tuotteisiin.

Tiilipinnoilla voi esiintyä myös tapauskohtaisesti mikrobiologisia tekijöitä. Pitkäaikainen altistuminen rakennuksissa, joissa on merkittävä kosteus- ja mikrobivaurio ja vauriosta yhteys sisäilmaan, voi aiheuttaa hengitystieoireita ja lisätä hieman astmaan sairastumisen riskiä (Duodecim, 2017).

Säärasitukseen joutuvilla tiilen pinnoilla on voitu käyttää silaani- ja siloksaanipohjaista impregnointiaineita, jotka eivät herätä erityistä huolta terveysvaaroista nykytiedon valossa. Ulkopinnoilla olevien tiilipintojen käsittelyllä impregnointiaineella ei pitäisi olla vaikutusta sisäilman laatuun.

Tyypillisimmät muuratuissa julkisivuissa esiintyvät terveydelle ja ympäristölle vaaralliset aineet ovat mahdollisten pinnoitteiden asbesti sekä elastisissa saumausmassoissa olevat PCB- ja lyijy-yhdisteet, jotka eivät ole haihtuvia. Sisäseinien muurauksissa laasteihin on lisätty melko yleisesti asbestia (ennen 1993). Näiden tyypillisten haitta-aineiden terveysvaaroja on kuvattu luvuissa 6.4.1–6.4.3.

49 SFS-EN 771-2: Muurauskappaleiden spesifikaatiot. Osa 2: Kalkkiahiekkatiilet ja -harkot

Liitteessä 5 on yhteenveto tiilessä mahdollisesti esiintyvistä haitta-aineista ja niiden lähteistä.

6.5.7 Terästuotteet ja niiden raaka-aineet

6.5.7.1 Rakenneteräs

Teräkseksi nimitetään rautametallin ja hiilen seoksia, joiden hiilipitoisuus on alle 1,7 %. Teräslajeja on tuhansia ja niistä suurin osa on kehitetty viimeisen 20 vuoden aikana. Teräs on aina useamman eri metallin seos. Pääkomponenttien lisäksi materiaalissa voi esiintyä myös muita metalleja epäpuhtautena. Rakentamisessa käytetään muun muassa peruserästä, terästä, joka kestää ilmastokorroosiota ja ruostumattomia teräksiä. Ruostumattoman teräksen pinta koostuu kromi(III)oksidikerroksesta joka suojaa terästä korroosiolta ja rajoittaa teräksen muiden komponenttien liukenemistä teräksestä. Terästuotteiden kemiallista koostumusta valvotaan valmistuksen ja valmiin tuotteen yhteydessä. Terästuotteiden määrittelyyn kuuluvat aineodistus SFS-EN 10204-2.2⁵⁰.

Nykyisin teräsrakenteiden yleisimpiä pintakäsittelyitä ovat korroosionestomaalaus ja sinkitys. Muita pinnoitusmateriaaleja ovat nikkeli, tina, kromi, alumiini ja emali. Pinnoitusmenetelmänä voidaan käyttää ruiskuttamista, saostamista ja kastamista. Pinnoitteiden tarkoitus on lisätä esimerkiksi pinnan korroosionkestävyyttä. Pinnoitusmateriaalit eivät aiheuta todennäköistä terveysriskiä tilojen käyttäjille. Mahdolliset riskit liittyvät rakenteiden työstämiseen, kuten hitsaukseen.

Menneinä vuosisatoina peltikattojen peltiin siveltiin vernissaa, lyijymönjää, kivihiilitervaa tai öljy- tai grafiittimaalia. Metallipinnoitteista tinaus on vanhin ja sitä käytettiin jo 1700-luvulla. (Väisänen (toim.), 2007.)

Teräksen palonsuojaustapoja ovat rakenteen verhoilu levyillä, betonointi, rappaukset, mineraalivilla, vesi tai pinnoittaminen ruiskutettavilla pinnoitteilla tai palonsuoja-aineilla (Väisänen (toim.), 2007). Palonsuojamaalauksessa yleisesti käytettyjä maalityyppejä ovat vesi- ja liuotinhenteiset ja 2-komponenttimaalit (Teräsrakenneyhdistys ry, 2017). Maalin valinta riippuu käyttökohteesta, käyttöolosuhteista ja rasituksesta sekä vaadituista muista ominaisuuksista.

Teräslevyjen pinnoittamiseen on käytetty myös terveydelle haitallisia lyijyä, asbestia ja PAH-yhdisteitä sisältäviä bitumituotteita. Kattopeltien pinnoittamisessa käytetty lyijymönjä ja eri pigmenttien sekoitukset olivat yleisiä 1850-luvulta lähtien. Kivihiilitervaa

50 SFS-EN 10204: Metallituotteiden aineodistukset

sisältäviä tuotteita on käytetty muun muassa kattopeltien pinnoittamisessa aina 1900-luvun alusta alkaen. Bitumiasbestipinnoitteisia teräslevyjä käytettiin 1950–70-luvuilla katteena ja julkisivuverhouksessa parantamaan teräslevyjen palonsuojaus- ja syöpymisenkestävyyssominaisuuksia. Lyijyä sekä PAH-yhdisteitä sisältäviä tuotteita on voitu käyttää aina 1990-luvulle asti. Terästä on käytetty itsenäisenä rakennusmateriaalina yleisesti jo 1800-luvulta asti. (Väisänen (toim.), 2007.)

6.5.7.2 Ohutlevy

Terästuotteiden jatkojalostuksen, valssauksen, avulla voidaan valmistaa ohutlevytuotteita. Nykyiset tehtaalla valmiiksi pinnoitetut pellit ovat suhteellisen uusia kattopeltityyppejä. Ohutlevyjen tehdasmaalauksessa käytettäviä pinnoitteita ovat esimerkiksi PVDF (polyvinyylideenifluoridi), pural (polyuretaani), PVC (polyvinyylidikloridi), akryyli ja polyesteri.

6.5.7.3 Pelti-villa-pelti-rakenne

Pelti-villa-pelti-rakennetta (sandwich-elementti) käytetään usein julkisivuelementtinä, jossa kahden peltirakenteen välissä on lämmöneristeenä mineraalivillaa. Suurin osa näistä mineraalikuitumateriaalista kuuluu ryhmään kivivilla ja kuonavilla, joista käytetään yleisesti yhteisnimitystä mineraalivillat tai eristevillat.

Kemiallisesti teolliset mineraalikuidut koostuvat silikaateista. Raaka-aineesta ja käyttötarkoituksesta riippuen ne sisältävät vaihtelevia määriä muiden metallien oksideja. Esimerkiksi alumiinioksidi lisää kuitujen kemiallista ja lämmönkestävyyttä. Maa-alkalimetallien oksidit (kalsiumoksidi, magnesiumoksidi) sekä alkalimetallien oksidit (natriumoksidi ja kaliumoksidi) lisäävät kuitujen liukoisuutta.

Mineraalivillatuotteet voivat sisältää mineraalikuitujen (87–100 %) lisäksi orgaanista sideainetta (0–13 %) ja mineraaliöljyä (0–0,5 %) (Paroc, 2016; Isover, 2014; Isover, 2017; Knauf Insulation, 2017; Aikivuori, 2001). Mineraalivillojen yleisimmin käytetty sideaine on fenoli-formaldehydihartsit (bakeliittiliima), mutta se on korvattu viime vuosikymmeninä muun muassa melamiini-, akryyli- ja tärkkelyspohjaisilla sideaineilla (IARC, 2002; Knauf Insulation, 2017). Boraatteja kuituvalmistisiin lisätään edistämään kuitujen mekaanista kestävyyttä ja lämmönkestävyyttä sekä tuotteiden kestokykyä vedelle ja kemikaaleille (EC, 2008). Mahdollisista tuotteiden sisältämistä lisäaineista ei ole helposti saatavilla olevaa julkista tietoa. Suomessa mineraalivilla on yleinen rakennusten eristemateriaali aina 1960-luvulta lähtien.

6.5.8 Terästuotteiden mahdolliset haitta-aineet, epäpuhtaudet ja terveysriskit

Teräsrakenteissa esiintyvät terveydelle ja ympäristölle vaaralliset aineet ovat mahdollisten pinnoitteiden (maali- ja palonestotuotteet) asbesti sekä elastisissa saumausmassoissa olevat PCB- ja lyijy-yhdisteet, jotka eivät ole haihtuvia. Näiden tyyppisten haitta-aineiden terveysvaaroja on kuvattu luvuissa 6.4.1–6.4.3.

Pelti-villa-pelti-rakenteen mineraalivillaeristeissä voi esiintyä mikrobivaurioita, silloin kun materiaalissa on ravinnoksi kelpavaa ainesta sekä riittävästi kosteutta ja lämpöä. Pitkäaikainen altistuminen rakennuksissa, joissa on merkittävä kosteus- ja mikrobivaurio ja vauriosta yhteys sisäilmaan, voi aiheuttaa hengitystieoireita ja lisätä hieman astmaan sairastumisen riskiä.

6.5.9 Eristeet ja muovi

6.5.9.1 XPS ja EPS-eristeet

EPS-eristeet ovat polystyreenistä vesihöyryn avulla paisuttamalla valmistettuja lämmön-eristeitä. Eristeen umpisoluihin rakenteisiin saadaan aikaan ponnaaine pentaanin avulla, joka korvautuu valmistusprosessissa ilmalla. Lopullisessa materiaalissa muoviraaka-ainetta on 2...5 tilavuus-%. EPS-eristeen raaka-aineena on öljy ja sen osuus lopullisessa tuotteessa on 2 % tilavuudesta (lopun tilavuudesta on ilmaa). XPS-eristeet ovat levymäiseen muotoon suulakepuristettua polystyreeniä, jonka solurakenne on yhtenäinen ja suljettu.

EPS- ja XPS-eristeitä käytetään lämmön-eristeinä, äänenvaimennustuotteina, lisälämmön-eristämiseksi ja teknisinä eristeinä korjaus- ja uudisrakentamisessa. Rakennuseristeiden käyttö-kohteita ovat muun muassa lattia-, seinä-, katto- ja routaeristykset.

Palonestoaine heksabromisyklododekaania (HBCD) on käytetty kymmenien vuosien ajan muovi- ja rakennustuotteiden valmistuksessa, erityisesti paloluokitelluissa EPS- ja XPS-eristeissä niiden paloturvallisuuden parantamiseen. Pysyviä orgaanisia yhdisteitä rajoittavan Tukholman sopimuksen osapuolikokous päätti HBCD:n käytön maailmanlaajuisesta kiellosta vuonna 2013, EU:ssa kiello implementoitiin vuonna 2016 (UNEP 2019, Annex I EY 850/2004). Kaupin (2017) selvityksen mukaan Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin Ketu-rekisterin (kemikaalituoterekisteri) tietojen perusteella Suomeen tuotiin POP-yhdisteisiin kuuluvia bromattuja palonestoaineita, myös HBCD:tä, vielä vuonna 2014, ja niitä käytettiin muovi- ja rakennustuotteiden valmistuksessa vielä vuonna 2015 (Kauppi, 2017).

Kattavaa yleiskuvaa nykyään eristeissä käytettävistä palonestoaineista on vaikeaa saada. Materiaalitoimittajalta saadun tiedon mukaan eräissä EPS-tuotteissa käytetään palonestoaineina bromattua polymeeriä ja materiaalitoimittajan myymissä XPS-eristeissä ei käytetä palonestoaineita. Yleisesti materiaalivalmistajilla voi olla valmistajakohtaisia vapaaehtoisia ympäristöselosteita ja M1 päästöluokituksia.

6.5.9.2 PIR ja PUR-eristeet

PU-eristeet ovat polyuretaanista valmistettuja solumuovieristeitä. Polyuretaanin teollinen valmistus aloitettiin 1940-luvulla. Sen pääraaka-aineet ovat isosyanaatti- ja polyoliyhdisteet sekä ponneaine. PUR-eristeiden valmistus pohjautuu polyuretaaniin ja PIR-eristeiden valmistus polyisosyanuraattiin. Lisäksi valmistuksessa käytetään materiaalin ominaisuuksien muokkaamiseen ja valmistusprosessiin erilaisia apuaineita, kuten polysiloksaaniyhdisteitä. PU-eristeiden rakenne muodostuu pienistä kaasua tai ilmaa sisältävistä soluista.

Talonrakentamisessa käytetään erilaisia pinnoittamattomia tai pinnoitettuja PIR ja PUR-eristelevyjä sekä ruiskutettavia PU-tuotteita. Eristelevyn pinnoitteena on yleensä paperi, muovi tai alumiinilaminaatti. PU-rakennuselementtejä käytetään esimerkiksi katto-, seinä- ja sokkeli-rakenteina ja teollisuusrakennusten lämmöneristeinä.

PU-eristeiden paloneston parantaminen on perustunut materiaalin pinnoittamiseen tai verhoamiseen eikä tiedossa ole palonkeston parantamiseen liittyvää tietoa palonestoaineista menneiltä vuosikymmeniltä (Rakennustieto Oy, 1989). Materiaalivalmistajalta saadun tiedon mukaan PU-eristeiden palonestoaineina käytetään nykyään ainakin organofosfaattipalonestoaineiden ryhmän kuuluvaa tris(1-kloori-2-propyyli)fosfaattia (TCPP/TCIPP, CAS 13674-84-5).

PU-eriste itsessään kestää kosteutta eikä se homehdu. Yleisesti materiaalivalmistajilla voi olla valmistajakohtaisia vapaaehtoisia ympäristöselosteita ja M1 päästöluokituksia.

6.5.10 Eristeiden haitta-aineet, epäpuhtaudet ja terveysriskit

Nykyiset EPS-eristeet ovat normaaleissa käyttöolosuhteissa hajuttomia ja pölyttömiä. Ne eivät myöskään turmellu biologisesti, hajoa tai lahoa. Materiaalit itsessään eivät sisällä sellaisia ainesosia, jotka voisivat homehtua. Kaatopaikkajätteenä EPS-eristeet ovat maatumattomia eivätkä aiheuta haitallisia päästöjä. EPS-eristeiden työstö ja asentaminen eivät edellytä erityisten suojavarusteiden käyttöä. (Hoikkala, 2000). Nykyään eristeissä käytetään paloestonaineena valmistajan ilmoittaman tiedon mukaan ainakin polymeeriä FR-122P,

jota valmistaja ei ole luokitellut terveydelle tai ympäristölle vaaralliseksi. Tällä hetkellä polymeerit, joilla ei tällaisia luokituksia ole, on vapautettu REACH-asetuksen mukaisesta rekisteröintivelvoitteesta.

POP-yhdisteisiin kuuluvaa HBDC:tä on käytetty EPS-eristeiden paloturvallisuuden parantamiseen 1960-luvulta asti, ja siten sitä voi esiintyä erityisesti ennen vuotta 2016 valmistetuissa tuotteissa. POP-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja ei saa kierrättää, jos pitoisuus jätteessä ylittää POP-asetuksen liitteessä I määritellyn raja-arvon. Myös REACH-asetuksen perusteella HBDC:n käyttö on sallittua vain luvanvaraisesti. Joidenkin POP-yhdisteiden terveysvaaroja on kuvattu luvuissa 6.4.1–6.4.3.

PU-eristeiden palonestoaineina käytetään nykyään ainakin organofosfaattipalonestoaineryhmän kuuluvaa tris(1-kloori-2-propyyli)fosfaattia (TCPP/TCIPP, CAS 13674-84-5). TCIPP:tä ei ole tällä hetkellä luokiteltu vaaralliseksi EU:ssa, eikä sitä ole säädelty tai lisätty SVHC-listalle, toisin kuin esimerkiksi tris-2-kloorietyylifosfaatti (TCEP) tai tris[2-kloori-1-(kloorimetyylietyyli)]fosfaatti (TDCP), joita on saatettu käyttää aiemmin. TCIPP on kuitenkin rakenteellisesti samankaltainen kuin edellä mainitut syöpävaarallisiksi luokitellut yhdisteet, ja on siksi myös tarkastelun alaisena terveysriskien suhteen⁵¹, samoin kuin useat muut rakenteeltaan samankaltaiset, vielä säätlemättömät palonestoaineet.

6.6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -materiaalien terveellisyyteen ja turvallisuuteen liittyvässä luvussa on käsitelty materiaaleja ja rakennusosia, joiden käyttötarkoitus olisi sisäympäristöihin jollakin tavalla yhteydessä olevissa rakenteissa tai rakenteiden osissa (kuten ulkoseinä-, lattia, välipohja-, yläpohja- ja väliseinärakenteet). Rakennusosien ja materiaalien uudelleenkäytön terveystarkastusta on käsitelty kirjallisuudessa saatavilla olevien tietojen perusteella.

Nyt tehty selvitys ei sulje pois uudelleenkäytettävien rakennusosien käyttöä mahdollisesti muussa rakentamisessa kuin sisäympäristöihin liittyvissä rakenteissa. Myös muun käyttötarkoituksen osalta on tehtävä materiaaliakohtaiset selvitykset ja arviot haitta-aineiden ja epäpuhtauksien osalta ottaen huomioon esimerkiksi mahdollinen haitta-aineiden pääsy ympäristöön.

⁵¹ https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/screening_report_tcep_tcpp_td-cp_en.pdf/e0960aa7-f703-499c-24ff-fba627060698

Nyt tehdyn selvityksen ulkopuolelle jää myös purku- ja kierrätystyössä mahdollinen tapahtuva työperäinen altistuminen, joka on hyvin erilaista kuin tilojen käyttäjien altistuminen kierrätysmateriaaleja sisältävissä sisäympäristöissä.

6.6.1 Uudelleenkäytettävien rakennusosien arviointi, terveys ja turvallisuus

Arvioitaessa rakennusmateriaalien uudelleenkäytön mahdollisuuksia, on tunnettava kyseessä olevan materiaalien raaka-aineet. Jos rakennusmateriaalit sisältävät lainsäädännöllä, kuten REACH- tai POP-asetuksilla, säädeltyjä terveydelle tai ympäristölle haitallisia raaka-aineita, niitä ei nykylainsäädännön valossa voida käyttää uudelleen. Jos tällaisia säädeltyjä, haitallisia raaka-aineita ei ole, täytyy uudelleenkäytön mahdollisuutta arvioitaessa huomioida lisäksi mahdolliset rakentamisen yhteydessä käytetyt muut materiaalit, kuten pinnoitteet, laastit, kyllästeet ja sauma-aineet. Myös näissä esiintyvät, lainsäädännöllä säädellyt terveydelle tai ympäristölle haitalliset aineet luovat selvän esteen materiaalin uudelleenkäytölle, ellei näitä lisättyjä aineita voida poistaa.

Tässä työssä tarkastelluista rakennusmateriaalista tunnistettiin joitakin, joiden uudelleenkäyttö sisäympäristön kanssa yhteydessä olevissa rakenteissa ei useinkaan ole mahdollista. Tämä johtuu mahdollisesti niiden valmistuksessa käytetyistä, terveydelle haitallisista raaka-aineista, joiden esiintymisestä materiaaleissa ei välttämättä ole tarkkaa tietoa. Näitä materiaaleja ovat tässä työssä tarkastellut, ennen vuotta 2016 valmistetut ja paloluokitellut EPS, XPS ja mahdollisesti PU -eristeet ja näiden lisäksi kemiallisesti käsitelty puu.

Kirjallisuuden mukaan ennen vuotta 2016 valmistetut paloluokitellut eristeet (EPS, XPS) voivat varsin yleisesti sisältää nykyään säädeltyjä palonestoaineita, kuten HBCD:tä, jolloin niitä ei voi uudelleenkäyttää. Samoin kemiallisesti kyllästetty puu sisältää yleisesti nykyään lainsäädännöllä säädeltyjä, terveydelle haitallisia aineita, esimerkiksi kreosoottia, kromi-kupari-arseeni (CCA) tai kromi-kupari (CC) suoloja. Myös muun kemiallisesti käsitellyn puun uudelleenkäyttö saattaa olla haastavaa, riippuen käsittelyihin käytetyistä aineista.

Betoni, tiili, teräs ja käsittelemätön sahatavara eivät nykytiedon perusteella sisällä erityisen ongelmallisia raaka-aineita. Näidenkin rakennusmateriaalien alkuperäisestä käyttötarkoituksesta riippuen on kuitenkin tärkeää huomioida myös niihin rakentamisen tai korjaamisen aikana lisätyt tuotteet ja niiden sisältämät, mahdollisesti haitalliset aineet, materiaaleihin käytön aikana mahdollisesti imeytyneet aineet ja tai muut syntyneet epäpuhtaudet, kuten esimerkiksi mikrobiologiset tai kemialliset tekijät ja pölyt sekä hajut.

Monet yleisesti rakennusmateriaaleissa esiintyvistä terveydelle haitallisista kemiallisista yhdisteistä on jo otettu huomioon nykyisessä haitta-ainetutkimuksessa (PAH- ja PCB-yhdisteet, asbesti ja jotkut metallit). Lisäksi on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota myös muihin säädeltyihin kemiallisiin yhdisteisiin, joita on aiemmin saatettu käyttää rakennusmateriaaleissa yleisestikin. Näitä ovat esimerkiksi palonestoaineista jo mainittu HBCD ja lyhytketjuiset klooriparafiinit, sekä tietyt muovien sisältämät ftalaatit.

Nykyisen haitta-ainetutkimuksen tavoite on tunnistaa haitta-aineet erityisesti purkutyöntekijöiden altistumisen vähentämiseksi ja estämiseksi sekä purettavien materiaalien jatkokäsittelyn ja hävittämisen näkökulmasta. Siten nykyinen haitta-ainetutkimus (RT-11245, 2016) ei vastaa kaikilta osin uudelleenkäytettävien rakennusosien- ja materiaalien haitta-aineiden tutkimustarvetta.

Materiaalien raaka-aineiden ja niihin lisättyjen aineiden lisäksi on otettava huomioon myös mahdolliset käytön aikana materiaaleihin muodostuneet tai päätyneet epäpuhtaudet. Epäpuhtaudet saattavat vaikuttaa sisäilman laatuun, jos ne päätyvät rakenteisiin, joiden kautta tai joista on yhteys sisäilmaan.

Tällä hetkellä lainsäädännössä ei ole menettelyohjeita tai periaatteita uudelleenkäytettävien rakennusmateriaalien epäpuhtauksien tutkimiseen ja tutkimustulosten tulkintaan. Asumisterveysasetuksen 545/2015, haitta-ainetutkimusohjeen, asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen ja kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen kuntotutkimusohjeen mukaan olemassa olevan rakennuksen sisäilmassa ja materiaaleissa esiintyville mikrobeille, hajuille, kemiallisille yhdisteille ja haitta-aineille on annettu toimenpide- ja raja-arvoja. Lisäksi on annettu suunnittelu- ja tavoitearvoja rakennusten ja sisäympäristöjen suunnitteluun ympäristöministeriön asetuksessa 1009/2017 ja Sisäilmastoluokituksessa 2018.

Nykyisiin toimenpide-, raja- ja suunnittelun tavoitearvoihin nojautuen uudelleenkäytettävissä rakennusosissa ei tulisi esiintyä annettuja arvoja ylittäviä, sisäilman laatuun vaikuttavia epäpuhtauksia ja hajuja. Mikäli uudelleenkäytettävissä materiaaleissa tällaisia esiintyy myös alle toimenpide- ja raja-arvojen, tulee uudelleenkäyttö ja rakenteet suunnitella siten, että epäpuhtauksilla ei ole vaikutusta sisäilman laatuun. Tähän voidaan vaikuttaa suunnittelussa muun muassa käyttökohteen valinnalla, rakenteellisilla ratkaisuilla, haittojen poistolla tai estolla.

Uudelleenkäytettävissä rakennusosissa ei tule esiintyä kiellettyjä aineita, kuten asbesti, PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet ja tietyt terveydelle haitalliset metallit. Uudelleenkäytettävien rakennusosien puhdistukseen liittyviin toimenpiteisiin ja niissä käytettäviin aineisiin tarvitaan myös ohjeistusta jatkossa.

6.6.2 Lainsäädännön asettamat reunaehdot rakennusosien uudelleenkäytölle

Tämän tarkastelun ja myös aiemman SIRKKU-hankkeen perusteella on ilmeistä, että nykyinen kemikaalilainsäädäntö voi olla hidaste tai jopa este tehokkaalle materiaalien ja rakennusosien uudelleenkäytölle. Tämä on tarkoituksenmukaista ja toivottua silloin, kun vanhojen rakennusmateriaalien sisältämät kemialliset yhdisteet voivat aiheuttaa terveys- tai ympäristöriskin. Näin ei kuitenkaan välttämättä kaikissa tapauksissa ole.

Kuten edellä on kuvattu, rakennusmateriaalit voivat sisältää aiemmin yleisesti käytettyjä yhdisteitä, joiden käyttö on nykyään rajoitettua tai kiellettyä. Lainsäädännön pohjalta, erityisesti EU:n REACH- ja POP-asetukset huomioiden, nykytilanteessa ei voida uudelleenkäyttää sellaisia rakennusmateriaaleja, jotka sisältävät tai joihin on lisätty muita materiaaleja, jotka sisältävät nykyään kiellettyjä, rajoitettuja tai luvanvaraisia kemiallisia yhdisteitä. Tällöin lainsäädäntö voi toimia esteenä rakennusmateriaalien uudelleenkäytölle. Myös sellaisten materiaalien uudelleenkäyttö saattaa olla käytännössä haastavaa, jotka sisältävät REACH-asetuksen perusteella SVHC-aineiksi tunnistettuja kemiallisia yhdisteitä, koska jo SVHC-tunnistus aiheuttaa yrityksille tiettyjä velvoitteita, kuten käyttöturvallisuustiedotteen toimittamisen.

Nykyään puuttuu kuitenkin tarkempaa tutkittua tietoa siitä, kuinka paljon lainsäädännöllä säädeltyjä yhdisteitä tai REACH-asetuksen mukaisia SVHC-yhdisteitä rakennusmateriaaleissa esiintyy, ja millainen niiden altistumispotentiali materiaalien uudelleenkäytössä olisi tilojen käyttäjille. Altistumispotentialiin vaikuttavat sekä kyseessä olevien yhdisteiden fysikaalis-kemialliset ominaisuudet, kuten haihtuvuus, että se, millaisiin rakenteisiin uudelleenkäytettäviä materiaaleja käytettäisiin.

On hyvin mahdollista, että ainakin osa näistä säädellyistäkin aineista on sellaisia, että niitä sisältävien materiaalien turvallinen käyttö voisi tarvittaessa olla mahdollista ainakin joissakin käyttötarkoituksissa. Erityisesti silloin, kun ne eivät olisi suorassa yhteydessä sisätiloihin. Esimerkkinä voisi mainita SVHC-listalla olevat boraatit, joita on käytetty palonsuoja- ja biosiditarkoituksissa. Mikäli boraatit etenevät EU:ssa SVHC-listalta autorisointimenettelyyn tai vaihtoehtoisesti niille laaditaan rajoitus, tulisi uudelleenkäyttöskenaariot huomioida näissä yhteyksissä. Jos altistumista ei ole terveyshaitan kannalta olennaisille pitoisuuksille, niistä ei myöskään aiheudu terveysriskiä.

Tällaisten materiaalien mahdollisten terveyden kannalta turvallisten käyttökohteiden tunnistaminen vaatii perusteellisen toksikologisen riskinarvioinnin ja sen pohjaksi tutkimustietoa. Lisää tutkimustietoa tarvittaisiin erityisesti vanhoista, rakennusmateriaaleissa esiintyvistä säädellyistä aineista, niiden pitoisuuksista ja emissioista.

EU-asetuksella säädeltyjen aineiden kohdalla asia vaatii EU-tasolla tehtävää tarkastelua. Lisäksi tarvittaisiin toimiva järjestelmä, josta olisi saatavilla luotettavaa tietoa materiaalien sisältämistä kemiallisista yhdisteistä ja niiden pitoisuuksista. Esimerkkinä tällaisesta järjestelmästä SVHC-aineita sisältävien esineiden tietojen osalta on Euroopan kemikaaliviraston SCIP-tietokanta (Substances of Concern In articles as such or in complex objects (Products)).

6.6.3 Uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoistaminen, terveys ja turvallisuus

Tällä hetkellä lainsäädännössä ei ole menettelyohjeita tai periaatteita uudelleenkäytettävien rakennusosien ja materiaalien terveellisyteen, turvallisuuteen ja hygieniaan liittyvän kelpoisuuden osoittamiseen (katso luku 4.9).

Uudelleenkäytettävä rakennusmateriaali tai -osa on ollut käytössä ja näin ollen sen ominaisuudet eivät välttämättä vastaa alkuperäisiä ominaisuuksia muun muassa käyttöhistoriasta (haitta-aineet ja epäpuhtaudet), mahdollisista käsittelyistä (haitta-aineet), materiaalien vanhenemisesta ja vaurioitumisesta (epäpuhtaudet) johtuen. Kelpoistamisprosessia suunniteltaessa haitta-aineiden ja epäpuhtauksien sekä niitä sisältävien materiaalien ja raaka-aineiden tunnistaminen vaatisi pohjaksi tutkimustietoa ja menettelyohjeita sekä järjestelmän, jossa olisi tietoa materiaalien raaka- ja käsittelyaineiden sisältämisestä kemiallisista yhdisteistä, niiden pitoisuuksista ja mahdollisista epäpuhtauksista.

Haitta-aineiden ja epäpuhtauksien selvittämiseksi tarvitaan tietoa raaka-aineiden lisäksi rakennuksen ja materiaalien käyttöhistoriasta (materiaaleissa ja rakennuksen käytön aikana rakenteiden pinnoilla, käsittelyissä ja vaurioitumisessa syntyneitä) ja materiaaleihin kohdistuvia tutkimuksia.

Haitta-ainetutkimuksen (RT-18-11245, 2016) tarkoitus on lähtökohtaisesti erilainen kuin uudelleenkäytettävien rakennusmateriaalien ja -osien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien tutkimuksen tulisi olla. Nykyinen haitta-ainetutkimusohje ei sellaisenaan riitä uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -materiaalien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien tutkimiseksi ja tulosten tulkitsemiseksi, silloin kun halutaan tutkia ja varmentaa sisäympäristöissä uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoisuutta.

Uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -materiaalien tutkimus tulisi toteuttaa haitta-ainetutkimusta laajempaan, ottaen huomioon uudelleenkäytettävien rakennusmateriaalien ja -osien raaka-aineet ja lisätyt haitta-aineet sekä käsittelyiden ja käytön aikana tulleet tai syntyneet haitta-aineet ja epäpuhtaudet.

Haitta-ainetutkimusohjeessa esitettyjen selvitysten lisäksi uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -materiaalien raaka-aineiden ja lisättyjen haitta-aineiden tutkimuksen tulisi sisältää bromattujen ja organofosfaattipalonestoaineiden, rajoitettujen ftalaattien ja klooriparafiinien selvittämisen niistä materiaaleista, joissa niitä on voitu käyttää. Lisäksi pitäisi selvittää erilaisten materiaalien vaurioiden kautta materiaaleissa tai niiden pinnoilla esiintyvät mikrobit ja kemialliset yhdisteet sekä hajut. Tällöin myös voitaisiin tunnistaa potentiaaliset uudelleenkäytettävät rakennusmateriaalit ja -osat, joiden osalta uudelleenkäytön hyväksyntä- ja kelpoistamisprosessia voitaisiin teoriassa jatkaa.

Teollisuuskiinteistöjen rakennusmateriaalien uudelleenkäytössä tulee lisäksi ottaa huomioon, onko tiloissa käsitelty jotain muita vaarallisia aineita, kuten syöpävaaralliseksi, perimämyrkylliseksi tai lisääntymismyrkylliseksi luokiteltuja liuottimia tai muita aineita, jotka ovat saattaneet imeytyä materiaaleihin. Mikäli näitä teollisuuskiinteistöjen rakennusmateriaaleja halutaan uudelleenkäyttää, niiden aiheuttama terveysriski on arvioitava tapauskohtaisesti. Jatkossa on syytä arvioida millaisia ohjeita uudelleenkäytettävien rakennusmateriaalien ja -osien tutkimiseen ja tulosten tulkintaan tarvitaan.

Uudelleenkäytettävien rakennusmateriaalien ja -osien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien tutkijoilla tulisi olla osaamista perinteisten haitta-aineiden tunnistamisen ja analysoinnin lisäksi laajasti eri raaka-aineista, vaurioista ja rakennusmateriaalien historiasta sekä eri haitta-aineiden vaikutuksista sisäilman laatuun ja niiden mahdollisesta vaikutuksesta tilojen käyttäjien terveyteen.

Koska uudelleenkäytettävät rakennusmateriaalit ja -osat eivät vastaa uusia materiaaleja, rakennuksen ja rakenteiden suunnittelijalla tulisi olla tietoa ja osaamista uudelleenkäytettävien materiaalien haitta-aineista ja epäpuhtauksista. Tällöin ne voidaan huomioida kohteen suunnitelmissa, esimerkiksi materiaalien käyttökohteen ja rakenteiden ominaisuuksien suunnittelussa. Uudelleenkäytettävien rakennusmateriaalien ja -osien kelpoistamisen (koko testaus ja laadunvarmistusprosessi, katso luku 4.9) ja sen yhteydessä annettavien lausuntojen osalta tarvittaisiin laaja-alaista osaamista ja yhtenäisiä käytäntöjä sekä ohjeita.

Paljon selkeytettävää on myös edelleen erilaisissa vastuukysymyksissä liittyen uudelleenkäytettävien materiaalien soveltuvuuteen eri käyttötarkoituksiin terveellisyyden ja turvallisuuden näkökulmista. Erityisen hankalaa vastuukysymysten ratkaiseminen on silloin, jos uudelleenkäytettävistä materiaaleista aiheutuu ongelmia.

7 Purkumateriaalien hyödyntämisen markkinoiden ja ohjauskeinojen kehittäminen

Markku Anttonen ja Harriet Lonka

7.1 Johdanto

Hankkeen tavoitteena oli selvittää, mitä purkumateriaalien kiertotaloutta edistävät markkinat vaativat kehittyäkseen ja millaisia ohjauskeinoja markkinoiden kehittymisen tukena voidaan käyttää.

Tietoa markkinoiden toimivuudesta, ohjauskeinoista ja näiden kehitysnäkymistä kerättiin asiantuntijatyöpajassa, työpajan ennakkokyselyssä sekä asiantuntijahaastatteluissa kevään 2021 aikana. Haastattelut toteutettiin yksilö- ja ryhmähaastatteluina. Haastattelujen tuloksia hyödynnettiin myös asiantuntijatyöpajan valmistelussa.

Kyselyn ja työpajan kautta pyrittiin saamaan mahdollisimman edustavasti näkemyksiä kahteen kysymykseen. Ensinnäkin vastaajia pyydettiin kertomaan siitä, millaiset purkutuotteiden toimivat markkinat olisivat tulevaisuudessa (> 10 vuotta). Toiseksi haettiin näkemyksiä siitä, millaisilla ohjauskeinoilla ja esimerkiksi toimialojen omilla toimenpiteillä markkinoita voitaisiin saada kehittymään toivottuun suuntaan. Työpajaan osallistui 44 osallistujaa, jotka kaikki vastasivat ilmoittautuessaan myös ennakkokyselyyn. Työpajan osallistujien taustaorganisaatiot jakautuivat siten, että puolet edusti yrityksiä ja toinen puoli jakautui tasan toimialajärjestöjen ja julkisen sektorin edustajiin.

Asiantuntijahaastatteluiden ja työpajatyöskentelyn lisäksi työvaiheen lähdeaineistona käytettiin asiantuntijakirjallisuutta. Kirjallisuustarkastelun lähdeaineiston hankinta toteutettiin verkkohaun avulla (google scholar, google, hyödyntäen hakusanoina: purkumateriaalien hyödyntäminen ja uudelleenkäyttö, ohjauskeinot, markkinat, kiertotalous; construction and demolition waste, reuse, recycling, markets, circular economy). Kirjallisuuskatsauksessa keskityttiin Eurooppaa, pohjoismaita ja Suomea käsittelevään kirjallisuuteen.

Rakentamisen purkumateriaalien markkinoiden ja näiden kehittymiseen tarvittavien ohjauskeinojen vaatimukset voidaan tiivistää seuraavasti: Rakentamisen purku- ja kierrätystuotteiden markkinan syntyminen ja kehittyminen edellyttävät systeemistä muuttosta. Järjestelmän on mahdollistettava purku- ja kierrätystuotteiden riittävä ja luotettava tarjonta, näiden tuotteiden sääntelyllinen hyväksyttävyyys sekä kysyntä. Ohjauskeinoja on kehitettävä niin, että ne edistävät taloudellisesti kannattavien markkinoiden muodostumista.

7.2 Markkinanäkymät nyt ja tulevaisuudessa

7.2.1 Markkinoiden muotoutuminen

Markkinat ovat jakautuneet segmentteihin. Näitä ovat esimerkiksi purkutuotteiden⁵² ja purkumateriaaleista valmistettujen kierrätystuotteiden markkinat. Perinteisillä markkinoilla on isojen volyymien purkumateriaaleja (esim. betonimurske), joissa taloudellinen kannattavuus syntyy suurista määristä ja tuotannon mittakaavaeduista. Purkutuotteiden uudelleenkäytön markkinoiden nähdään tällä hetkellä erikoistuvan rajallisiin, korkealaatuisten purkutuotteiden markkinoihin, jossa käsityömainen purkaminen mahdollistaa yksittäisten tuotteiden tarjonnan, olivat ne sitten purkukohteiden kiinteitä rakenteita tai irtaimistoa. Kutsumme näitä tässä työssä artesaanimarkkinoiksi. Näillä markkinoilla taloudellinen tehokkuus ja suuret volyymit eivät ole keskiössä, vaan kannattavuutta ja taloudellista tulosta haetaan korkealaatuisista, pienistä eristä purkutuotteita, joita voidaan käyttää sellaisenaan. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi ikkunat, liimapuupalkit ja ovet. Kansainvälisenä esimerkkinä voidaan mainita iso-britannialainen Salvo⁵³, joka mm. kierrättää uudelleenkäyttöön arkkitehtonisesti arvokkaita purkutuotteita myös kansainvälisille markkinoille.

Suomen purkumateriaalien hyödyntämisen ja erityisesti uudelleenkäytön markkinat ovat suhteellisen pienet ja voimia olisi yhdistettävä myös Euroopan tasolla, jotta saataisiin aikaan kannattavaa liiketoimintaa. Alan yhteistyö kaipaa tehostusta ja yhteistä ponnistusta markkinoiden avaamiseksi ja kehittämiseksi. Mahdollisuuksia voisi tarjota esimerkiksi yhteistyö rakennustuotteiden spesifikaatioiden (CE merkintä) tasolla, standardisoitujen suunnittelu- ja purkukäytäntöjen ja esimerkiksi digitalisaation (tiedon saatavuus ja hyödynnettävyys) osalta.

⁵² *Purkutuotteella* tarkoitetaan tässä raportissa purettavasta rakennuksesta vapautuvien rakennustuotteiden tai niiden osien käyttämistä uudelleen rakennustuotteena. Uudelleenkäyttökohde voi kuitenkin olla eri kuin alkuperäinen käyttökohde, esimerkiksi kantava palkki käytetään uudelleen ei-kantavana rakenteena. Ks. tarkemmin luku 1.2, sivu 16.

⁵³ <https://www.salvoweb.com/>

Suurivolyymisille teollisille purkumateriaaleille sekä kierrätystuotteille löytyy jonkin verran markkinoita kansallisesti ja Euroopan tasolla. Massatuotteista markkinat esimerkiksi betonimurskeelle ovat kotimaassa olemassa ja puumateriaalia voidaan hyödyntää yhdessä eurooppalaisessa OSB-levyjen tuotantolaitoksessa. Betonirakenteita on mahdollista hyödyntää toiseen käyttöön. Esimerkkinä tästä ovat betonipalkit, joita voi olla vaikea käyttää uudestaan kantavina rakenteina, mutta joita voidaan käyttää sellaisenaan muussa käytössä. Betonin osalta materiaalina hyödyntäminen on mahdollista osana uuden betonin valmistusta. Edellytys purkubetonin hyödyntämiselle uuden betonin valmistuksessa on luotettavan kelpoistamistiedon saatavuus.

Digitalisaatiolla ja tiedonhallinnalla on kaiken kaikkiaan keskeinen rooli niin purkutuotteiden uudelleenkäytön kuin kierrätystuotteiden toimivien markkinoiden synnyttämisessä. Tämä koskee sekä yrityksiä että kunta- ja muita viranomaistoimijoita. Kuten yksi vastaaja totesi: ”Kiertotalouden seurantatyökalut ovat kehittyneet siihen pisteeseen, että organisaatioiden ja kaupunkien tavoitteita voidaan seurata ja verrata helposti, niin sisäisesti kuin ulkoisesti”. Esimerkiksi purettavista rakennuksista tehtävät digitalisoinnit voisivat tukea rakennusosien uudelleenkäyttöä. Parhaimmillaan uudelleenkäytettäviä osia voitaisiin tarkastella kokonaisuuksina, jossa nykyistä tarkemmalla tasolla pystyttäisiin ottamaan huomioon alkuperäisen suunnittelun muuttujia ja tekijöitä, kuten esimerkiksi mitoitukset, kuormitukset ja dimensiot (ks. esim. Pulkki & Hassinen 2021).

Yritysten toiminnassa ja siten markkinoiden kehittämisessä on tarvetta ja tilaa erilaistumiselle ja rooleja sekä isoille että pienille toimijoille. Taloudellinen kannattavuus edellyttää suuria volyymeja ja siten tuotanto- ja liiketoimintakapasiteettia. Tämä on mahdollista saavuttaa sekä yrityskoon kasvattamisella että eri kokoisten toimijoiden ekosysteemejä muodostamalla. Pienillä toimijoilla on mahdollisuuksia innovatiivisten ratkaisujen etsimiseen, ja ne voivat toimia ketterinä kokeilujen tekijöinä. Markkinat ovat erilaiset myös tarkasteltaessa uuden rakentamista ja olemassa olevan rakennuskannan korjausta, ylläpitoa ja purkamista. Jotta rakentamisen eri toimialoilla saavutetaan kiertotalouden tavoitteiden mukainen siirtymä, liiketoiminnassa tarvitaan uudenlaista suunnittelu- ja purkuosaamista (ks. taulukko 3).

Markkinoiden syntyyn, kasvuun ja toimivuuteen vaikuttaa keskeisesti myös rakennus- ja purkuhankkeiden tilaajien toiminta. Tärkeää olisi purkumateriaalien käytön edistäminen uudisrakentamisessa, mikä tapahtuisi esimerkiksi kehittämällä purkuhankkeiden kilpailutuksissa asetettavia vaatimuksia purkutuotteiden hyödyntämiseen kannustaviksi. Ketjun purkamisesta purkumateriaaleja hyödyntävään rakentamiseen olisi oltava sujuva.

Taulukko 3. Rakennusten suunnittelu ja purkaminen edellyttävät uudenlaisia käytäntöjä ja osaamista.

Rakennusten suunnittelu	Rakennusten purkaminen
<p>Kohteiden suunnittelussa huomioidaan purku-/ kierrätysmateriaalien käyttö</p> <p>Purettavuus otetaan huomioon siten, että materiaalit pysyvät rakennuksessa mahdollisimman puhtaina jakeina</p> <p>Uudenlaiset materiaalit ja kiertotalouden mukaiset materiaalivalinnat, vihreä rakentaminen</p>	<p>Osaaminen purkutuotteiden ja materiaalien käytöstä on kasvanut sitten, että tuotteet saadaan jo ennen purkua ja sen aikana tehokkaasti talteen</p> <p>Hyvä ja huolellinen esipurku, jossa rakennusosat eivät vaurioidu</p>
<p>Uudelleenkäytön ottaminen huomioon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hyödynnetään standardisoituja rakenteita • Vähemmän sekundäärirakenteita ja -komponentteja 	<p>Koulutuksen merkitys</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tarvitaan uudenlaista purkuosaamista, jotta tuotteet ja materiaalit puretaan mahdollisimman hyvin, ehjänä ja käyttökelpoisina talteen jatkokäyttöä varten • Ammatillisen osaamisen muutos, ammattitaidon joustavuus ja konkreettisten työtapojen päivitys (ammatillisen ja korkeasteen tutkintokoulutuksen sekä jatkuvan oppimisen sisällöt)

Uudelleenkäytön sisällyttäminen purkukartoitusten ja -hankkeiden kaikkiin osa-alueisiin on tärkeä tavoite. Muutoksen nopeuttamiseksi pitäisi purkutuotteiden ja materiaalien hyödyntämiselle ja erityisesti uudelleenkäytölle asettaa selkeät minimitalvoitteet. Purkuhankkeiden tilaajilla (kiinteistöjen omistajat) pitäisi olla sitova velvollisuus selvittää suunniteluvaiheessa hankkeesta syntyvät purkutuotteet ja -materiaalit sekä edellyttää niiden hyödyntämisen suunnittelua. Myös valvontavastuu kuuluisi tällöin purkuhankkeen tilaajalle.

Monissa haastattelu- ja kyselyvastauksissa nähtiin uudelleenkäytön sekä kierrätyksen raportointi- ja tavoitevelvollisuuksien tukevan purkumateriaalien uudelleenkäytön ja kierrätyksen markkinoiden muodostumista. Tätä lähestymistapaa epäilevissä näkemyksissä esitettiin toisaalta pohdintoja siitä, kenen vastuulle tällaisten velvoitteiden täyttäminen tulisi ja miten niihin voitaisiin sisällyttää riittävän kattava arvio esimerkiksi toimilla saavutettavista ympäristöhyödyistä vs. mahdollisista haitoista.

Purkutuotteiden ja -materiaalien markkinoiden kehittymisen ja toimivuuden kannalta oleellisia ovat digitaaliset ratkaisut ja edistynyt tiedonhallinta. Purkutuotteiden arvioinnin luotettavuus ja lupaprosessit itsessään edellyttävät tarkkaa ja luotettavaa tietoa. Niin

kutsuttujen digitaalisten kaksosten (Digital Twins) rooli nähdään erityisesti uudisrakentamisessa keskeiseksi. Digitaalinen rakennusten tiedonhallinta (Building Information Management BIM) on toimiva tapa kerätä, tuottaa ja ylläpitää keskeistä tietoa purkumateriaalien uudelleenkäytön tavoista ja kohteista sekä näihin liittyvistä terveys- ja turvallisuuskysymyksistä. Kattava materiaali- ja tuotetieto ovat välttämättömiä myös materiaalitorien toimivuuden kannalta. Esimerkiksi haitta-aine- ja turvallisuustietojen tulisi kulkea materiaalien mukana sähköisesti ja olla siten helposti hyödynnettävissä suunnittelu-, rakennus- ja purkuvaiheessa. Oli kyse sitten rakennusten tiedon tai laajemmin materiaali- ja tuotetietojen hyödyntämisestä, datan yhteensopivuus ja hyödynnettävyys eri tietojärjestelmissä on keskeinen kehityshaaste.

7.2.2 Markkinoiden luominen

Aiempi tutkimus osoittaa (mm. Anttonen ym. 2019), että kiertotalouden tavoitteiden toteutuminen edellyttää laaja-alaisia innovaatioita ja laajaa yhteistyötä eri toimijoiden välillä. Tarvittavat innovaatiot ja yhteistyö eivät tyhjene teknologisiksi ratkaisuksi vaan toimintaan tarvitaan niin viranomaistahoja kuin sosiaalisten, organisatoristen ja taloudellisten toimijoiden osaamista. Rakennusalalla kiertotalouden toteutuminen edellyttää yhteistyötä rakennuttajien, rakennustuotteita suunnittelevan ja valmistavan teollisuuden sekä rakennusyritysten ja kierrätykseen erikoistuneiden toimijoiden välillä. Aiemmassa tutkimuksessa rakennuttajien roolia on pidetty erittäin tärkeänä (Leising ym. 2018).

Nykyistä laajemmalle hallinnonalojen väliselle yhteistyölle purkumateriaalien uudelleenkäytön osalta on selvä tarve. Yhteistyötä tarvitaan niin terveyden ja turvallisuuden, energiatehokkuuden kuin kestäväen kehityksen ja kiertotalouden tavoitteiden osalta. Esimerkkinä mainittiin ympäristöministeriön sekä työ- ja elinkeinoministeriön välisen yhteistyön syventäminen rakentamisen kiertotalouden tavoitteiden ja keinojen kehittämiseksi ja saavuttamiseksi. Viranomaisilta kaivataan jatkuvaa vuoropuhelua erilaisista toimintatavoista, niiden hyvistä ja huonoista puolista sekä näkemystä yhteisestä kehittämisestä sidosryhmien kanssa. Erityisesti tarvitaan käytännön toimijoiden kuten rakennuttajien, rakennusyritysten sekä purkamiseen, kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön keskittyvien toimijoiden mukaan ottamista tähän vuoropuheluun.

Tällä hetkellä purkamisen tekniikat kehittyvät nopeammin kuin regulaatio. Oleellista onkin ketterien kokeilujen mahdollistaminen ja uusien ratkaisujen käyttöönotto (BAT – Best Available Technologies). Esimerkkinä tästä on betonien purkukohteessa paikalla murskaaminen, jossa teknologia on kehittynyt niin, että se onnistuu hyväksyttävissä melurajoissa. Vallitseva näkemys kuitenkin toimintaa ohjaavilla tahoilla on edelleen se, että melu on liian kova paikalla murskaamista varten ja betoni tarvitsee kuljettaa muualle. Paikalla

purkaminen ja murskaaminen vähentää kuitenkin kuljetuskustannuksia ja kuljetuksen aiheuttamia päästöjä, mikäli betonimurske pystytään myös käyttämään purkupaikalla tai lähellä purkukohdetta.

Keskeinen johtopäätös on se, että julkisten rakennushankkeiden rooli on merkittävä purkumateriaalien hyödyntämisen, erityisesti uudelleenkäytön ja laajemminkin rakentamisen kiertotalouden tavoitteiden mukaisten markkinoiden kehittymisessä. Julkisen sektorin tulisi toimia esimerkkinä ja edelläkävijänä luomassa vakiintuneita ja yleisesti hyväksytyjä toimintatapoja.

7.3 Ohjauskeinojen toimivuus

On monia ohjauskeinovaihtoehtoja, joiden kautta purkumateriaalien hyödyntämistä ja markkinoiden muodostumista voitaisiin tehostaa. Ohjauskeinot voidaan yksinkertaistettua jakaa yritysten ja eri organisaatioiden omaehtoiseen toiminnan sääntelyyn (nk. self regulation/itsesääntely), viranomaisten ja yritysten yhteiseen sääntelyyn ja sopimukseen (co-regulation/yhteissääntely) ja varsinaiseen lakisääteiseen ohjaukseen (state regulation/säädösohjaus).

Itsesääntelyllä ymmärretään prosessia, jossa toimialatason organisaatiot (toimialajärjestö, ammattijärjestö) asettavat itse toimialalle ja jäsenorganisaatioille tavoitteita ja näiden rikkomisen seuraus on pääasiassa yhteisen sopimusjärjestelmän ulkopuolelle jääminen. Yhteisohjaus, kuten vapaaehtoiset sopimukset ja Green Deal -sopimukset tarkoittavat sitä, että viranomaiset ja yritykset yhdessä määrittävät ohjauksen tavoitteet, toimintatavat ja mahdolliset sanktiot sopimusten rikkomisesta. Tavoitteena on myös yhteinen sääntelyn kokonaisuuden muotoilu ja sen määrittely, miten lainsäädännön ohjauskeinoja kannattaa kehittää. Pehmeään sääntelyyn kuuluvat keskeisimmin valtion tai esimerkiksi Euroopan Unionin tuottamat ohjaavat instrumentit, kuten viranomaisten julistukset ja suuntaviivapaperit, jotka pyrkivät ohjaamaan toimijoiden käyttäytymistä. Ne eivät ole itsessään oikeudellisesti sitovia, mutta niillä voi olla oikeudellista merkitystä (Määttä 2005). Säädösohjaus eli sitova lainsäädäntö on toiminnanohjaajia velvoittavaa, sen noudattamista valvovat viranomaiset ja säädösrikkomuksista seuraa sanktioita.

7.3.1 Säädösohjaus

Säädösohjauksen osalta sekä rakennustuoteasetuksen että maankäyttö- ja rakennuslain käynnissä oleva uudistus ovat merkittäviä kokonaisuuksia. Esitys kaavoitus- ja rakennuslaiksi (KRL) on julkaistu ja sen on tarkoitus korvata nykyinen maankäyttö- ja rakennuslaki. Uudistuksen tavoitteena on, että uusi lainsäädäntö tulisi voimaan 2024. Esityksen

tavoitteena on ohjata rakentamista vähähiiliseksi ja tuoda kiertotalouden periaatteet osaksi rakentamisen toimitusketjua ja se tukee hallituksen tavoitetta Suomen hiilineutraalisuuden saavuttamisesta vuonna 2035. Rakennus- ja purkumateriaalien kierron pidentämisen yksi tavoite on vähentää luonnonvarojen kulutusta ja kehittää materiaalien jälkimarkkinoita.

Purkumateriaalien uudelleenkäytön markkinoiden kehittymiseen myönteisesti vaikuttavana tekijänä voidaan pitää KRL-esitykseen liittyvää ajatusta rakennus- ja purkumateriaalien rekisteröinnistä digitaaliseen tietokantaan. Digitaalinen rekisteröinti mahdollistaisi nykyistä tarkemman materiaalien tilastoinnin sekä rakennus- ja purkujätevirtojen analyysin. Säädösesityksessä ei oteta kantaa rekisteröinnin vaikutuksiin esimerkiksi materiaalitorien tai purku-urakoiden toimivuuteen. Esityksessä mainitaan myös rakennuskohteen tieto- ja toteumamallin hyödyntäminen rakennuslupakäsittelyn yhteydessä. Rakennusten osalta sekä eurooppalainen että Suomen kansallinen lainsäädäntö tullee edellyttämään mm. selvitystä ilmastovaikutuksista (ilmastoselvitys ja rakennuksen hiilijalanjälki). KRL-esityksessä ehdotetaan nykyisessä maankäyttö- ja rakennusasetuksessa oleva rakennuslupahakemuksen velvoite terveydelle tai ympäristölle vaarallisesta rakennus- tai purkujätteestä ja sen käsittelystä nostettavaksi keskeisiltä osin lain tasolle.

Rakennustuotteiden suunnittelun osalta rakennustuoteasetus ja tuotestandardit nähdään mahdollisena keinona ohjata purku- ja kierrätystuotteiden suunnittelua ja valmistusta. EU:n rakennustuoteasetuksen muutos on vielä kesken. Eräs mielenkiintoinen kysymys on se, miten ekologisen tuotesuunnittelun (eco-design direktiivi) periaatteet nivoutuvat osaksi rakennustuoteasetuksen uudistusta. Euroopan tasolla ekos suunnittelun periaatteiden kytkeminen osaksi rakennustuotteiden suunnittelua on herättänyt ristiriitaisia näkemyksiä esimerkiksi sen suhteen, miten ekos suunnitteluperiaatteiden integraatio asetukseen mahdollisesti nostaisi rakennustuotteiden hintoja.

7.3.2 End-of-Waste -periaate

End-of-waste (EOW) -menettelytavalla tarkoitetaan määrittelyä sille, milloin ja miten ohjauksen näkökulmasta jäte muuttuu takaisin tuotteeksi. Tällä menettelyllä on merkitystä purkutuotteiden uudelleenkäytön ja kierrätyksen näkökulmista. Onko esimerkiksi sellaisenaan käytettäväksi tarkoitettu purkuikkuna tuote vai jätettä? Mikäli ko. ikkunaa käsitellään jätteenä sen hyödyntäminen edellyttää ympäristölupaa tai tapahtuu MARA-asetuksen mukaisen rekisteröintimenettelyn kautta ja jätteen tuottaja, käsittelijä tai luovuttaja vastaa siitä, että jätteen ominaisuudet tiedetään ja että ne vastaavat jätelainsäädännön vaatimuksia. Jätteen haltija vastaa materiaalista otettuaan sen vastaan.

End-of-waste -menettelytapojen kehittäminen on tärkeä elementti purkumateriaalien uudelleenkäytön ja hyödyntämisen vahvistamisessa. Myös aiemmassa empiirisessä tutkimuksessa EoW menettelyt nousevat keskeiseksi ohjauskeinojen ja politiikkaohjauksen haasteeksi.

EoW-määrittelyt ovat muuttumassa. Euroopan Unionissa on valmisteilla harmonisoitu asetus, jota täydentämään valmistellaan kansallista asetusta sekä tapauskohtaisia toimintaohjeita. Perusajatus tulee pysymään samana: kun jätteen jätteeksi luokittelu päättyy (EoW), materiaalista tulee tuote, johon sovelletaan tuotteita koskevaa lain-säädäntöä (kuten REACH-asetus, EU:n rakennustuoteasetus, lannoitevalmistelainsäätely). Jätepohjaista tuotetta voidaan käyttää samalla tavalla kuin ei-jätepohjaista ja tällöin sitä koskevat samat vaatimukset ominaisuuksista ja laadusta kuin ei-jätepohjaista tuotetta. Samalla vastuu ominaisuuksista ja laadusta siirtyy tuotteen valmistajalle.

Kaikille keskeisille rakentamisen materiaaleille olisi tärkeää saada oma EoW menettely ja tämän menettelyn olisi katettava laaja käyttöalue. Tämä helpottaisi haastateltavien ja kyse-lyyn vastanneiden mukaan purkumateriaalien kierrätystä ja hyödyntämistä raaka-aineena. Tarpeellisena pidetään myös sitä, että EoW helpottaisi tai sitä helpotettaisiin silloin, kun jätteeksi luokiteltavaa materiaalia aiotaan hyödyntää uusiotuotteena tai materiaalia osana uutta tuotetta (esimerkkinä on käytetty betonimursketta osana uutta betonia).

EoW-kriteerien perusteella kierrätystuotteen on oltava sovellettavien säädösten mukainen (rakennustuoteasetus) eikä sillä siten voi olla erillisiä kriteerejä. Betonimurskeen EoW on parhaillaan notifioitavana EU-komissiossa ja se tulee voimaan keväällä 2022. Menette-lynn astuttua voimaan sen vaikutuksista (helpottaa, ei vaikutusta, vaikeuttaa) betonimurs-keen hyödyntämiseen olisi hyvä kerätä eri toimijoiden kokemuksia. EU-komissiossa valmis-tellaan parhaillaan EoW-menettelyä muovien merkaaniselle kierrätykselle. Asetusvalmiste-lussa on käyty lävitse useita muovilajeja ja niiden käyttötarkoituksia ja niiden kelpoistamis-edellytyksiä uusiomateriaaleina.

7.3.3 EU-taksonomia markkinoiden ohjaajana

EU-taksonomia on uusi (voimaan 12.7.2020) kestävän rahoituksen luokituksen asetus jonka tarkoituksena on auttaa sijoittajia, rahoitusinstrumenttien liikkeeseenlaskijoita ja yritysten markkinoijia navigoimaan vähähiilisen, kestävän ja resurssitehokkaan talouden siirtymässä. Tavoitteena on Euroopan unionin laajuinen yhteinen luokittelujärjestelmä, jonka perusteella on mahdollista kohdentaa sijoituksia vihreän siirtymän mukaisiin vähä-hiilisyttä sekä joustavaa ja resurssitehokasta taloutta edistäviin investointeihin. Mekanis-min avulla rahan saatavuus ja rahan hinta sidotaan investointikohteen ilmasto- ja luonnon monimuotoisuusvaikutuksiin.

Taksonomian puitteissa yritysten ja jäsenvaltioiden tulee tunnistaa taloudellinen toiminta, joka voidaan luokitella kestäväksi. Lisäksi toiminnan vaikutukset on identifioitava merkittävän haitan välttämisen periaatteiden mukaisesti (do-no-significant-harm). Taksonomia on siten kriteeristö, jonka avulla pyritään arvioimaan taloudellisen toiminnan vaikutuksia Euroopan vihreän kehityksen ohjelman tavoitteisiin. Toimintojen luokittelun lisäksi EU:n taksonomia-asetus edellyttää, että yritykset seuraavat lainsäädännön muutoksia ja osoittavat miten ne noudattavat muutoksia.

Kiertotalous on yksi taksonomian kuudesta ympäristötavoitteesta ja sen toteutumisessa arvioidaan yritysten ja eri organisaatioiden toiminnan kestävyttä ja kehittämiskohteita. Esimerkiksi tarkasteltaessa organisaation liiketoimintamalleja, kiertotalouden mukaisuus on tarkastelun kohteena.

7.3.4 Green Deal -sopimukset ohjauskeinona

Vapaaehtoisia sopimuksia on käytetty ympäristöpolitiikan ohjauskeinona jo melko pitkään. Nykyisen kaltaiset green deal -sopimukset on otettu käyttöön Alankomaissa ja niitä voidaan pitää innovatiivisena ympäristöpolitiikan ohjauskeinona. Sopimusten tavoitteena on ollut rakentaa kansallista materiaalivirtapolitiikkaa ja tehostaa materiaalivirtojen ohjausta alun perin seitsemän Alankomaiden kansantalouden kannalta keskeiseksi havaitun materiaalivirran osalta (Lilja ym. 2014).

Tutkimuskirjallisuudessa suhtautuminen erilaisiin neuvoteltuihin sopimuksiin on jakautunut (kts. Lilja ym. 2014). Yhtäältä ne nähdään heikkona vaihtoehtona sitovan lainsäädännön ja taloudellisen ohjauksen sijaan. Toiset kommentaattorit näkevät, että vapaaehtoiset sopimukset voivat toimia tehokkaasti tiettyjen reunaehtojen vallitessa. Onnistumisen edellytyksinä pidetään esimerkiksi selkeitä määrällisiä tavoitteita, luotettavia seuranta-mekanismeja ja riippumattomien osapuolten osallistumista seurantaan (Cunningham ja Clinch 2004). Lisäksi olennaista on konsensukseen pyrkivä ilmapiiri ja sopimuksen tekemistä tukevat perinteet sekä se, että sopimuksella tavoiteltavien muutosten välttämättömyys on selvä eri osapuolille. Insenttiiviä sopimukseen liittymiseen lisää sen vaihtoehtona oleva uhka pakottavammasta sääntelystä. Neuvottelujen osapuolena tulee olla kyseistä toimialaa legitimiä edustava organisaatio ja sopimuksen on tarjottava selkeää kilpailuetua siihen liittyville organisaatioille. Sopimusten on sisällettävä erimielisyyksien ratkaisun mekanismit, määrälliset tavoitteet, toimijoiden selkeät vastuut ja riittävät resurssit seurantaan ja vaikuttavuuden arviointiin.

Suomessa valtion ja elinkeinoelämän välisiä green deal -sopimuksia on solmittu vuodesta 2016 lähtien eri toimialajärjestöjen kanssa⁵⁴. Rakentamista koskien ympäristöministeriö on solminut kolme green deal -sopimusta, joiden avulla pyritään tehostamaan purkumateriaalien käyttöä ja kierrätystä sekä työmaiden hiilineutraaliutta. Sopimukset ovat:

1. Kestävän purkamisen green deal -sopimus
2. Rakentamisen muovit green deal -sopimus
3. Päästöttömät työmaat green deal -sopimus

Näistä sopimuksista **Kestävän purkamisen green deal** liittyy keskeisesti purkumateriaalien hyödyntämiseen. Sen tavoitteena on edistää purkumateriaalien markkinoiden toimivuutta sekä lisätä purkumateriaalien uudelleenkäyttöä ja kierrätystä. Sopimuksella pyritään myös parantamaan purkumateriaaleihin liittyvän ennakkotiedon keräämistä ja laatua sekä edistämään purkukartoituksia purkukarttoitusten ennakkosuunnittelussa ja toteutuksissa. Konkreettisenä tavoitteena on, että vuoden 2022 loppuun mennessä purkukartoitus tehdään puolessa sopimuksen määritelmien mukaisista purkukarttoituksista ennen purkuluvan hakemista. 2025 tavoitteena on, että purkukartoitus toteutetaan vastaavalla tavalla 75 prosentissa purkukarttoituksista.

Pakollisina toimenpiteinä sopimus edellyttää sopimukseen liittyneiltä yhteisöiltä määritelmien mukaisissa korjaus- ja purkukarttoituksissa purkukarttoituksen toteuttamista sekä toiminnan kehittämistä edistämään kokonaisvaltaisesti purkumateriaalien uudelleenkäyttöä ja kierrätystä sopimuksen mukaisissa korjaus- ja purkukarttoituksissa. Sopimukseen liittyneet yhteisöt sitoutuvat myös jakamaan tietoa purkukarttoituksesta ja purkumateriaalien markkinapaikoista, esimerkiksi Materiaalitorista⁵⁵.

Raportoinnin osalta sopimukseen liittyneet toimijat raportoivat purkukarttoitusten määrän ja arvioidun osuuden kaikista sopimuksen määritelmän mukaisista purkukarttoituksista. Purkukarttoitusten osuuden lisäksi sopimuksessa ei ole määrällisiä tavoitteita uudelleenkäytölle tai purkumateriaalien kierrätykselle.

Purkumateriaalinen uudelleenkäytön markkinoiden kehittymisen näkökulmasta green deal -sopimukset tarjoavat lainsäädäntöohjausta joustavamman lähestymistavan, joka jättää tilaa erilaisille ratkaisuille ja toimintatavoille sekä nopeille kokeiluille niiden

54 www.ym.fi/green-deal-sopimukset

55 "Materiaalitori on tarkoitettu yritysten ja organisaatioiden jätteiden ja tuotannon sivuvirtojen ammattimaiseen vaihdantaan. Materiaalitorissa voi myös etsiä ja tarjota näihin liittyviä palveluja, kuten jätehuolto- ja asiantuntijapalveluja. Materiaalitorin käyttäminen on maksutonta ja avointa alan toimijoille." <https://www.materiaalitori.fi/>

löytämiseksi. Sopimusten haasteena voidaan pitää sitä, että konkreettisia (määrällisiä) tavoitteita niissä on vain niukasti ja näin sopimusten vaikuttavuus koko alan kehitykseen voi jäädä vähäiseksi.

Alankomaiden green deal -sopimuksien vaikutusta kiertotalouden tavoitteiden toteutumiseen on arvioitu (Ganzevles ym. 2017). Arviointi nostaa esille saman suuntaisia tuloksia kuin aiempi kirjallisuus. Informaatio-ohjauksen näkökulmasta sopimukset ovat toimineet hyvin. Kaikki osapuolet ovat sitoutuneet jakamaan tietoa ja hyviä käytänteitä, mikä on tuonut lisäarvoa kiertotalouden mukaisten innovaatioiden kehittämiseen. Yksittäiset green deal -sopimukset vaikuttavat vain hyvin kapeaan osaan innovaatiojärjestelmää, vaikka kiertotalouden näkökulmasta tarvitaan monialaista ja systeemistä muutosta. Green deal -sopimusten rinnalla tarvitaan siis muitakin keinoja edistämään sidosryhmien laajempaa osallistumista kiertotalouden markkinoiden kehittämiseen.

Suomen sopimusten osalta jää arvioitavaksi, kuinka ne onnistuvat ohjaamaan rakentamisen toimialojen toimintaa kiertotalouden suuntaan. Green deal -sopimusten odotetaan pitkällä tähtäimellä tarjoavan hyvän pohjan aktiiviseen vuoropuheluun eri toimijoiden välillä sekä alustan ratkaista yhdessä myös markkinoiden ongelmakohtia.

7.3.5 Yksityisen sektorin itsesääntely

Purkumateriaalien hyödyntämisen osalta jää tilaa rakentamisen toimialojen itsesääntelylle. Esimerkkinä toimialojen sisäisestä itsesääntelystä voidaan pitää mm. kemianteollisuuden Responsible Care -ohjelmaa⁵⁶, joka muodostaa vastuullisuuden ja energiatehokkuuden osalta hyvät toimintatavat (code of conduct). Ohjelman yritykset ovat sitoutuneet toimimaan vastuullisesti ja kehittämään toimintaa energia- ja materiaalitehokkaammaksi.

Itsesääntelyn vahvuuksia ovat toiminnan nopeus- ja joustavuus, markkinoiden tuntemus sekä toiminnan muutos vähemmällä viranomaisinterventioilla (Sarker 2013). Ohjelmat voivat myös tukea toimialan ja viranomaisten välistä yhteistyötä sekä käytännön tasolla vaikkapa erilaisia ympäristö- ym. lupien käsittelyä (Lilja ym. 2014, 49–50). Ne voivat onnistuessaan toimia lainsäädäntöä joustavampana, mutta myös käytännössä sitovana ohjauksena. Itsesääntelyn osalta keskeisiä haasteita ympäristöpolitiikan ohjauksen näkökulmista muodostaa, että nämä sitoumukset palvelevat ensisijaisesti ko. toimialan ja yritysten tieto- ja liiketoimintatarpeita, eivätkä laajempia yhteiskunnallisia tavoitteita (Sarker 2013) ja ne sisältävät harvoin valvontaa tai sanktioita, mikäli yksittäinen toimija ei ole saavuta sitoumuksen tavoitteita (Weber ja Adeniyu 2015).

56 <https://www.kemianteollisuus.fi/fi/vastuullisuus/responsible-care/>, [viitattu 31.9.2021]

Purkumateriaalien hyödyntämisen edistämiseksi rakentamisen toimialojen itsesääntelyä voidaan tukea viranomaisten, eri toimialojen sekä yksittäisten yritysten välisillä sopimuksilla, jotka ovat lainsäädäntöohjausta kevyempiä, mutta sitovia sopimuksia ympäristöpolitiikan tavoitteiden saavuttamiseksi (kts. luku 6.2.1, nk. soft laws, kts. Weber ja Adeniyi 2015).

Syyskuussa 2021 julkaistiin tieto siitä, että Green Building Council Finland (FIGBC) on rakentanut yhdessä jäsenyritystensä kanssa hiilineutraalin rakennetun ympäristön toimenpideohjelman. Ohjelma on luonnosvaiheessa ja sen avulla tavoitellaan kiinteistö- ja rakennusalan hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä. Ohjelma voi tarjota osaltaan tukea purkumateriaalien hyödyntämiselle ja erityisesti tukea uudis- ja korjausrakentamisen toiminnan hiilineutraaliustavoitetta. Luonnos sisältää toimintasuosituksia niin rakentajille, rakennustuoteteollisuudelle, suunnittelijoille kuin julkisten infrahankkeiden tilaajille. (Tähkänen ja Tähtinen 2021).

7.4 Julkisen sektorin rooli

7.4.1 Pilotit

Julkisen sektorin rakentamisen ja purkamisen pilottihankkeiden merkitys teknologisten kokeilujen ja uusien toimintatapojen kehittämisessä on merkittävä. Julkisen sektorin osalta etenkin suurten kaupunkien rooli isoina rakennus- ja materiaalmassojen omistajina näyttöytyy keskeisenä kiertotalouden mukaisten purkumateriaalien markkinoiden kehittymiselle.

Toiminnan muutoksen ja oppimisen näkökulmasta keskeistä on, että piloteista opitut asiat pystytään jalkauttamaan ja skaalaamaan yleisemmiksi toimintatavoiksi ja käytännöiksi. Pilotointien avulla on mahdollista tarkastella, mikä ratkaisu toimii missäkin yhteydessä. Uhkana on se, että pilottien ja kokeilujen tulokset eivät jää käyttöön. Isot pilotoinnit kokoavat laajasti yhteen rakentamisen toimitusketjun toimijoita ja yritysten laaja osallistuminen mahdollistaa hyvin toteutuessaan myös taloudellisen tehokkuuden. Näin saadaan uutta tietoa ja yhteisymmärrystä siitä, mitä pitää ratkaista ja miten ratkaisu saadaan aikaan mahdollisimman taloudellisesti.

Tärkeä tavoite on, että pilotoinneissa ja kokeiluissa kehitetyt ratkaisut pystytään viemään pysyviksi toimintatavoiksi nykyistä tehokkaammin. Pilotointien, kokeilujen ja erilaisten hankkeiden kertaluonteisuus sekä se, etteivät uudet ratkaisut siirry kestävästi käyttöön hidastaa purkumateriaalien uudelleenkäytön ja kierrätyksen markkinoiden kehittymistä.

7.4.2 Julkiset hankinnat ja allianssimalli

Julkisten hankintojen (infrahankkeet) ja julkisten toimijoiden rooli näyttäytyy erittäin keskeisenä purkumateriaalien hyödyntämisen kannalta. Julkisten, kilpailutettujen hankintojen 33 Mrd. euron kokonaisuudesta rakennusurakat muodostavat reilun viidenneksen eli noin 7 miljardin hankinnat (Heilä 2018). Volyyminsa ja luonteensa puolesta julkisilla hankinnoilla voidaan vaikuttaa niin purkutuotteiden ja -materiaalien uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen kuin markkinoiden kehittämiseen.

Keinoja julkisten hankintojen ja purkumateriaalien markkinoiden kehittämiseksi ovat kuntien hankintaohjeiden täydentäminen ja laatukriteerien painottaminen kiertotalouden tavoitteiden mukaisiksi. Tavoitteita ja kriteerejä tulee myös käyttää rakennus- ja purkurakoiden hankinnoissa. Nämä toimenpiteet edellyttävät laaja-alaista kiertotalouden, rakennuttamisen ja julkisten hankintojen osaamista.

Yksi mahdollinen tapa viedä kiertotalouden tavoitteita käytäntöön julkisissa rakennushankkeissa on rakennuttamisen **allianssimalli**. Allianssimalli on yksi yhteistoimintamalleista, jossa osapuolet a) toteuttavat hankkeen yhteistyössä saavuttakseen yhteisesti sovitut tavoitteet, b) jakavat mahdolliset voitot ja c) toimivat avoimuuden periaatteiden mukaisesti esimerkiksi kustannusten osalta (Pekkala ym. 2017, 239). Allianssimalli mahdollistaa sen, että tilaaja, suunnittelija ja rakentaja voivat yhdessä käydä läpi purkumateriaalien hyödyntämisen mahdollisuuksia ja rajoitteita eri näkökulmista (käyttökohteet, kustannukset, energiatehokkuus).

Yhtenä allianssimallin erityistapauksena voitaneen pitää nk. **elinkaarimallia**. Se on korjaus- ja uudisrakentamisen julkisten investointihankkeiden hankintatapa, jossa hankkeen toteuttaja (palveluntarjoaja) vastaa vähintäänkin hankkeen suunnittelusta, rakentamisesta sekä ylläpidosta tai kiinteistöhuollosta (Paananen 2018). Sopimusmallina käytetään usein kokonaisvastuurakentamissopimusta (KVR-sopimus). Elinkaarimalli julkisten rakennushankkeiden toimintatapana voi tarjota yhden keskeisen tavan vahvistaa kiertotalouden mukaista purkamista sekä purkumateriaalien hyödyntämistä julkisissa rakennushankinnoissa, mukaan lukien infrahankkeet.

Allianssi- ja elinkaarimallien laajempi hyödyntäminen kestävässä rakentamisessa edellyttää monipuolista osaamista niin tilaajalta, suunnittelijalta kuin tuottajalta. Allianssimallien jatkuva vuoropuhelu voi edistää esimerkiksi kaupunkien rakennusurakoissa yhdistämään purkukohteet ja niistä saatavat materiaalit rakennusurakoiden toteutukseen.

Purkutuotteiden ja -materiaalien laajempi hyödyntäminen rakennus- ja infrahankkeissa edellyttäisi markkinoille uusia, innovatiivisia tuotteita, uudenlaista suunnitteluosaamista (rakennusten suunnittelu, purku- ja uusiotuotteiden käyttö, vaikutukset käyttöikään ja ylläpitoon) ja sen hyödyntämistä uudisrakentamisessa sekä purkus suunnittelun (design for

disassembly) ja purkamisen osaamista. Hankintapäätöksissä edellytettäisiin kykyä ja taitoa toimia kokonaistaloudellisuuden kriteerien pohjalta tarvekartoituksissa ja kilpailu- tuksissa. Tilaajan osaamisen merkitys on huomattava, kuten muutoinkin julkisissa hankinnoissa: miten hankinnan tarve määritellään, minkälaisia arviointikriteerejä käytetään.

Elinkaarimallin hyödyntäminen ja kehittäminen purkutuotteiden ja -materiaalien markkinoiden muodostumisessa edellyttää lisää tutkimusta, sillä toimintamallin tarkasteleminen riittävällä tarkkuudella tässä selvityksessä ei ollut mahdollista. Kirjallisuuden perusteella elinkaaritarkastelujen ja -arviointien osalta löytyy kehitettävää siinä, miten rakennuksen kokonaisuus niissä määritellään (Joensuu ym. 2020).

Purkumateriaalien uudelleenkäytön osalta keskeinen kysymys lienee se, miten kyseessä olevan uudisrakennuksen purkaminen on mahdollista ja taloudellisesti toimivaa ottaa mukaan sopimukseen. Uudelleenkäytön mahdollisuuksiin vaikuttaa myös se, minkälaisia purkamiseen liittyviä ratkaisuja tai rakennuksen toiseen tarkoitukseen käyttämistä voidaan olettaa sopimuskauden lopussa. Tähän vaikuttaa osaltaan lainsäädäntö- ja muu julkinen ohjaus sekä miten kiertotalouden tavoitteet on integroitu eri ohjauskeinoihin. Kiertotalouden tavoitteiden integroiminen ohjauskeinoihin on edellytys vakaalle ja pitkäjänteiselle markkinoiden kehittymiselle (vrt. Porter ja van der Linde 1992).

7.5 Yksityisen sektorin rooli

Yksityiset toimijat ovat avainasemassa uudenlaisen purku- ja suunnitteluosaamisen tarjoajina ja toteuttajina sekä pilotoinneissa erityisesti taloudellisen tehokkuuden ja prosessien tehokkuuden kehittäjinä. Mitä useampi yritys toimitusketjun eri vaiheista (suunnittelu, rakennustuotteet, rakentaja, purkaminen, kierrätys ja uudelleenkäyttö) on mukana, sitä paremmin uusia teknologioita ja toimintatapoja pystytään viemään taloudellisesti toimiviksi ratkaisuiksi.

Edellä kuvatuissa rooleissa yksityisen sektorin osalta keskeisenä tekijänä nousee esiin avoin yhteistyö rakennus- ja purku-urakoiden tilaajien sekä tutkimusorganisaatioiden kesken. Vain laaja-alaisen yhteistyön avulla uusia teknologioita ja toimintatapoja on mahdollista kehittää taloudellisesti toimiviksi ja saada ne levitettyä laajempaan käyttöön.

7.6 Suunnittelu ja osaaminen avainasemassa

Purkumateriaalien toimivan hyödyntämisen edellytyksenä nousevat esiin uusien rakennustuotteiden suunnitteluun liittyvät kysymykset. Tällöin huomio kohdentuu olemassa olevan rakennuskannan sijaan uudisrakentamiseen ja siten pidemmälle tulevaisuuteen.

Suunnitellaanko tuotteita niin, että ne ovat mahdollisimman tehokkaita käyttötarkoituksessaan (esim. energiatehokkuus), mutta hankalia korjata, ylläpitää tai purkaa ehjinä uudelleenkäyttöä varten? Nämä näkökohdat liittyvät vahvasti nk. design for deconstruction -ajatteluun, jossa rakennusten suunnittelussa otetaan vahvasti huomioon purkamisen ja uudelleenkäytön edellytykset. Purkamisen ja purkutuotteiden hyödyntämisen taloudellisen kannattavuuden näyttäisi olevan kiinni siitä, miten tuotteet ja rakennus on suunniteltu.

Purkutuotteiden ja -materiaalien uudelleenkäytön ja markkinoiden kehittyminen edellyttää myös aivan uudenlaista ammatillisista osaamista. Esimerkiksi ammatillisen osaamisen muutos, miten otetaan huomioon purkamisen tekninen osaaminen (konkreettinen työtapojen muutos), kiertotalous ja design-for-deconstruction rakennusten suunnittelussa ja suunnittelukoulutuksessa. Tämä ajattelu koskettaa lähinnä uudisrakentamista.

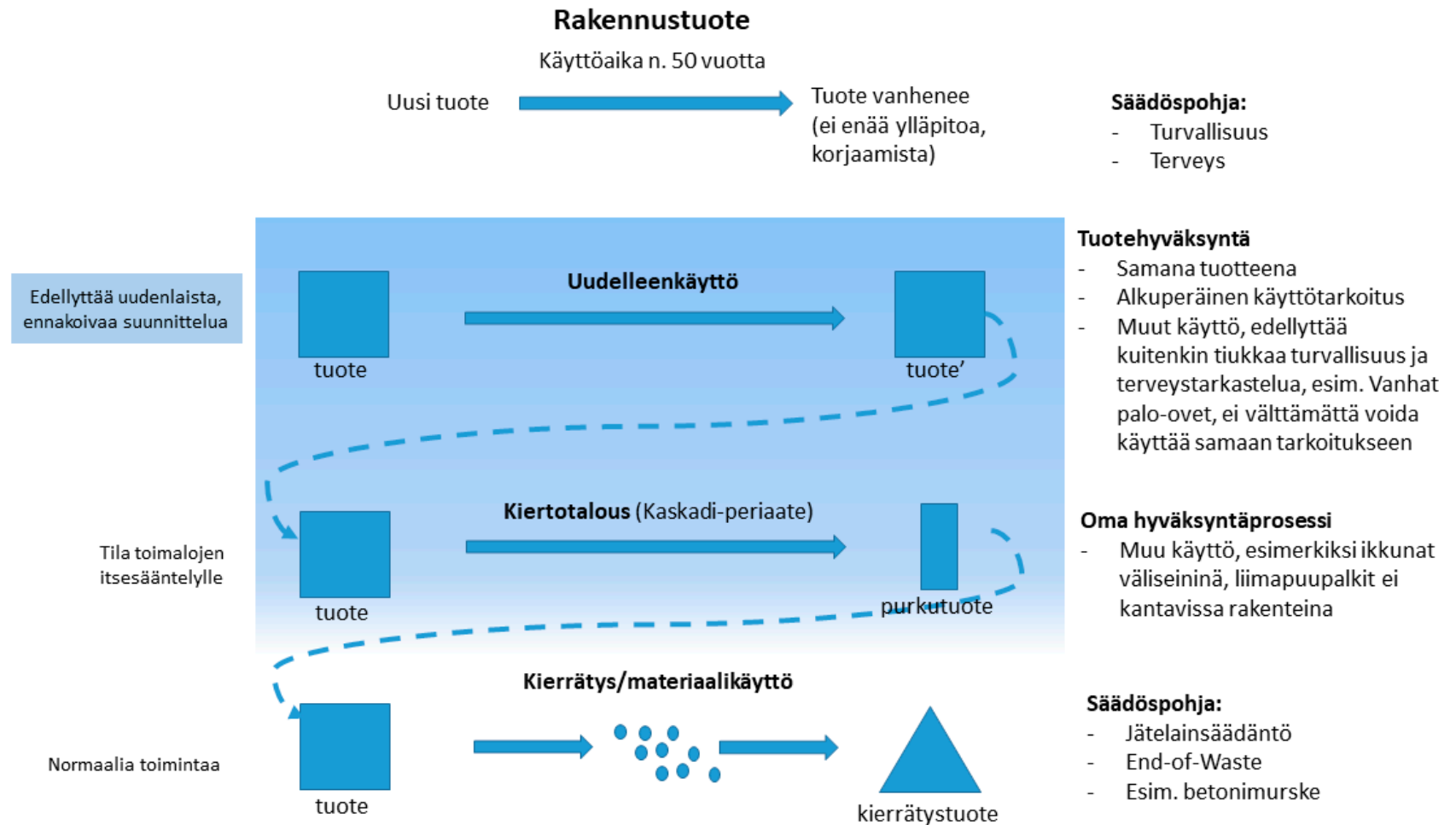
Olemassa olevan rakennuskannan kiertotalouden mukainen purkaminen ja purkumateriaalien uudelleenkäyttö edellyttävät myös täysin uudenlaista purkuosaamista. Purkamisen lähtökohtana olisi tällöin oltava se, että rakennuksesta saadaan käyttöön taloudellisesti kannattavasti mahdollisimman paljon ehjiä osia uudelleenkäyttöön (kts. taulukko 3).

7.7 Johtopäätökset ja kehittämissuhteet

7.7.1 Johtopäätökset

Tämän hankeosion tulosten pohjalla olemme hahmottaneet kokonaisnäkemyksiä ohjauskeinojen kehittämisen haasteista ja mahdollisuuksista osana markkinoiden kehittämistä. Purkutuotteiden ja materiaalien markkinoiden kehittämisen tueksi tarvitaan erilaisia ja eritasoisia ohjauskeinoja. Näitä havaintoja on vedetty yhteen Kuvassa 19.

Kuva 19. Ohjauskeinojen rooli purkumateriaalien käytössä niiden jatkokäytön eri vaativuusasteiden näkökulmasta.



Purkutuotteen tasolla tarvitaan sellainen kelpoistamismenettely, joka mahdollistaa purkutuotteen käytön samassa käyttötarkoituksessa. Kaikkein vaativimpana ja vaikeimmin ratkaistavana esimerkkinä tästä on kantava rakenne, jolloin myös teknisten ja terveysturvallisuuden kysymysten täytyy olla ratkaistu. Jotta purkutuotetta voidaan käyttää toiseen, vähemmän teknisiä ja terveystarpeita sisältävään käyttötarkoitukseen (esimerkiksi sisäkohteen rakenteesta ulkorakentamiseen), tarvitaan oma erillinen, kevyempi kelpoistamisen prosessinsa. Prosessissa tulisi määritellä kiertotalouden kaskadiperiaatteiden⁵⁷ mukaisesti millä tavoin ja missä kohteissa purkutuotetta voidaan käyttää muussa kuin sen alkuperäisessä käyttötarkoituksessa. Tällöin voitaisiin määritellä myös erilaisten turvallisuus- ja terveystarkastelujen tarpeellisuus, laajuus ja tarkkuus yhteistyössä eri toimijoiden kesken. Tämänkaltaisen prosessi olisi tarkoituksellista toteuttaa rakentamisen toimialan eri toimijoiden yhteistyönä ja tuoteryhmittäin.

Kiertotalouden tavoitteena on systeeminen muutos, joka edellyttää esimerkiksi rakentamisen toimialalla toimitusketjun eri osapuolien välistä aktiivista vuorovaikutusta ja yhteistyötä. Purkumateriaalien uudelleenkäyttö, hyödyntäminen ja taloudellisesti toimivien markkinoiden muodostuminen edellyttävät aktiivista vuoropuhelua tilaajien (rakennuttajien), rakentamisesta vastaavien sekä materiaali- ja tuotevalmistajien kesken. Allianssimallit ja julkisten hankintojen nykyistä laajempi hyödyntäminen rakentamisen ja purkumateriaalien kiertotalouden edistämiseksi edellyttävät niin ikään eri toimijoiden ja sidosryhmien tiivistä yhteistyötä.

Perinteiset rakentamisen toimialarajat ylittävä yhteistyö on tarpeen rakentamisen ja purkumateriaalien kiertotaloutta tukevien markkinoiden kehittämiseksi. Tällä tarkoitamme esimerkiksi kierrätys- ja kiertotalousyritysten sekä sosiaalisten yritysten roolin vahvistamisesta purkutoiminnassa ja purkumateriaalien hyödyntämisessä. Yritysten ja tutkimusorganisaatioiden yhteistyön kehittäminen on niin ikään tarpeen. Kirjallisuuden perusteella eri toimijoiden välisen yhteistyön merkitys korostuu erityisesti rakentamisen toimitusverkostojen hajanaisuuden takia. Rakentamisen toimialoilla teknologiset innovaatiot kehittyvät nopeammin kuin ohjaus ja sääntely. Siten vuoropuhelun tiivistämistä tarvitaan yhteisten toimintatapojen kehittämiseen, parhaiden käytäntöjen jakamiseen ja parhaan käytettävissä olevan teknologian kartoittamiseen. Green deal -sopimukset tarjoavat hyödyllisen kanavan tähän. Tutkimusorganisaatioiden kiinnittäminen tiiviisti mukaan yhteiseen kehitystyöhön, erityisesti uusien teknologisten ratkaisujen kehittämiseksi, nopeuttaisi kiertotalouden mukaisten markkinoiden kehittämistä.

57 Kaskadi periaate: Raaka-aineiden käytön asettaminen tärkeysjärjestykseen resurssitehokkuuden aikaansaamiseksi. Esimerkiksi puusta tehdään ensin korkeamman jalostusasteen tuotteita, jotka uusiokäytetään tai kierrätetään ja vasta viimeiseksi hyödynnetään energiaksi. Sitra: <https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/>, [viitattu 11.9.2021].

Green deal -sopimusten muokkaaminen edellyttää aktiivista yhteistyötä kattavasti eri toimijoiden kesken, jotta sopimusten yhteinen hyväksyttävyyden ja siten vaikuttavuus vahvistuu. Sopimusten on sisällettävä erimielisyyksien ratkaisun mekanismit, määrälliset tavoitteet, toimijoiden selkeät vastuut ja riittävät resurssit seurantaan ja vaikuttavuuden arviointiin. Kirjallisuuden pohjalta tarkasteltuna nykyisille green deal -sopimuksille voitaisiin asettaa myös nykyistä kunnianhimoisempia tavoitteita, jotka tuottaisivat konkreettisia ja mitattavia, myös markkinoiden toimivuuteen vaikuttavia tuloksia.

Kattava rakennus- ja materiaalitieto sekä tiedon digitaalinen hyödyntäminen on edelleen tärkeä kehityshaaste purkumateriaalien uudelleenkäytön ja kierrätyksen markkinoiden edistämiseksi. Uuden kaavoitus- ja rakennuslain (KRL) esitykseen liittyykin rakennus- ja purkutiedon digitaalinen rekisteri, joka toteutuessaan tukee digitalisaation edistymistä. Myös nk. digitaalisten kaksosten (digital twins) ja rakennusten digitaalisen tiedon (BIM Building Information Management) kehittäminen nähdään tärkeänä.

Digitaalista rakennus- ja purkutietoa tarvitaan, jotta purkumateriaalien kysyntä ja tarjonta saataisiin nykyistä paremmin kohtaamaan. Purkumateriaalien markkinoiden edistämiseksi tarvitaan oikea-aikaista ja riittävän yksityiskohtaista tietoa purettavista rakennuksista, käytetyistä materiaaleista ja rakenneratkaisuista sekä purkamisen aikatauluista. Näin materiaaleille voidaan turvata hyödyntäjät riittävän ajoissa. Tämä vähentää osaltaan purkumateriaalien hyödyntämisen ketjuun liittyviä epävarmuustekijöitä.

Keskeinen tekijä, joka haastaa toimivien markkinoiden muodostumista on epävarmuus purkutuotteiden käytettävyydestä ja arvosta. Miten eri-ikäisten ja laatuisten rakennus- ja purkutuotteiden arvo määrittyy elinkaaren eri vaiheissa? Tulevaisuudessa rakentamistiedon digitalisoituminen selkeyttää purkutuotteiden käytettävyyden ja taloudellisen arvon määrittämistä ja siten osaltaan edistää rakentamisen ja erityisesti purkutuotteiden kiertotalouden mukaisten markkinoiden muodostumista.

Tärkeää on edistää purkamisen kiertotalouden mukaisia, taloudellisesti tarkoituksenmukaisesti toimivia liiketoimintaekosysteemejä. Kokonaisuuden tulee rakentua tukemaan taloudellisesti kannattavaa purkutuotteiden hyödyntämisen toimintamallia. Tarvitaan myös sellaisten liiketoimintamahdollisuuksien kehittämistä (artesaanimarkkinat, volyymituotteet), joiden kautta pienetkin yritykset pystyvät tulemaan mukaan toimialalle.

7.7.2 Kehittämisehdotukset

Purkumateriaalien markkinoiden kehittyminen ja vahvistuminen vaatii systeemistä muutosta, jossa osana on ohjauskeinojen tarkoituksenmukainen kehittäminen.

Projektin työpajoissa ja haastatteluissa kerättiin sidostahojen näkemyksiä siitä, mitä vaatimuksia ja toiveita he asettavat purkumateriaalien markkinoille tulevaisuudessa. Tämän kysymyksen täydennyksenä vastaajia pyydettiin kuvaamaan, miten ohjauskeinojen tulisi lähivuosina kehittyä, jotta tavoitetila toimivista markkinoista voitaisiin saavuttaa. Näiden vastausten pohjalta on koottu seuraavat kehittämissuositukset.

Tulevaisuuden toimivien purkumateriaalien markkinoiden keskeisiä vaatimuksia:

- Purku- ja kierrätystuotteiden hyväksymisen ja kelpoistamisen tulee olla arkipäivää ja päätöksentekoprosessien sujuvia.
- Toimivan arviointi- ja lupaprosessin tulee mahdollistaa purkutuotteiden ja purkumateriaalien joustavampi käyttö.
- Purkumateriaalien hyödyntämisen ketjun eri toimijoiden, kuten alkuperäisen tuotteen valmistajan, rakennuksen purkajan ja purkutuotteen valmistajan, vastuut ja velvollisuudet tulee olla selkeästi määritelty.
- Tuotteiden valmistusvaiheessa tulee olla määritelty mahdolliset jatkokäyttökohteet (uudelleenkäyttö ja kierrätys) sekä oikeat purkutavat riittävällä tarkkuudella. Tuotteiden ominaisuudet on pystyttävä todentamaan luotettavasti purkamisen jälkeen.
- Purkumateriaalien kiertotalouden markkinoiden kehittämisessä huomio tulee kiinnittää tarjonnan edistämiseen. Näin voidaan mahdollistaa kysynnän kasvu, kannattava liiketoiminta ja siten markkinoiden toimivuus.

Ohjauskeinojen kehittämisen suuntaviivoja:

- Lainsäädännöllisillä keinoilla tulee kautta linjan tehostaa kiertotaloutta sekä uudis- että korjausrakentamisessa.
- Pidemmällä aikavälillä lainsäädännön ja standardien on huomioitava ja mahdollistettava purkumateriaalien hyödyntäminen.
- On luotava selkeät ja läpinäkyvät tuotteiden uudelleenkäytön edellytysten arviointi- ja kelpoistamisprosessit.
- Ohjauskeinoihin tarvitaan lisää joustavuutta. Vapaaehtoisen sopimisen kehittäminen Green Deal -sopimusten mallin mukaisesti on keskeistä.
- Tiedon ja tiedolla johtamisen merkitys korostuu. Digitaalisen luotettavan tiedon olemassaolo ja saatavuus tukevat tarkoituksenmukaisen sääntelyn kehittämistä ja soveltamista.

8 Johtopäätökset ja suositukset

Purettuja rakennusosia käytetään Suomessa uudelleen hyvin vähän, vaikka puretuissa materiaaleissa on paljon hyödyntämispotentiaalia. Tällä hetkellä purkumateriaalit, erityisesti betoni, metalli ja lasi, hyödynnetään pääasiassa kierrätyksen kautta. Rakennustuotteiden uudelleenkäytöllä voisi kuitenkin olla merkittävä vaikutus maamme ilmastotavoitteiden saavuttamisessa, sillä uudelleenkäytettynä purkutuote on selvästi vähäpäästöisempi neitseellisistä materiaaleista valmistettuun tuotteeseen verrattuna. Rakennus, jonka osana käytetään uudelleenkäytettäviä rakennusosia, tulee täyttää nykyiset vaatimukset rakenteiden lujuuden ja vakauden, paloturvallisuuden, terveellisyyden, käyttöturvallisuuden, ääniolosuhteiden ja energiatehokkuuden osalta aivan samoin kuin kokonaan neitseellisistä rakennusmateriaaleista tehdyn rakennuksen.

Selvityksemme osoittaa, että betonielementit, tiili, teräs ja käsittelemätön sahatavara eivät ole olemassa olevan tiedon perusteella sisällä erityisen ongelmallisia raaka-aineita ja niiden uudelleenkäyttö voi olla mahdollista turvallisuuden tai terveellisyyden näkökulmasta. Selvityksemme osoitti myös, että betonielementtien ja teräsrakenteiden uudelleenkäytöllä osana rakennuksen runkoa on iso kasvihuonepäästöjen vähennyspotentiaali. Näiden, sekä tiilien uudelleenkäytön edistämiseksi löytyy myös kannatusta sidosryhmiltä.

Purettujen rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön liittyy tällä hetkellä kuitenkin isoja haasteita, johtuen niiden kelpoisuuden osoittamisen menettelyn epäselvyydestä. Viranomaiset ovat tulkinneet, että uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden, jotka kuuluvat yhdenmukaistettujen standardien piiriin, tulee olla CE-merkittyjä, vaikka säännökset ja ohjeet uudelleen käytettävien rakennustuotteiden suorituskykyjen säilyttämisen osoittamisesta tai uudelleen CE-merkinnästä puuttuvat. Samalla hankkeessa haastattelut valvontaviranomaiset ovat kuitenkin todenneet, että EU:n rakennustuoteasetus ei nykyisellään tunne käsitettä uudelleenkäyttö. Rakennustuoteasetus on säädetty uusien rakennustuotteiden valmistusta silmällä pitäen, ja ajatuksena on ollut, että ennen rakennustuoteasetusta markkinoille saatetut rakennustuotteet ovat jo markkinoilla. Tämä on johtanut tilanteeseen, jossa purkumateriaalien käyttö jopa pilottikohteissa on estynyt CE-merkinnän puutteeseen. Rakennusalalla tarvitaan nopeasti selvyys rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä koskevasta sääntelystä sekä ohjeet sen implementoinnista. Komission ehdotusta rakennustuoteasetuksen revisioksi odotetaan keväällä 2022. Tällä hetkellä jäsenvaltiot eivät voi asettaa kansallisia lisävaatimuksia ja edellyttää enempää kuin yhdenmukaistetuissa standardeissa on edellytetty.

Toisaalta on ymmärrettävä, että viranomaiset tarvitsevat vankkaa tietopohjaa kehittääkseen uusia ohjeistuksia tai viranomaismenettelyjä. Suunnitelmallista purkua ja purettujen rakennusosien uudelleenkäyttöä on tehty verrattain vähän, ja siksi prosessin

ymmärryksestä, laadun varmistuksesta sekä sopivista uudelleenkäyttökohteista puuttuu tietoa. On tärkeää, että rakennusalan toimijat, viranomaiset ja tutkimuslaitokset tekevät jatkossa tiivistä yhteistyötä tietojen keräämiseksi ja osaamisen kehittämiseksi.

Hankeryhmän suositukset voidaan jakaa neljään osaan: 1) lyhyen aikavälin sääntelyn kehitystarpeet, 2) pitkän aikavälin sääntelyn kehitystarpeet, 3) tietopohjan vahvistaminen ja osaamisen kehittäminen sekä 4) markkinoiden kehittäminen ja toimijoiden välinen yhteistyön edistäminen.

Nykyisen sääntelyn selkeyttämisen ja tulkintojen kehitystarpeet:

Nykyisen sääntelyn selkeyttämisellä ja viranomaisten tulkintojen kehittämisellä voidaan selventää tilannetta ja sujuvoittaa tuotehyväksyntäprosesseja uudelleenkäytettäville rakennustuotteille.

- Viranomaisten tulee antaa tulkinnat tilanteista, joissa uudelleenkäytettävää rakennustuotetta ei koske EU:n rakennustuoteasetus eikä sen nojalla annetut yhdenmukaistetut standardit, esim. tuotteen käyttäminen omassa toiminnassa. Jos yrityksen tai yhtymän sisällä tapahtuva materiaalivehto voidaan luokitella omaksi käytöksi, se helpottaisi ainakin pilottihankkeiden toteuttamista.
- Viranomaisten tulee antaa ohjeistukset EU:n rakennustuoteasetuksen mukaisen tuotehyväksyntämenettelyn soveltamisesta uudelleenkäytettäviin rakennusosiin:
 - a. Pitää määrittää kuka ottaa talouden toimijan roolin, kun puretut rakennusosat saatetaan uudelleen markkinoille joko sellaisenaan tai käsittelyn jälkeen. Tuotteen alkuperäinen valmistaja ei voi ottaa tietämättään vastuuta jonkin toisen tahon käynnistämästä prosessista, jossa jätteen välillä muuttunut tuote palautuu jälleen uutena tuotteena markkinoille.
 - b. Viranomaisten tulee mahdollisuuksien mukaan antaa ohjeet siitä, miten talouden toimijat voivat osoittaa, että ennen CE-merkintävelvollisuutta markkinoille saatetun taikka kertaalleen CE-merkityn, puretun rakennustuotteen perusominaisuudet ovat pysyneet ennallaan, eikä tuotetta tarvitse uudelleen CE-merkitä. Rakennustuoteasetuksen revision odotetaan ottavan tähän kantaa.
 - c. Uudelleenkäytettävä rakennustuote, jota ei ole aikaisemmin CE-merkitty, mutta joille nykyään löytyy harmonisoitu tuotestandardi, tai jos tuote on alun perin CE-merkitty eikä pystytä osoittamaan, että tuotteen perusominaisuudet ovat pysyneet ennallaan, voitaisiin CE-merkitään ainoastaan rakennustuoteasetuksen mukaisesti. Mutta ongelman muodostaa se, ettei tuotteen

alkutestausta voida enää tehdä. Rakennustuoteasetuksen revision odotetaan ottavan tähän kantaa.

- d. ETA-menettelyä on käytetty uudelleenkäytettävien rakennusosien tuotehyväksynnässä onnistuneesti. Tietoisuutta tästä menettelystä tulee kasvattaa alan toimijoiden keskuudessa.
- Laaditaan kansallisen teknisen ja hyväksyntäprosessin kuvaava purettujen rakennusosien uudelleenkäytön ohje. Ehdotettu ohje selventäisi purettujen rakennusosien uudelleenkäyttöä koskevat prosessit, tekniset vaatimukset sekä roolit ja vastuunjaon. Uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoistaminen rakennushankkeissa ei voi tapahtua yksittäisenä toimenpiteenä vaan kyseessä on prosessi, johon kuuluu seuraavat vaiheet:
 1. vapaaehtoinen purkukartoitus tai MRL uudistuksessa esitetty pakollinen rakennus- ja purkumateriaaliselvitys;
 2. rakenteellinen kuntotutkimus ja haitta-aineselvitys;
 3. purkusuunnittelu ja purkutyö;
 4. kuljetus, varastointi ja jatkojalostaminen;
 5. uudelleenkäytön suunnittelu käyttökohteen mukaisena;
 6. tuotehyväksyntä ja kelpoistaminen.

Prosessi on kuvattava riittävän tarkasti, ja siinä määriteltävä eri tahoille selkeät roolit ja vastuut rakennustuotteiden uudelleenkäytön edistämiseksi. Prosessikuvauksen lisäksi on kehitettävä ohjeet rakenteellisen kuntotutkimuksen tekemiselle, sekä laadunvarmistusmenetelmät erityyppisille uudelleen käytettäville rakennustuotteille.

Haitta-ainetutkimusohje (2016) ei sellaisenaan riitä uudelleenkäytettävien rakennusmateriaalien ja -osien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien tutkimiseksi. On selvitettävä, millaisia ohjeita sisäympäristöissä tai niihin yhteydessä olevien uudelleenkäytettävien rakennusmateriaalien ja -osien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien tutkimiseen ja tulosten tulkintaan tarvitaan jatkossa. Tutkimus- ja tulkintaohjeita tarvitaan kelpoistamisessa tarvittavien testaus-, menettely- ja tulkintaohjeiden perustaksi ja kehittämiseksi. Näin voidaan myös ennakoitua varmistaa, että sisäympäristöihin liittyvissä rakenteissa ei käytetä sellaisia rakennusosia, jotka voisivat heikentää sisäilman laatua tai aiheuttaa terveys- tai turvallisuusriskejä tilojen käyttäjille.

- Viranomaisten tulee selventää purkumateriaalien käytön mahdollisuuksia korjausrakentamisessa.
- Tutkimuksessa on havaittu tarve selventää ja tulkita uudelleen jätelain määrätykset uudelleenkäytöstä sekä uudelleenkäytön valmistelusta, eli miten näitä määritelmiä sovelletaan rakennusosien uudelleenkäytön tapauksissa. Tällä

hetkellä jätelaissa (646/2011) uudelleenkäytöllä tarkoitetaan tuotteen tai sen osan käyttämistä uudelleen samaan tarkoitukseen kuin mihin se on alun perin suunniteltu. Uudelleenkäytön valmistelulla tarkoitetaan jätelaissa (646/2011) jätteen tarkistamiseksi, puhdistamiseksi tai korjaamiseksi toteutettavaa toimintaa, jolla käytöstä poistettu tuote tai sen osa valmistellaan siten, että se voidaan käyttää uudelleen ilman muuta esikäsittelyä. Monet purettu rakennusosat voidaan pienellä käsittelyllä (esim. ikkunaa korjaamalla tai maalaamalla) saada käyttöön joko samaan tarkoitukseen (ikkunana) tai toiseen tarkoitukseen (esimerkiksi tilanjakajana). Molemmissa tapauksissa tuote kuitenkin käytetään rakennustuotteena. Järkevällä tulkinnalla voidaan välttää turhia toimenpidettä liittyen jätestatukseen sekä jätestatuksen poistamiseen.

Pitkän aikavälin sääntelyn kehitystarpeet:

EU:n rakennustuoteasetuksen uudistuksen yhteydessä tulee luoda periaatteet uudelleen käytettävien rakennusosien tuotehyväksynnästä ja kelpoistamisesta, joiden pohjalta voidaan kehittää tuotespesifiset tekniset tuotehyväksyntäkriteerit. Sen lisäksi on hyväksyttävä, että uudelleenkäytettäviä rakennusosia voidaan käyttää myös muuhun kuin alkuperäiseen käyttötarkoitukseen, ja että eri tuotteiden käyttömahdollisuudet ovat teoriassa rajattomia. Tämä luo tilaa innovaatiolle ja on siksi kannustettavaa.

Tällainen periaate voidaan jakaa kahteen kategoriaan uudelleenkäyttötarkoitusten mukaan:

- Purettujen rakennusosien uudelleenkäyttö kantavassa rakenteessa

Uudelleenkäytettävien rakennusosien hyödyntäminen kantavassa rakenteessa vaatii aina tapauskohtaista rakennusvalvontaviranomaisen hyväksyntää ja rakennuskohdekohtaisen koestuksen/testauksen. Rakennussuunnitelmissa määritellään ennakkoon kantavassa rakenteessa uudelleenkäytettävät rakennustuotteet, jotka suunnitellaan aina kohdekohtaisesti hyväksyttäväksi. Uuden käyttökohteen rakennesuunnittelulla sekä purkut tuotteiden laadunvarmistuksella on iso rooli tuotteen kelpoistamisessa. Rakennuspaikkakohtainen tuotehyväksyntä ilman CE-merkintää voisi olla riittävä tapa varmistaa rakennuksen turvallisuus ja terveellisyys. Rakennuspaikkakohtaisen hyväksynnän tekemiseksi tarvitaan ominaisuuksien osoittamiseen ja varmentamiseen yhtenäiset ohjeet ja kriteerit.

- Purettujen rakennusosien uudelleenkäyttö muissa käyttötarkoituksissa

Käytettäessä purkurakennustuotteita muualla kuin kantavissa rakenteissa uudelleen käytettävien rakennusosien turvallisuus ja terveellisyys on varmistettava, koska ne voivat päätyä omatoimisen rakentajan käsiin tai käytettäväksi ei-luvanvaraisissa

kohteissa. Uudelleenkäyttökohde voi olla sama tai eri kuin alkuperäinen käyttökohde, esim. aiemmin kantavassa rakenteessa käytettyjen tiilien hyödyntäminen rakennuksen ulkoverhoilussa tai ikkunoiden hyödyntäminen sisätilojen väliseininä. Olemassa olevia tuotehyväksyntämenetelmiä, kuten hEN, ETA ja EAD sekä kansallisia tuotehyväksyntämenetelmiä, voidaan hyödyntää.

Näiden lisäksi on syytä harkita uuden ja ketterämmän tuotehyväksyntämenettelyn kehittämistä markkinavetoisemman toiminnan mahdollistamiseksi. Väylävirastossa vuonna 2020 käynnistetty uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointimenettely voisi toimia esikuvana. Uusiomateriaalin teknisen soveltuvuuden arviointi Väyläviraston rakentamisessa on tilaajan vaatimus, ja se tehdään materiaalitoimitajan pyynnöstä. Materiaalitoimitaja vastaa muun muassa tarvittavien tutkimusten tekemisestä, aineiston kokoamisesta, tarvittavien ohjeiden laatimisesta ja soveltuvuuden osoittamisesta. Teknisen soveltuvuuden arviointi voidaan tehdä joko hankkoittaisesti tai yleisenä, jolloin se kattaa myös tulevat vastaavat hankkeet.

Pitäisi tunnistaa myös hyödyntämisreitti, jossa vastuu materiaalin käytöstä ja kelpoistamisesta jää käyttäjälle. Nykyiset varaosapankit vastaavat tätä.

Koska rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on vain osasy EU:n rakennustuoteasetuksen uudistukseen, viranomaisten on pidettävä huolto että uudelleenkäytön erityistarpeet saavat riittävästi huomioita uudisprosessin aikana. Yhteistyö muiden pohjoismaiden tältä osalta on hyvä vahvistaa.

Purku-, korjaus- ja uudisrakennustyömaalla syntyy paljon jätettä. Osa jätteistä on käyttökelpoista joko sellaisena tai kierrätyksen kautta, kuten betonimurskeet tai puhtaat sahatavarat (esim. muottipuut). Näille voisi luoda helpot ja kustannustehokkaat hyväksyntämenettelyt, jotta uudelleenkäytölle tai kierrätykselle löytyisi laajempi kiinnostus ja kysyntä. Betonimurskeelle on jo luotu MARA-asetus, jonka mukaan tiettyjä jätteitä voidaan hyödyntää maarakentamisessa kevennetyllä prosessilla eli ilmoitusmenettelyllä ilman ympäristölupaa. MARA-asetuksen kaltainen menettelytapa on hyvä luoda muille jätelajeille ja käyttötarkoituksille.

Tietopohjan vahvistaminen ja osaamisen kehittäminen

- Systemaattisen tietopohjan kasvattaminen

Edellä ehdotetut toimenpiteet vaativat nykyistä vahvempaa tietopohjaa, koska kokemukset sekä tieteelliset tutkimukset rakennusosien uudelleenkäytöstä eivät ole riittävällä tasolla. Sen lisäksi, että tieteellisille tutkimuksille ja pilottihankkeille on

varattava riittävät resurssit, on myös sovittava, mitkä tiedot halutaan kerätä systemaattisesti ja palvelevat tätä tarkoitusta. Testaamisen ja pilotoinnin tulisi kohdentua järjestelmällisesti eri materiaalijakeisiin ja käyttökohteisiin, jolloin seurantatiedon pohjalta tietämys uudelleenkäytön reunaehdoista karttuisi. Testaus ja pilotointi voisi tapahtua myös kv-yhteistyössä esim. muiden pohjoismaiden kanssa. Piloinnista saatuja hyviä käytäntöjä on hyvä kerätä ja jakaa.

Kelpoistamisprosessia suunniteltaessa haitta-aineiden ja epäpuhtauksien sekä niitä sisältävien materiaalien ja raaka-aineiden tunnistaminen, tutkiminen ja tulosten tulkintaohjeet vaativat pohjaksi tutkimustietoa ja tietopohjaa. Lisäksi tarvitaan järjestelmä, jossa olisi tietoa materiaalien raaka- ja käsittelyaineiden sisältämistä kemiallisista yhdisteistä, niiden pitoisuuksista ja mahdollista epäpuhtauksista. Tämän tutkitun tiedon perusteella voitaisiin laatia menettelyohjeita esimerkiksi kelpoistamisprosessiin sekä suunnitteluun. Suunnitteluohjeissa voitaisiin muun muassa määritellä myös uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -materiaalien käyttömahdollisuudet ja -kohteet, ottaen huomioon sisäympäristöt ja niihin liittyvät rakenteet.

Tiedot uudelleenkäyttöön kelpaamattomista tuotteista, esimerkiksi haitta-aineita (muun muassa PAH, VOC, POP-yhdisteet, mikrobit) sisältävistä ja lähtökohtaisesti heikkokuntoisista (esimerkiksi vanhat betoniset parvekkeet) rakennusosista, ovat myös arvokkaita.

- Osaamisen ja pätevyyden kehittäminen

Rakennusosien uudelleenkäyttö vaatii koko arvoketjun toimijoiden osaamisen kehittämistä. Esimerkiksi rakennesuunnittelijalla pitää olla osaamista paitsi nykyistä, myös entisistä rakennustavoista, rakennusterveydestä sekä uudelleenkäytettävien rakennusosien pohjalta tapahtuvasta rakennesuunnittelusta. Tähän tarvitaan lisää ajankohtaista osaamista sekä suunnittelijoille ja rakennusterveysasiantuntijoille suunnattua koulutusta ja mahdollisesti myös pätevyyskoulutusta.

Uutta osaamista tarvitaan myös uudelleenkäytettävien rakennusmateriaalien haitta-aineiden ja epäpuhtauksien tunnistamisessa ja määrittelyssä sekä tutkimustulosten tulkinnassa. Tämän lisäksi asiantuntijoiden tulisi pystyä arvioimaan haitta-aineiden ja epäpuhtauksien mahdollista kulkeutumista sisäympäristöihin ja altisteiden mahdollisia terveysriskejä tai -haittoja tilojen käyttäjille.

Markkinoiden kehittäminen ja toimijoiden välisen yhteistyön edistäminen

- Ohjauskeinojen on tuettava markkinoiden muodostumista

Purkumateriaalien markkinoiden kehittyminen ja vahvistuminen vaatii systeemistä muutosta, jonka osana on ohjauskeinojen tarkoituksenmukainen kehittäminen. Järjestelmän on mahdollistettava purku- ja kierrätystuotteiden riittävä ja luotettava tarjonta, näiden tuotteiden sääntelyllinen hyväksyttävyyden sekä kysyntä. Ohjauskeinoja on kehitettävä kautta linjan niin, että ne edistävät taloudellisesti kannattavien markkinoiden muodostumista.

Purkumateriaalien hyödyntämisen markkinoiden kehittäminen lähitulevaisuudessa edellyttää nykyistä yksityiskohtaisempaa markkinatietoa. Tämän hankkeen jatkona ehdotetaan tehtäväksi tarkempi markkina-analyysi purkumateriaalien markkinoiden nykytilanteesta sekä kiertotalousmarkkinan vahvuuksista, joita sääntelyn kehittämisellä voidaan tukea.

- Julkisen sektorin toimittava markkinoiden muodostumisen veturina

Julkisten rakennushankkeiden rooli on merkittävä purkumateriaalien hyödyntämisen, erityisesti uudelleenkäytön ja laajemminkin rakentamisen kiertotalouden tavoitteiden mukaisten markkinoiden kehittämisessä. Julkisen sektorin tulee toimia esimerkkinä ja edelläkävijänä luomassa vakiintuneita ja yleisesti hyväksytyjä toimintatapoja. Green deal -sopimukset tarjoavat pitkällä tähtäimellä hyvän pohjan aktiiviseen vuoropuheluun eri toimijoiden välillä sekä alustan ratkaista yhdessä myös markkinoiden ongelmakohtia.

- Innovaatioiden syntyminen vaatii laaja-alaista, avointa yhteistyötä

Yksityiset toimijat ovat avainasemassa uudenlaisen purku- ja suunnitteluosaamisen tarjoajina ja toteuttajina sekä pilotoinneissa erityisesti taloudellisen tehokkuuden ja prosessien tehokkuuden kehittäjinä. Keskeistä on avoin yhteistyö rakennus- ja purku-urakoiden tilaajien, alan yritysten sekä tutkimusorganisaatioiden kesken. Vain laaja-alaisen yhteistyön avulla uusia teknologioita ja toimintatapoja on mahdollista kehittää taloudellisesti toimiviksi ja saada ne levitettyä laajempaan käyttöön.

Tärkeää on edistää purkamisen kiertotalouden mukaisia, taloudellisesti tarkoituksenmukaisesti toimivia liiketoimintaekosysteemejä. Kokonaisuuden tulee rakentua tukemaan taloudellisesti kannattavaa purkutuotteiden hyödyntämisen toimintamallia. Tarvitaan myös sellaisten liiketoimintamahdollisuuksien kehittämistä, joiden kautta pienetkin yritykset pystyvät tulemaan mukaan toimialalle.

Liite 1 Sanasto

Termi	Määritelmä
AVCP- luokitusjärjestelmä (Assessment and Verification of Constancy of Performance)	Tuotannon suoritusasteen pysyvyyden arviointi- ja varmentamisjärjestelmä. AVCP-järjestelmiä (luokkia) on viisi: 1+, 1, 2+, 3 ja 4, joista luokka 1+ on vaativin ja luokka 4 vähiten vaativa.
End-of Waste (EoW) / Ei-enää-jätettä	Kansallinen menettely jolla jätemateriaali voidaan tuotteistaa uusiomateriaalina uudelleen käyttöön
Epäpuhtaus	Epäpuhtauksilla tarkoitetaan tässä hankkeessa rakennusmateriaaliin tai sen pinnoille syntyneitä tai muodostuneita epäpuhtauksia esimerkiksi materiaaliin imeytyneitä ja materiaalin vaurioitumisen (mikrobiologiset jakemalliset tekijät) tai likaantumisen (pölyt, hajut) seurauksena syntyneitä epäpuhtauksia, kuten mikrobiologisia epäpuhtauksia tai materiaalien hajoamistuotteina syntyneitä kemiallisia yhdisteitä.
Eurooppalainen arviointiasiakirja European Assessment Document (EAD)	Yksityiset ja muut toimijat voivat hankkia omalle innovaatiolleen, uusille tuotteilleen tai tuotejärjestelmilleen eurooppalaisen arviointiasiakirjan (EAD), jonka avulla haetaan eurooppalainen tekninen arviointi (ETA).
European Organisation for Technical Assessment (EOTA)	Eurooppalaisista teknisistä arvioinneista vastaava organisaatio.
Eurooppalainen tekninen arviointi European Technical Assessment (ETA)	Eurooppalainen tekninen arviointi on vapaaehtoinen CE-merkintään johtava arviointi, joka annetaan eurooppalaisen arviointiasiakirjan (EAD) nojalla.
European Technical Approval Guideline (ETAG)	Eurooppalainen tekninen hyväksyntäohje.
Haitta-aine	Tässä hankkeessa haitta-aineilla ja haitallisilla aineilla tarkoitetaan sellaisia aineita ja yhdisteitä, jotka ovat materiaalin raaka-aineita, valmistuksessa lisättyjä tai materiaaliin tai sen pinnoille tarkoituksella lisättyjä haitallisia aineita (muun muassa materiaalien ominaisuuksien parantaminen, suojaaminen).
Harmonisoitu standardi (hEN)	Euroopan Unionin jäsenmaiden yhteinen standardi, jonka avulla CE-merkintään rakennustuotteita.

Termi	Määritelmä
Ilmoitettu laitos (Notified Body, NB)	Ilmoitettu laitos on jäsenmaan komissiolle ilmoittama laitos (tuotesertifiointilaitos, laadunvalvonnan sertifiointilaitos tai testauslaboratorio), jolle on annettu lupa suorittaa kolmansien osapuolten tehtäviä suoritusasteen pysyvyyden arviointi- ja varmentamisprosessissa.
NANDO-järjestelmä (New Approach Notified and Designated Organisations Information System)	Euroopan komission ylläpitämä informaatiokeskus.
CEN	Eurooppalainen standardisoimisjärjestö.
Kelpoistaminen	Kelpoisuuden osoittaminen
Kierrätys	Jäte valmistetaan tuotteeksi, materiaaliksi tai aineeksi joko alkuperäiseen tai muuhun tarkoitukseen; jätteen kierrätyksenä ei pidetä jätteen hyödyntämistä energiana eikä jätteen valmistamista polttoaineeksi tai maantäyttöön käytettäväksi aineeksi. (JL 646/2011)
Purkukartoitus	Purkukartoitus on vapaaehtoinen, mutta suositeltava toimenpide purettavan rakennuksen materiaalien ja haitallisten aineiden kartoitukseen ja hyödyntämisen arviointiin.
Purkumateriaali	Purkumateriaaleja ovat kaikki purkamisessa syntyvät materiaalit ja rakennusosat. Purkumateriaaleja syntyy sekä kokonaispurkuhankkeissa että korjaamisessa. Purkumateriaaleja voidaan sekä uudelleenkäyttää (ensisijainen hyödyntämistapa) että kierrättää purkujätteenä
Purkutuote	Tarkoitetaan tässä raportissa purettavasta rakennuksesta vapautuvien rakennustuotteiden tai niiden osien käyttämistä uudelleen rakennustuotteena. Uudelleenkäyttökohde voi kuitenkin olla eri kuin alkuperäinen käyttökohde, esimerkiksi kantava palkki käytetään uudelleen ei-kantavana rakenteena.
Rakennus- ja purkujäte	Rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvä jäte.
Suomen kansallinen standardi SFS 7000-sarja	Suomen kansallinen standardi, joka osoittaa rakennustuotteille ja -tuotejärjestelmille vaatimuksia, kun Suomeen suunnitellaan ja rakennetaan.
Suomen kansallinen tuotehyväksyntämenetelmä	Suomen kansalliset tuotehyväksyntämenetelmät perustuvat ympäristöministeriön laatimiin ja hyväksymiin tyyppihyväksyntäasetuksiin ja varmennustodistuksien arviointiperusteisiin. Myös tuotannon varmentaminen on yksi tuotehyväksyntämenetelmä. Edellisiin sovelletaan myös AVCP-luokitusjärjestelmää ja kolmas osapuoli (NB tai TAB) on joissain oltava mukana tuotteiden tuotantojen varmennuksissa.

Termi	Määritelmä
Talouden toimija	Euroopan Unionin jäsenmaiden yhteinen rakennustuoteasetus (CPR, 305/2011) määrittää talouden toimijan rakennustuotteen valmistajaksi, maahantuojaksi tai jakelijaksi. Näiden lisäksi talouden toimijana rakennushankkeessa voi toimia myös rakennusliike tai tilaaja itse, jos toimijat ovat nimenneet kyseessä olevan rakennustuotteen tai -tuotejärjestelmän omalle toiminimelleen.
Tekninen arviointilaitos (Technical Assessment Body, TAB)	Tekninen arviointilaitos (TAB) on jäsenmaan nimeämä laitos, joka myöntää eurooppalaisten arviointiasiakirjojen (EAD) pohjalta eurooppalaisia teknisiä arviointeja (ETA). Notifiointi teknisten arviointilaitosten osalta tehdään Komission ohjeiden mukaan. Ympäristöministeriön notifioima suomalainen tekninen arviointilaitos on Eurofins Expert Services Oy.
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Suomen markkinavalvontavirasto.
Uudelleenkäyttö	Jätelaissa (646/2011) uudelleenkäytöllä tarkoitetaan tuotteen tai sen osan käyttäminen uudelleen samaan tarkoitukseen kuin mihin se on alun perin suunniteltu.
Uudelleenkäytön valmistelu	Uudelleenkäytön valmistelulla tarkoitetaan jätelaissa (646/2011) jätteen tarkistamiseksi, puhdistamiseksi tai korjaamiseksi toteutettavaa toimintaa, jolla käytöstä poistettu tuote tai sen osa valmistellaan siten, että se voidaan käyttää uudelleen ilman muuta esikäsitteilyä.
Uudelleenkäytettävä rakennusosa ja -materiaali	Tässä hankkeessa rakennustuotteiden uudelleenkäytöllä tarkoitetaan purettavasta rakennuksesta vapautuvien rakennustuotteiden tai niiden osien käyttämistä uudelleen rakennustuotteena.

Liite 2. Rakennuskohteen perusvaatimukset

Rakennuskohteen perusvaatimukset rakennustuoteasetuksen 305 / 2011 liitteen I mukaisesti.

1. Mekaaninen lujuus ja vakaus

Rakennuskohde on suunniteltava ja rakennettava siten, että rakentamisen ja käytön aikana siihen todennäköisesti kohdistuvat kuormitukset eivät johda mihinkään seuraavista:

- a. koko rakennuskohteen tai sen osan sortuminen;
- b. suuret muotopoikkeamat, joita esiintyy siinä määrin, ettei niitä voida hyväksyä;
- c. rakennuskohteen muiden osien tai siihen asennettujen laitteiden ja kiinteiden varusteiden vaurioituminen kantavissa rakenteissa tapahtuneiden suurten muotopoikkeamien seurauksena;
- d. jonkin tapahtuman aiheuttama vaurio, joka on suhteeton alkuperäiseen syyhyn verrattuna.

2. Paloturvallisuus

Rakennuskohde on suunniteltava ja rakennettava siten, että tulipalon sattuessa

- a. kantavien rakenteiden voidaan olettaa kestävän tietyn ajan;
- b. tulen ja savun kehittyminen ja leviäminen rakennuskohteen sisällä on rajoitettu;
- c. tulen leviäminen läheisyydessä sijaitseviin rakennuskohteisiin on rajoitettu;
- d. sen käyttäjät pääsevät poistumaan rakennuskohteesta tai heidät voidaan pelastaa muilla keinoilla;
- e. pelastushenkilöstön turvallisuus on otettu huomioon.

3. Hygienia, terveys ja ympäristö

Rakennuskohde on suunniteltava ja rakennettava siten, että siitä ei sen elinkaaren aikana aiheudu rakentajille, käyttäjille tai naapureille hygienia-, terveys- tai turvallisuusriskejä eikä sillä ole koko elinkaarensa aikana liiallisen suurta vaikutusta ympäristön laatuun tai ilmastoon sen rakentamisen, käytön ja purkamisen aikana etenkin minkään seuraavan seikan johdosta:

- a. myrkyllisten kaasujen päästöt;
 - b. vaarallisten aineiden, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden, kasvihuonekaasujen tai vaarallisten hiukkasten päästöt sisä- tai ulkoilmaan;
 - c. vaarallinen säteily;
 - d. vaarallisten aineiden päästöt pohja- tai meriveteen, pintavesiin taikka maaperään;
 - e. vaarallisten aineiden päästöt juomaveteen tai sellaisten aineiden päästöt, joilla on muu kielteinen vaikutus juomaveteen;
 - f. virheellinen jätevedenpoisto, savukaasupäästöt taikka kiinteän tai nestemäisen jätteen virheellinen hävittäminen;
 - g. kosteus rakennuskohteen osissa tai sisäpinnoilla.
-

Rakennuskohteen perusvaatimukset rakennustuoteasetuksen 305 / 2011 liitteen I mukaisesti.

4. Käyttöturvallisuus ja esteettömyys

Rakennuskohde on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei sitä käytettäessä aiheudu kohtuuttomia tapaturma- tai vahinkoriskejä, kuten liukastumis-, putoamis- tai törmäysvaaraa, palovammoja, sähköiskuja, räjähdysvammoja tai murtoja. Rakennuskohde on erityisesti suunniteltava ja rakennettava siten, että otetaan huomioon sen esteettömyys ja käyttö vammaisten henkilöiden kannalta.

5. Meluntorjunta

Rakennuskohde on suunniteltava ja rakennettava siten, että melu, jolle rakennuskohteen käyttäjät tai sen lähellä olevat henkilöt altistuvat, pysyy tasolla, joka ei vaaranna heidän terveyttään ja mahdollistaa heidän nukkumisensa, lepäämisen ja työskentelemisensä tyydyttävissä olosuhteissa.

6. Energiansäästö ja lämmöneristys

Rakennuskohde ja sen lämmitys-, jäähdytys-, valaistus- ja ilmanvaihtolaitteistot on suunniteltava ja rakennettava siten, että niiden käytön vaatima energiankulutus on vähäinen, kun otetaan huomioon rakennuksen käyttäjät ja sijaintipaikan ilmastolliset olosuhteet. Rakennuskohteiden on myös oltava energiatehokkaita eli niiden on kulutettava rakennus- ja purkuvaiheen aikana mahdollisimman vähän energiaa.

7. Luonnonvarojen kestävä käyttö

Rakennuskohde on suunniteltava, rakennettava ja purettava siten, että luonnonvaroja käytetään kestävästi ja että varmistetaan erityisesti seuraavat:

- a. rakennuskohteen, sen materiaalien ja osien uusiokäyttö tai kierrätettävyys purkamisen jälkeen;
 - b. rakennuskohteen kestävyys;
 - c. ympäristöystävällisten raaka-aineiden ja uusiomateriaalien käyttö rakennuskohteessa.
-

Liite 3. Rakennustuotteiden AVCP-luokitusjärjestelmä ja kontrollitoimenpiteet

Taulukko 1. Tuoteryhmät ja AVCP-luokat (Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä annetun ympäristöministeriön asetuksen eräiden säännösten muuttamisesta 66/2015, 12 §). Rakennustuotteen ominaisuuksien arvioinnissa ja varmentamisessa käytettävät järjestelmät

Nro	Tuoteryhmä	AVCP-luokka
1	Rakenteelliset teräs- ja alumiinikoonpanot	2+
2	Teräkset rakenteelliseen käyttöön	2+
3	Kantavat metalliohultlevypintaiset eristävät sandwich-elementit	1 tai 2+
4	Raudoitustangot, rauditusverkot ja jänneteräkset	1+
5	Raudoitteet sekä teräsvalmistajan tai jatkojalostajan oikaisema kieppiteräs	2+
6	Hitsattu ja voimia siirtävä raudoite	2+
7	Raudoitustankojen erikoisjatkokset	2+
8	Paalujen kalliokärjet ja paalujen jatkokset	2+
9	Teräs- ja alumiinirakenteiden voimia siirtävät kiinnittimet	2+
10	Valmisbetoni	2+
11	Juotosbetoni sekä betonin mekaanisiin ja säilyvyysominaisuuksiin olennaisesti vaikuttavat seos- ja lisäaineet	2+
12	Erikoislaastit ja erikoisbetonit sekä rakenteiden saumauslaastit	2+
13	LVI-hormielementit (kevytrakenteiset järjestelmä 1 ja raskasrakenteiset järjestelmä 2+)	1 tai 2+
14	Nestesäiliöelementit, massiivibetoniset laattaelementit ja muut massiivibetoniset elementit	2+
15	Muurauskappaleista tai muottiharkoista kootut seinäelementit	2+
16	Kantavat muurauuskappaleista ja laastista tai betonista koostuvat palkit	2+
17	Isot betoniputket ja isot tarkastuskaivot	2+
18	Kantava betonimuottiharkko	2+
19	Betonirakenteiden kuormia siirtävät teräsosat	2+
20	Betonirakenteiden korjausvahvikkeet	1

Nro	Tuoteryhmä	AVCP-luokka
21	Puurakenteiset seinä-, alapohja-, välipohja- ja yläpohjaelementit (mekaaniset liittimet järjestelmä 2+ ja liimaliitoksilla kootut kantavat elementit järjestelmä 1)	2+ tai 1
22	Puurakenteiden vetorasitetut ja liimatut terästanko- tai ruuviliittimet	1
23	Puurakenteiden leikkausrasitetut kiinnittimet ja liittimet	2+
24	Porrastuotejärjestelmät	2+
25	Talonrakentamiseen tarkoitettujen kumilevylaakerit	2+
26	Palosuojaustuotteet ja -tarvikkeet	1
27	Nostoelimet ja nostolenkit	2+
28	Kattopollarit sekä talotikkaat, lumiesteet ja katon vaakaturvakiskot	2+
29	Höyrynsulkuteipit ja muut tiivistystarvikkeet	2+
30	Rakenteiden jälkijännitystuotejärjestelmät	1
31	Puu-teräs-liittopalkit	2+
32	Kantavat mekaanisin liitoksien kootut puurakennekokoonpanot	2+
33	Kantavat liimatuin liitoksien kootut puurakennekokoonpanot	1
34	Märkätilaelementit	2+
35	Kupariputkien puristusliittimet	2+

Taulukko 2. AVCP-luokitusjärjestelmän mukaiset kontrollitoimenpiteet rakennustuoteasetuksen 305 / 2011 liitteen V mukaisesti

AVCP	CPR 305 / 2011
	Valmistajan ilmoitus rakennustuotteen perusominaisuuksien suoritustasoista seuraavien seikkojen perusteella:
1+	<p>a. Valmistajan on järjestettävä:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) tuotannon sisäinen laadunvalvonta; ii) tehtaalla määräystenmukaisen testausohjelman mukaisesti otettujen näytteiden lisättestaus; <p>b. Ilmoitetun tuotesertifiointilaitoksen on myönnettävä sertifikaatti tuotteen suoritustason pysyvyydestä seuraavien seikkojen perusteella:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) tuotetyypin määrittäminen tuotteen tyyppitestauksen (myös näytteenotto), tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvailevien asiakirjojen perusteella; ii) tuotantolaitoksen sekä tuotannon sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus; iii) tuotannon sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja evaluointi; iv) ennen tuotteen saattamista Euroopan unionin jäsenmaiden välisille markkinoille otettujen näytteiden pistokoettestaus.
1	<p>a. Valmistajan on järjestettävä:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) tuotannon sisäinen laadunvalvonta; ii) valmistajan tehtaalla määräystenmukaisen testausohjelman mukaisesti ottamien näytteiden lisättestaus; <p>b. Ilmoitetun tuotesertifiointilaitoksen on myönnettävä sertifikaatti tuotteen suoritustason pysyvyydestä seuraavien seikkojen perusteella:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) tuotetyypin määrittäminen tuotteen tyyppitestauksen (myös näytteenotto), tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvailevien asiakirjojen perusteella; ii) tuotantolaitoksen sekä tuotannon sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus; iii) tuotannon sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja evaluointi.

AVCP

CPR 305 / 2011

Valmistajan ilmoitus rakennustuotteen perusominaisuuksien suoritustasoista seuraavien seikkojen perusteella:

2+	<p>a. Valmistajan on järjestettävä:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) tuotetyypin määrittäminen tuotteen tyyppitestauksen (myös näytteenotto), tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvaavien asiakirjojen perusteella; ii) tuotannon sisäinen laadunvalvonta; iii) tehtaalla määräystenmukaisen testausohjelman mukaisesti otettujen näytteiden testaus; <p>b. Ilmoitetun laadunvalvonnan sertifiointista vastaavan sertifiointilaitoksen on annettava tuotannon sisäisen laadunvalvonnan vaatimustenmukaisuustodistus seuraavien seikkojen perusteella:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) tuotantolaitoksen sekä tuotannon sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus; ii) tuotannon sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja evaluointi.
3	<p>a. valmistajan on järjestettävä tuotannon sisäinen laadunvalvonta;</p> <p>b. ilmoitetun testauslaboratorion on suoritettava tuotetyypin määrittäminen tuotteen tyyppitestauksen (valmistajan suorittaman näytteenoton perusteella), tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvaavien asiakirjojen perusteella.</p>
4	<p>a. Valmistajan on järjestettävä:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) tuotetyypin määrittäminen tuotteen tyyppitestauksen, tyyppilaskennan, taulukoitujen arvojen tai tuotetta kuvaavien asiakirjojen perusteella; ii) tuotannon sisäinen laadunvalvonta; <p>b) Ilmoitetulla laitoksella ei tehtäviä.</p>

Liite 4. Yhteenveto betonielementeissä esiintyvistä mahdollisista haitta-aineista ja epäpuhtauksista

Betonielementtien (taso/laatta, palkki, pilari, seinä) pinnoilla on voitu purkukohteesta riippuen käyttää erilaisia pinnoitteita, joissa voi esiintyä haitta-aineita. Tällaisia pinnoitteita ovat muun muassa:

- asbestia sisältävät pinnoitteet, liimat, tasoitteet.
- bitumipohjaiset tuotteet, kuten bitumiliimat, emulsiot, liuokset, maalit ja kitit, jotka ovat sisältäneet PAH-yhdisteitä ja asbestia
- bitumipohjaiset vedeneristeet ja maalit, jotka ovat sisältäneet PAH-yhdisteitä ja asbestia.

Betonin huokoiseen materiaaliin imeytyy helposti kemikaaleja, jotka voivat myös levitä betonissa laajoille alueille ajan kuluessa (Rakennustieto ry 2016). Betonielementtien (taso/laatta, palkki, pilari, seinä) pinnoille on voinut imeytyä PAH-yhdisteitä, jotka ovat useimmiten peräisin:

- jäteöljyistä ja tilojen teollisesta käytöstä (esimerkiksi puunkyllästysteollisuuden tilat)
- bitumituotteiden sisältämien PAH-yhdisteiden imeytymisestä betoniin sekä
- jäteöljyistä valmistettujen valuasfalttien sisältämien PAH-yhdisteiden imeytymisestä. (Rakennustieto ry, 2016.)

Betonielementit (taso/laatta, palkki, pilari, seinä) voineet pilaantua myös PCB-yhdisteillä. Yleisimmät syyt betonin pilaantumiseen PCB-yhdisteillä ovat:

- kondensaattoriöljyvalumat sekä saumaussmassojen PCB-yhdisteiden imeytyminen viereisiin betonirakenteisiin
- elementtien ja rakenteiden saumaussmassat ovat sisältäneet PCB-yhdisteitä. (Rakennustieto ry, 2016.)

Betonielementtien mahdollisten haitta-aineiden lähteinä voidaan mainita myös:

- kittien, tiivistysmassojen sekä tiivistys- ja saumausaineiden sekä maalien valmistukseen käytetty asbesti, PCB-yhdisteet ja lyijy-yhdisteet
- kumikatteiden ja -mattojen valmistamiseen käytetty asbesti. (Rakennustieto ry, 2016.)

Betonielementeissä tai niiden pinnoilla voi esiintyä myös:

- mikrobiologisia tekijöitä silloin, kun materiaalissa tai sen pinnoilla on ravinnoksi kelpaavaa ainesta sekä riittävästi kosteutta ja lämpöä
- erilaisten pinnoitteiden hajoamisreaktioiden kautta betoniin imeytyneitä kemiallisia yhdisteitä (esimerkiksi erilaisia VOC-yhdisteitä)
- fossiilisten polttoaineiden käytöstä syntyneet rikkiyhdisteitä, jotka saattavat kertyä betoniin esimerkiksi sadeveden mukana.

Liite 5. Yhteenveto tiilessä esiintyvistä mahdollisista haitta-aineista ja epäpuhtauksista

Tiilimuuratuilla pinnoilla on voitu käyttää erilaisia pinnoitteita, joissa voi esiintyä haitta-aineita. Tällaisia pinnoitteita ovat muun muassa:

- bitumipohjaiset tuotteet, kuten bitumiliimat, emulsiot, liukset, maalit ja kitit, jotka ovat sisältäneet PAH-yhdisteitä ja asbestia
- bitumipohjaiset vedeneristeet ja maalit, jotka ovat sisältäneet PAH-yhdisteitä ja asbestia
- asbestia sisältävät pinnoitteet, liimat, tasoitteet.

Tiilen huokoiseen materiaaliin imeytyy helposti kemikaaleja. Siihen, minkälaisia kemikaaleja ja kuinka paljon niitä on saattanut tiileen imeytyä, vaikuttaa minkä tyyppisestä rakennuksesta ja ympäristöstä materiaali on lähtöisin. Tiilimuuratuille pinnoille on voinut imeytyä esimerkiksi PAH-yhdisteitä, jotka ovat useimmiten peräisin:

- jäteöljyistä ja tilojen teollisesta käytöstä (esimerkiksi puunkyllästysteollisuuden tilat)
- bitumituotteiden sisältämien PAH-yhdisteiden imeytymisestä betoniin sekä
- jäteöljyistä valmistettujen valuasfalttien sisältämien PAH-yhdisteiden imeytymisestä.

Muurattujen rakenteiden yhteydessä voi esiintyä myös PCB-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja ja niiden jäämiä tiilipinnoilla. Yleisimmät syyt PCB-yhdisteiden esiintymiseen tiilimuurauksen yhteydessä ovat:

- kondensaattoriöljyvalumat sekä saumausmassojen PCB-yhdisteiden imeytyminen viereisiin rakenteisiin
- rakenteiden saumausmassat ovat voineet sisältää PCB-yhdisteitä.

Muurattujen rakenteiden mahdollisten haitta-aineiden lähteinä voidaan mainita myös:

- kittien ja maalien valmistukseen käytetty asbesti, PCB-yhdisteet ja lyijy-yhdisteet.
- fossiilisten polttoaineiden käytöstä syntyneet rikkiyhdisteet, jotka saattavat kertyä muuraukseen esimerkiksi sadeveden mukana.

Tiilipinnoilla voi esiintyä myös:

- mikrobiologisia tekijöitä silloin, kun materiaalissa tai sen pinnoilla on ravinnoksi kelpaavaa ainesta sekä riittävästi kosteutta ja lämpöä
- uunien ja piippujen laasteissa ja palomassoissa on käytetty asbestia

Piippujen tiiliin on imeytynyt PAH-yhdisteitä savukaasujen vuoksi. (Rakennustieto ry, 2016.)

Liite 6. Haastateltut tai työpajoihin osallistuneet organisaatiot

- Betoniteollisuus ry
- EcoUp Oy
- Finnfoam Oy
- Finnsementti Oy
- Green Net Finland ry
- Helsingin kaupunki
- Helsingin rakennusvalvonta
- Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY
- INFRA ry
- Kierrätyskeskus Oy
- Kuusakoski Oy
- Lujabetoni Oy
- Metropolia Ammattikorkeakoulu
- Mikkelin Kehitysyhtiö Miksei Oy
- Motiva Oy
- Muoviteollisuus ry
- NREP Oy
- Parma Oy
- Puutuoteteollisuus ry
- Rakennustarkastusyhdistys RTY ry
- Rakennusteollisuus RT ry
- RAKLI ry
- Rakennustuoteteollisuus RTT ry
- Saint-Gobain Finland Oy
- Skanska Oy
- Suomen Arkkitehtiliitto
- Suomen Tasolasiyhdistys ry
- Talonrakennusteollisuus ry
- Talteka ry
- Tampereen yliopisto
- Teräsrakenneyhdistys ry
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES)
- Uponor Oy
- Welado Better World Oy
- Winto Oy
- Senaatti-kiinteistöt

- Sitowise Oy
- Sosiaali- ja terveysministeriö
- Spolia Design Oy
- Sykli Suomen ympäristöopisto Oy
- Talotekninen teollisuus ja kauppa ry
- Työ- ja elinkeinoministeriö
- Valtioneuvoston kanslia
- Vantaan kaupunki
- VTT
- Väylävirasto
- YIT Oyj
- Ympäristöministeriö
- Ympäristöteollisuus ja -palvelut YTP ry
- Ytekki Oy

Lähteet

- Aikivuori, A. 2001. Terveen rakennuksen evoluutio. Tutkimusraportti. VTT Rakennus ja yhdyskuntatekniikka. Saatavilla: https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2001/terveen_rakennuksen_evoluutio.pdf [Luettu 7.5.2021]
- Alakangas E. & Wiik C. 2008. Käytöstä poistetun puun luokittelu ja hyvien käytäntöjen kuvaus. VTT. Nro VTT -R-04989-08/1.9.2008.
- Asam, C. 2006. Recycling prefabricated building components for future generations. IEMB Info 1/2006. Berlin. Institute for Preservation and Modernisation of Buildings at the TU Berlin.
- Aitcin P-C. & Flatt R.J. (Edit.) 2015. Science and Technology of Concrete Admixtures. Elsevier Science & Technology 2015. ProQuest Ebook Central. Saatavilla: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/aalto-ebooks/detail.action?docID=4092858> [Luettu 30.12.2020]
- BES-tutkimus. 1969. Avoimen betonielementtijärjestelmän kehitys. Tutkimusraportti. Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö.
- Bergmans, J., Hradil, P., Siáková, A., Struková, Z., Junák, J., & Li, J. 2019. Recyclability and reusability of key waste streams. PARADE. Best Practices for Pre-Demolition Audits Ensuring High Quality RAW Materials. EIT RawMaterials.
- Bressers H., & de Bruijn T. (2005) Conditions for the Success of Negotiated Agreements: Partnerships for Environmental Improvement in the Netherlands. Business Strategy and the Environment 14: 241–254.
- Buske K. Jentsch S. & becter C. (2016) Is Self-Regulation Sufficient? Case of the German Transparency Code Administrative Science 6(1):3, DOI:103390/admsci6010003.
- van den Brink, B. 2020. Designing with recovered precast concrete elements. A study on the possibilities of reusing structural precast concrete elements, from disassembled office buildings, in new apartment building. Master's thesis. TU Eindhoven. Innovative structural engineering and design. 219 p.
- Castro D. (2011) Benefits and Limitations of Industry Self-Regulation for Online Behavioral Advertising. The information Technology & Innovation Foundation, December 2011. Saatavilla: <https://itif.org/files/2011-self-regulation-online-behavioral-advertising.pdf>

Duodecim. 2017. Käypä hoito -suositus. Kosteus- ja homevauriosta oireileva potilas. Saatavilla: [Kosteus- ja homevaurioista oireileva potilas \(kaypahoito.fi\)](https://www.kaypahoito.fi) [Luettu 8.6.2021]

EC. 2008. European Commission Directorate – General Enterprise and Industry, 2008. Assessment of the Risk to Consumers from Borates and The Impact of Potential Restrictions and their Marketing and Use. Annex 4, Use of Borates in Glass and Glass Fibre. Risk and Policy Analyst Ltd., Norfolk, UK.

EU-LCI Working Group, (2020, päivitetty). Saatavilla: https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values_en [Luettu 25.5.2021]

ECHA. 2020. Restriction on formaldehyde and formaldehyde releasing substances in articles. Saatavilla: <https://echa.europa.eu/fi/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e182439477>

Eko-Expert Oy. 2020. Rakennuseristeiden kierrätys ja uusiokäyttö. <https://www.eko-expert.com/rakennuseristeiden-kierratys-ja-uusiokaytto>. [Luettu 28.10.2020]

EU-LCI Working Group. 2020, päivitetty. Viitattu 25.5.2021. Saatavilla: https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values_en

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011, rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti. L 88/5. 4.4.2011. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0305&from=FI> [Viitattu 22.4.2021]

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006, kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH). Euroopan unionin virallinen lehti L 396, 30.12.2006. Saatavilla: [L_13620070529fi00030280.pdf \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907&from=EN)

Finfoam. 2020. FF-Kierrätysäkki. Saatavilla: <https://www.finfoam.fi/tuotteet/ff-kierratys-sakki>. [Luettu 14.12.2020]

Ganzevles J., Potting J. & Hanemaaijer A. (2017) Evaluation of Green Deals for a Circular Economy PBL Netherlands Environmental Assessment Agency publication number: 2945. Saatavilla: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/PBL-2017-Evaluation_of_green_deals_for_a_circular_economy-2945.pdf

- Ghorbanirad, Y. 2021. Uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteet ja vaikutukset hiilijalanjälkeen. Diplomityö, Aalto-yliopisto. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202105236843>
- Golber M. (2018) Circular alternative – Introducing reused timber in large-scale retail sale.
- Green Building Council & Sitra (2018) Näin rakennamme kiertotaloutta: 7 tavoitetta kiertotalouden toteutumiseksi KIRA-alalla. Saatavilla: https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2018/05/GBC_Kiertotalous-KIRA-alalla-7tavoitetta-210518.pdf
- Gustafssonin, J. 2019. Reuse of bricks, Analysis of challenges and potential in a multifamily residential project. Diplomityö, Chalmers University of Technology. Saatavilla: <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/257023/1/257023.pdf>
- Heilä S. (2018) Nyt tarjolla tehokkaita työkaluja julkisiin rakentamisen hankintoihin. Tiedote 9.3.2018. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/tiedotteet1/artikkelit/tyokaluja-julkisen-rakentamisen-hankintoihin-tiedote-090318.html.stx>.
- Helsingin kaupunki, Espoo, Tampere, Turku ja Vantaa (2019) Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa, Ohje. Saatavilla: https://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/2019_04_Betonimurske_kaupunkien_julkisessa_maarakentamisessa.pdf
- Hoikkala S. 2000. Muovit rakentamisessa – EPS-eristeet. Rakennustieto. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s705.pdf> [Luettu 25.3.2021]
- Huuhka, S. 2010. Kierrätys arkkitehtuurissa. Betonielementtien ja muiden rakennusosien uudelleenkäyttö uudisrakentamisessa ja lähiöiden energiatehokkaassa korjaus- ja täydennusrakentamisessa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin koulutusohjelma. 142 s.
- Huuhka S. Köliö A., Annala P. & Poti A. (2018). Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet. Tampereen teknillinen yliopisto. Muuttuva rakennettu ympäristö. Julkaisu nro 4. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti nro 165. 63 s. Saatavilla: https://tutcris.tut.fi/portal/files/13823501/Puurakenteiden_uudelleenka_ytto_mahdollisuudet.pdf [Luettu 21.12.2020]
- Huuhka, S., Lahdensivu, J. 2014. A statistical and geographical study on demolished buildings. Building Research and Information. Vol. 44 (1). Pp.1–24.
- Hytönen, Y., Seppänen, M. 2009. Tehdään elementeistä. Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. SBK-säätiö. 332 s.

Häkkinen, T., Kuittinen, M., Vares, S. 2019. Plastics in Buildings. A study of finnish blocks of flats and daycare centres.

Häkämies, S., Lähdesmäki-Josefsson, K., Pitkämäki, A., Lehtonen, K. 2019. Puupohjaisen rakennus- ja purkujätteen kiertotalous. Saatavilla: file:///C:/Users/yzhu/Downloads/puupohjaisen_rakennus-ja_purkujatteen_kiertotalous_loppuraportti.pdf

Høiby L. ja Sand H. (2018) Circular Economy in the Nordic Construction Sector: Identification and assessment of potential policy instruments that can accelerate a transition toward a circular economy. TemaNord 2018:517. Saatavilla: <https://doi.org/10.6027/TN2018-517>.

IARC, 2002. IARC Monographs on The Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 81, Man-Made Vitreous Fibres, Lyon, France. Saatavilla: <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono81.pdf> [Luettu 7.5.2021]

Isover, 2014. Käyttöturvallisuustiedote ISOVER mineraalivilla. 31.10.2014. Saatavilla: https://www.rttuotetieto.fi/pub/media/resources/49027_isover_mineraalivilla_ktt_24248_ok.pdf [Luettu 7.5.2021]

Isover, 2017. Käyttöturvallisuustiedote ISOVER puhallusvilla InsulSAFE. 27.10.2017. Saatavilla: https://www.isover.fi/dokumentit/kttisoverinsulsafepdf/ktt_isover_insulSAFE.pdf [Luettu 7.5.2021]

Joensuu T., Edelman H. & Saari A. (2020) Circular economy practices in the built environment. Journal of Cleaner Production, Vol. 276. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124215>

Jones P. ja Comfort D. (2018) The construction industry and the circular economy. International Journal of Management Cases 20: 4–15

Jätelaki 646/2011. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

Kauppi S. 2017. Kemikaalien hallinta kiertotaloudessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29 / 2017. Suomen ympäristökeskus. Kukatusten ja tuotannon keskus. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/225178>

Kauppi S., Bacher J., Laitinen S. Kiviranta H., Suomalinen K., ym. 2019. Kestävä ja turvallinen kiertotalous. Selvitys POP-yhdisteiden ja SVHC-aineiden hallinnasta kiertotaloudessa. Valtionneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:58. ISBN PDF 978-952-287-787-1. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-787-1>

Kauppila J., Turunen T., Häkkinen E., Salminen J. ja Lazarevic D. (2018). Jätteeksi luokittelun päättymisen hyödyt ja haitat. Ympäristöministeriön raportteja 9 | 2018.

Kokko K. (2021) Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö – jätteestä tuotteeksi. Blogikirjoitus 17.6.2021, Saatavilla osoitteessa: <https://tukes.fi/-/rakennustuotteiden-uudelleenkayttö-jatteesta-tuotteeksi>

Kokkonen A., Linnainmaa M., Koski H., Kanerva T., Laamanen J., Lappalainen V., Merivirta M-L., Oksa P., Piirainen J., Rautiala S., Säämänen A., Pasanen P. 2013. Pölynhallinta korjausrakentamisessa. Loppuraportti hankkeesta Epäpuhtauksien hallinta saneeraus-hankkeissa Puhdas ja turvallinen saneeraus. Saatavilla <https://www.tsr.fi/hankkeet-ja-tutkimustieto/kvartsi-altistuminen-ja-sen-hallinta-rakentamisessa/>

Komission asetus (EU) N:o 715/2013 arviointiperusteista sen määrittämiseksi, milloin kupariromu lakkaa olemasta jätettä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY nojalla. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32013R0715>

Komission asetus (EU) N:o 1179/2012 arviointiperusteista sen määrittelemiseksi, milloin lasimurska lakkaa olemasta jätettä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY nojalla. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32012R1179>

Kosomaa S., Mattila J. & Tepponen P. 2015. Mitä Betoni on? Betoniteollisuus ry. Betoni (85)2, 38–42.

Kuittinen, M. (toim.). 2019. Rakennuksen vähähiilisyys arviointimenetelmä. Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22. 54 s.

Kuokkanen, R., Leiponen, K. 1981. Suomen tiiliteollisuuden historia 1–2. Suomen Tiiliteollisuusliitto ry. 553 s.

Lanau M. ja Liu G. (2020) Developing an urban resource cadaster for circular economy: A case of Odense, Denmark. Environ. Sci. Technol. DOI: 10.1021/acs.est.9b07749.

Lanau, M., & Liu, G. (2020) Developing an Urban Resource Cadaster for Circular Economy: A Case of Odense, Denmark. Environmental Science & Technology, 54(7), 4675-4685. Saatavilla: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07749>

Lahdensivu, E. 2019. Hiilijalanjäljen arviointi aikaisessa suunnittelussa ja siihen vaikuttaminen. Kandidaatintyö. Tampereen yliopisto. Rakennetun ympäristö tiedekunta. 21 s.

Lahdensivu, J., 2003. Luonnonkiviverhottujen massiivitiiliseinien vaurioituminen ja korjausperiaatteet. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Tutkimusraportti 127. 165s.

Lahdensivu J. 2006. JUKO – ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi. Korjaustapakuvaukset. Muuratut julkisivut, paikkaus- ja pinnoituskorjaukset – suunnitteluohjeet. Julkisivuyhdistys ry. Viitattu 20.1.2021. Saatavilla: <https://julkisivuyhdistys.fi/wp-content/uploads/2019/01/12-Suunnitteluohjeet-Muuratun-julkisivun-saumojen-uusiminen.pdf>

Lahdensivu, J. 2012. Durability properties and actual deterioration of Finnish concrete facades and balconies. Tampere. Tampere University of Technology. Publication 1028. 117 p + app. 37 p.

Lahdensivu, J., Huuhka, S., Annala, P., Pikkuvirta, J., Köliö, A., Pakkala, T. 2015. Betonielementtien uudelleenkäyttömahdollisuudet. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennetekniikan laitos. Tutkimusraportti 162. 78 s.

Lahti, M.J. 1960. Kuinka Helsinkiä on rakennettu. Helsinki. Rakentajain Kustannus oy. 336 s.

Lehtonen, K. 2019. Purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjiille. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:29. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-036-1>

Leising E., Quist J. & Bocken N. (2018) Circular Economy in building sector. Three cases and a collaboration tool. Journal of Cleaner Production 176, 976-989, DOI. 10.1016/j.clepro.2017.12.010

Lilja R., Anttonen M. ja Liukkonen S. (2014) Teollisuuden materiaalitehokkuuden ohjauskeinot, esimerkkinä teollisuuskemikaalit ja kemialliset jätteet. Ympäristöministeriön raportteja 13/2014.

Mettke, A. 2010. Material- und Produktrecycling – am Beispiel von Plattenbaubauten. Zusammenfassende Arbeit von 66 eigenen Veröffentlichungen, Cottbus, Techn. Univ., Habil.-Schr. 371 p.

Merisalo, M., Naumanen, M., Huovari, J., Eskola, S., Toivanen, M., Keskinen, P., Hajikani, A., Oksanen, J. & Rausmaa, S. (2021). Julkiset hankinnat: kokonaisvolyyymi ja datan hyödyntäminen.

Mettke, A. 2015. Beispiele für Wieder- / Weiterverwendungsmaßnahmen unter Verwendung gebrauchter betonbauteile. 4 p.

- Ministry of Infrastructure and the Environment (2015) Circular Economy in the Dutch construction sector – perspective for the market and government. Saatavilla: <https://rivm.openrepository.com/bitstream/handle/10029/595297/2016-0024.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Museovirasto. 2000. Peltikaton maalaus. Korjauskortisto KK7. Saatavilla: <https://www.museovirasto.fi/uploads/Arkisto-ja-kokoelmapalvelut/Julkaisut/korjauskortti-7.pdf> [Luettu 24.2.2021]
- Mäkeläinen I., Kinnunen T., Reisbacka H., Valmari T., Arvela H. 2009. Radon suomalaisissa asunnoissa – Otantatutkimus 2006. STUK-A242. Helsinki: Säteilyturvakeskus.[Luettu 26.11.2021]
- Määttä T. (2005) Soft law kansallisen oikeuden oikeuslähteenä. Tutkimus oikeudellisen ratkaisun normipremissin muodostamisen perusteista ympäristöoikeudessa”. Oikeustiede Jurisprudentia XXXVIII, 336-460.
- Nakajima S. ja Russell M. (2014). Barriers for Deconstruction and Reuse/Recycling of Construction Materials. International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB publication 397.
- Neuvonen, P., Mäkiö, E., Malinen, M. 2002. Kerrostalot 1880–1940. Helsinki. Rakennustietosäätiö RTS. 192 s.
- Neuvoston asetus (EU) N:o 333/2011 arviointiperusteista sen määrittämiseksi, milloin tiettytyypiset romumetallit lakkaavat olemasta jätettä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY nojalla. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:094:0002:0011:FI:PDF>
- Nordiska Träskyddsrådet. 2017. Nordiska träskyddsklasser och produktkrav för industriellt skyddat trä. Del 1: Träskyddsbehandlad furu och andra lätt impregnerbara barrträslag. NTR Dokument nr. 1:2017. Saatavilla: https://assets.website-files.com/5be551a010d5ce592ab25722/5bf2ce01486e7f756dd7f042_NTR%20Dok%201-2017%20del%201.pdf [Luettu 5.1.2021]
- Nußhol J.K.L ja Milios L. (2019) Circular building materials: Carbon saving potential and the role of business model innovation and public policy. Resources Conservation and Recycling 141, Special Issue Waste for Buildings: 308-316. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.10.036

Pajukallio A-M. (2021). Hallituksen esitys jätelain ja eräiden siihen liittyvien lakien muuttamisesta (HE 40/2021), esitys 4.5.2021, ympäristövaliokunta. Saatavilla: <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2021-AK-369869.pdf>

Palomäki, V., Nevala, M. (2020), Miten talo rakennetaan siirrettäväksi. CE Wood -hanke, kirjallisuuteen perustuva selvitystyö 2020. Tampere University, Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Novia, Umeå Universitet.

Paroc, 2016. Käyttöturvallisuustiedote PAROC Kivivilla muotokappaleet. 9.9.2016. Saatavilla: https://firesto.fi/wp-content/uploads/2018/10/INT_Msds_Formshaped_fi.pdf [Luettu 7.5.2021]

Penttala, V. 1991. Betoni Suomessa 1860–1960. Suomen Betoniyhdistys ry. 195 s.

Pentti, M., Haukijärvi, M. 2000. Betonijulkisivujen saumausten suunnittelu ja laadunvarmistus. 2. täydennetty painos. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto. Julkaisu 100. 88 s.

Pirttiniemi, P., Puutuoteteollisuuden tuotteiden kehitys, Diplomityö. Rakennustekniikka. joulukuu 2020, Tampereen teknillinen yliopisto.

Pitkäranta, M. (toim.). 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8> [Luettu 7.5.2021]

Priha, E., Hellman, S., & Sorvari, J. (2005). PCB contamination from polysulphide sealants in residential areas – exposure and risk assessment. *Chemosphere*, 59(4), 537-543.

Porras, S., Hyytinen, E-R., Koponen, M., Heinälä, M., ja Santonen, T. 2015. Hormonitoimintaa häiritseville kemikaaleille altistuminen työpaikoilla: Esiselvitysprojekti. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:978-952-261-522-0>

Pulkki T. ja Hassinen E. (2021) Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on yhä juridisesti ratkaisematta. Saatavilla osoitteessa. Saatavilla: <https://rakennusteollisuus.wordpress.com/2021/11/05/rakennustuotteiden-uudelleen kaytto-on-yha-juridisesti-ratkaisematta/>

Puuinfo Oy. 2020. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje. Viides painos. Saatavilla: <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/Eurokoodi-5-Lyhennetty-suunnitteluohje-5.-PAINOS-2020-P%C3%84IVITYS-22.7.-web.pdf> [Luettu 21.12.2020]

Rakennustieto Oy. 1989. Rakentajain kalenteri. Rakentajain kustannus 1917 – Helsinki: Rakennustieto.

Rakennustieto Oy. 2010. RT 20-11008. Rakennustuotteiden vapaaehtoiset sertifiointimenettelyt. Rakennustietosäätiö RTS ry. Saatavilla: <https://rt.rakennustieto.fi/aloitus> [Luettu 21.12.2020]

Rakennustieto Oy. 2016. RT 18-11245. Haitta-ainetutkimus. Rakennustuotteet ja rakenteet. Rakennustietosäätiö RST ry. Saatavilla: <https://rt.rakennustieto.fi/aloitus> [Luettu 30.12.2020]

Rakennustieto Oy. 2017. RT 21-11287. Kyllästetty puutavara. Rakennustietosäätiö RST ry. Saatavilla: <https://rt.rakennustieto.fi/aloitus> [Luettu 5.1.2021]

Rakennustieto Oy. 2020a. RT 103283. Kalkkihiiekkatiilet ja -harkot. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RST ry. Saatavilla: <https://rt.rakennustieto.fi/aloitus> [Luettu 20.1.2021]

Rakennustieto Oy. 2020b. RT 103281. Poltetut tiilet. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RST ry. Saatavilla: <https://rt.rakennustieto.fi/aloitus> [Luettu 20.1.2021]

Robson, M., Melymuk, L., Csiszar, S., Giang, A., Diamond, M., & Helm, P. (2010). Continuing sources of PCBs: The significance of building sealants. *Environment International*, 36(6), 506-513.

Salminen J. (2020) Betonijätteen EOW-asetus. CIRC VOL-hankkeen koulutuswebinaari 1.4.2020. Saatavilla: https://circvol.fi/wp-content/uploads/2020/05/Salminen_010420_esitysmateriaali.pdf

Sarker T.K. (2013) Voluntary codes of conduct and their implementation in the Australian mining and petroleum industries: is there a business case for CSR? *Asian J Bus Ethics* 2:205-224 DOI 10.1007/s13520-012-0027-3T

Sariola L. 2007. Puhtaampaa sisäilmaa ja tarkistettua ympäristötietoa. Rakentajain kalenteri 2007. Rakennustieto. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK070102.pdf> [Luettu 31.12.2020]

Siikanen, U. 2001. Rakennusaineoppi. Rakennustieto Oy. Helsinki.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2020. Betonin lisäaineet. Saatavilla: <http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/betonilaborantti-ja-myllari-2020/1.-jakso/7.1.2020-lisaaineet.pdf> [Luettu 29.12.2020]

Simons M., Honkatukia J., Antikainen R., Hippinen I., Merenheimo T., Lehtomaa J., Kautto P., Mikkola M., Tikkanen S. ja Salmenperä H. (2018) Taloudelliset ohjaukeinit kiertealouden arvoketjuissa. Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 54/2018.

Sosiaali- ja terveystministeriö. 2020. Kansallinen toimintasuunnitelma radonista aiheutuvien riskien ehkäisemiseksi. Sosiaali- ja terveystministeriön julkaisuja 202:2. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5445-8>

Suomen Betoniyhdistys ry. 2020. Betonin lisäaineet. Saatavilla: <http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/betonilaborantti-ja-myllari-2020/1.-jakso/7.1.2020-lisaaineet.pdf> [Luettu 29.12.2020]

Suomen Betoniyhdistys ry. 2016. Betoninormit by 65. 2. painos. Helsinki: BY-koulutus Oy.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2018a. Betonin kiviaineokset by 43. Helsinki: BY-koulutus Oy.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2018b. Betoniteknikan oppikirja by 201. 7. painos. Helsinki: BY-koulutus Oy.

Suomen liimapuuyhdistys ry ja Puuinfo Oy. 2014. Liimapuukäsikirja-Osa1. Saatavilla: <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/Liimapuuk%C3%A4sikirja-Osa-1.pdf> [Luettu 21.12.2020]

Salminen, J., Turunen, T., Fjäder, P. 2020. Muistio kansallisten EoW-menettelyiden mahdollisuuksista mekaanisen muovinkierrätyksen edistämiseksi. 12.6.2020.

Sisäilmäyhdistys ry. 2018. Sisäilmastoluokitus. RT 07-11297. Saatavilla: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Julkaisut/Sisailmastoluokitus>

Suomen tasolasiyhdistys ry. N.D. Kierrätys. Saatavilla: <https://www.tasolasiyhdistys.fi/lasi-tietoa/kierratys/>. [Luettu 31.2.2021]

Säteilylaki 859/2018. Saatavilla: <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180859>

Säteilyturvakeskus. 2010. Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus, 17.12.2010. ST 12.2. Saatavilla: <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/ST12-2>

Tebbat Adams K., Osamni M., Thorpe T. ja Thornback J. (2017) Circular Economy in construction: current awareness, challenges and enablers. Waste and Resource Management 170: 15-24

Tiili-info, 2020. Ympäristöystävällinen tiili. <https://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/ymparistoystavallinen-tiili/>. [Luettu 15.12.2020]

Teittinen, T., Wahlström, M., Pohjakallio, M., & Vaajasaari, K. (2020). CHEMPLAST: Kansallisten EoW-asetusten mahdollisuudet muovijätteiden kemiallisen kierrätyksen edistämiseksi. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Asiakasraportti No. VTT-CR-01281-19.

Teräsrakenneyhdistys ry. 2017. Teräsrakenteiden palosuojamaalaus. ISBN 952-9683-33-2. Saatavilla: http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/845/a5c28b8/palosuojamaalaus_2017_sahkoinen_versio.pdf [Luettu 25.2.2021]

Tuhkanen, E., Juhanoja, S. & Salo, T. (2014). Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen viherkentämisen kasvualustoissa ja rakenteissa. MTT Raportti 161. <http://jukuri.luke.fi/bitstream/han-dle/10024/484572/mttraportti161.pdf> [Luettu 22.1.2018]

Tukes. 2021. REACH-asetus. Saatavilla: <https://tukes.fi/kemikaalit/reach/reach-asetus> [Viitattu 28.5.2021]

Turunen, M. (2014). CE-merkintäkäytäntö ja sen merkitys suunnittelutyössä. Aalto University Professional Development – Aalto PRO

Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. 2020. Saatavilla: www.tyosuojelu.fi [Luettu 23.3.2021]

Työterveyslaitos, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Sosiaali- ja terveysministeriö, Filha ry. 2020. Tietoa oireilusta sisäympäristöissä terveydenhuollon ammattilaisille. Saatavilla: https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2020/06/tietokortti_sisailma-FINAL-verkkoon.pdf

Tähkänen M. ja Tähtinen L. (2021) Hiilineutraalin rakennetun ympäristön toimintaohjelma, luonnos julkiseen kommentointiin 20.9.2021. Green Building Council Finland. Saatavilla: <https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2021/09/BuildingLife-Hiilineutraalin-rakennetun-ympariston-toimintaohjelma-20.9.2021.pdf>.

Umweltbundesamt (2021, päivitetty). German Committee on Indoor Guide Values. Saatavilla: <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/commissions-working-groups/german-committee-on-indoor-guide-values#guide-values-i-and-ii> [Luettu 25.5.2021]

UNEP 2019. Stockholm convention on persistent organic pollutants (POPs), text and annexes, revised in 2019. Saatavilla: <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (MARA-asetus) 843/2017.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205> [Luettu 31.5.2021]

Valtioneuvosto (2021) Uusi suunta Ehdotus kiertotalouden strategiseksi ohjelmaksi. Valtioneuvoston julkaisu 2021:1

Valvira. 2016. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Saatavilla: <https://www.valvira.fi/-/asumisterveysasetuksen-soveltamisohje-1>

Väisänen, P. & Huttunen, R. (toim.). 2003. Tiili. Perustietoa arkkitehtipiskelijälle. TKK arkkitehtiosasto. Rakennusoppi. Saatavilla: https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/827970/mod_resource/content/1/Tiili%20-%20Perustietoa%20arkkitehtipiskelijalle.pdf [Luettu 20.1.2021]

Väisänen, P. (toim.). 2007. Teräs. Perustietoa arkkitehtipiskelijälle. TKK arkkitehtiosasto. Rakennusoppi. Saatavilla: http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/40/66e53a5/Teras_web.pdf [Luettu 24.2.2021]

Wallenius, K., Hovi, H., Mahiout, S., Remes, J., Rautiala, S., Jokela, P., Leino, K., Liukkonen, T. 2021. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyypisissä työympäristöissä: Päästölähteet, mittausmenetelmät, pitoisuustasot ja terveysvaikutukset. Saatavilla: <https://www.julkari.fi/handle/10024/140940>

Weber O. & Adeniyi I. (2015) Voluntary Sustainability Codes of Conduct in the Financial Sector. Center for International Governance Innovation CIGI Papers Number 78. Saatavilla: https://www.cigionline.org/sites/default/files/cigi_paper_78.pdf

WHO (2010) WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Saatavilla: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/260127>

Wool2Loop. 2020. WOOL2LOOP-hanke. Rakennusteollisuuden mineraalivillajätteen uusikäyttöä geopolymeeriteknologian avulla. Saatavilla: <https://www.wool2loop.eu/> [Luettu 15.12.2020]

Ympäristöministeriö. 2018. Muuratut rakenteet. Ohjeet 2016. RakMK-21751. Säännökset. Rakennustieto Oy.

Ympäristöministeriö. 2019. Purkukartoitus – Opas laatijalle. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-037-8>

Ympäristöministeriö. 2020. Rakentamisen muovit. Rakennustyömaiden kierrätyskelpoisten muovijakeiden kierrätyksen tehostaminen ja kierrätysmuovituotteiden käytön lisääminen rakentamisessa. Muovitiekartta Suomelle. 9/2020. Saatavilla: https://muovitiekartta.fi/userassets/uploads/2019/03/rakentamisen_muovit_A4_v3.pdf

Ympäristöministeriö (2020) Kestävän purkamisen Green Deal -sopimus. Saatavilla: https://sitoumus2050.fi/documents/20143/428684/Purkaminen_green_deal.pdf/1c7db033-8e37-3ef3-cfdc-10ecff4232ec

Ympäristöministeriö (2020) Päästöttömät työmaat – Kestävien hankintojen green deal -sopimus. Saatavilla: https://sitoumus2050.fi/documents/20143/428684/P%C3%A4st%C3%B6tt%C3%B6m%C3%A4t+ty%C3%B6maat_green+deal+sopimus+allekirjoitettavaksi_FINAL.pdf/f2df341a-7361-8b5a-8a65-8cdc424836a9

Ympäristöministeriö (2020) Rakentamisen muovit Green Deal -sopimus Saatavilla: <https://ym.fi/documents/1410903/33891761/Rakentamisen+muovit.+Green+deal+-sopimus.pdf/85d86242-0d7a-c7d1-c75f-2e1cdb903b0b/Rakentamisen+muovit.+Green+deal+-sopimus.pdf?t=1607340538947>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta 1009/2017. Helsinki, 27.12. 2017. Saatavilla: <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Ytekki & Winto. 2020. Rakentamisen ja purkamisen jätteet sähköisissä järjestelmissä.

tietokayttoon.fi

ISBN PDF 978-952-383-253-4
ISSN PDF 2342-6799