

UURAKET- hankkeen loppuraportti

**Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden
käytön edistäminen talonrakentamisessa**

toim. Katja Tähtinen

UURAKET-hankkeen loppuraportti



**Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden
käytön edistäminen talonrakentamisessa**

Toim. Katja Tähtinen



Rakennustietosäätiö RTS sr

Malminkatu 16 A
00100 Helsinki
rts@rts.fi
www.rts.fi

Toimitus: Katja Tähtinen
Piirroket: Aku Helin, Katja Lehtonen, Evgeny Parshintsev ja Arto Toorikka
Taitto: Atte Kalke, Vitale Ay

©2025 Rakennustietosäätiö ja kirjoittajat



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiKaupallinen-EiMuutoksia 4.0 Kansainvälinen -käyttöluvalla osoitteessa
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ISBN 978-952-267-519-4 (PDF)
ISSN 3087-5218

UURAKET-hankkeen loppuraportti

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden käytön edistäminen talonrakentamisessa

Rakennustietosäätiö RTS sr julkaisut 3/2025			
Kustantaja	Rakennustietosäätiö RTS sr		
Tekijät	Katja Tähtinen, Arto Toorikka, Heikki Aronen, Evgeny Parshintsev, Risto Koivusaari, Katja Lehtonen, Jarmo Leskelä, Weiwei Lin, Aku Helin, Laura Virtanen, Miia Pitkäranta, Paula Romakaniemi, Mahmoud Hosseini, Joakim Suvanto, Pramod Acharya, Rui Hao, Maija Kirsi, Jarno Komulainen		
Toimittaja	Katja Tähtinen		
Kieli	Suomi	Sivumäärä	151
Tiivistelmä	Hankkeessa keskityttiin uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen sekä uudelleenkäytön suunnitteluun luvanvaraisessa talonrakennushankkeessa. Tavoitteena oli kehittää toimintamalleja, joilla varmistetaan irrotettujen rakennustuotteiden turvallisuus, vaatimustenmukaisuus ja soveltuvuus seuraavassa käyttökohteessa ja rakennuspaikkakohtaisessa varmentamisessa. Hankkeessa selvitettiin sisätiloihin soveltuvien rakenteellisten rakennustuotteiden (betoni- ja liimapuuelementit sekä erilaiset tiilet) uudelleenkäytön mahdollisuudet ja reunaehdot. Hankkeessa laadittiin opas tuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseksi ja rakennesuunnitteluun sekä rakennuspaikkakohtaisen varmentamisen tueksi. Työssä hyödynnettiin laajasti jo olemassa olevaa tietoa, ohjeita, oppaita, standardeja sekä tehtiin laboratoriotestejä ja -analyysyjä. Hankkeen aikana tunnistettiin kehitystarpeita mm. testausmenetelmien, digitaalisen tiedonhallinnan ja sääntelyn kehittämisessä. Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö auttaa saavuttamaan rakennusalan kestävyteen liittyviä monia tavoitteita.		
Asiasanat	Uudelleenkäyttö, uudelleenkäyttöselvitys, rakennusosat, rakennustuotteet, kelpoisuus, soveltuvuus, osoittaminen, rakennuspaikkakohtainen varmentaminen, tuotehyväksyntä, rakennuslupa		
ISBN (PDF)	978-952-267-519-4	ISSN	3087-5218
Julkaisun osoite	https://www.rts.fi/julkaisut		

The UURAKET project

Final Report

Advancing the Use of Reusable Construction Products in Building Projects.

Building Information Foundation RTS sr Publications 3/2025			
Publisher	Building Information Foundation RTS sr		
Authors	Katja Tähtinen, Arto Toorikka, Heikki Aronen, Evgeny Parshintsev, Risto Koivusaari, Katja Lehtonen, Jarmo Leskelä, Weiwei Lin, Aku Helin, Laura Virtanen, Miia Pitkäranta, Paula Romakaniemi, Mahmoud Hosseini, Joakim Suvanto, Pramod Acharya, Rui Hao, Maija Kirsi, Jarno Komulainen		
Editor	Katja Tähtinen		
Language	Finnish	Pages	151
Abstract	The project focused on assessing the eligibility and suitability of reusable construction products and on planning their reuse in permitted building projects. The objective was to develop operational models to ensure safety, compliance with regulatory requirements, and technical eligibility of reusable construction products for their next use and for site-specific verification. The project examined reuse potential and requirements of structural construction products suitable for indoor environments, including concrete and glulam elements as well as various types of bricks. A practical guide was developed to support the assessment of product eligibility and suitability, structural design, and site-specific verification. The work drew on previous research, existing knowledge, guidelines, handbooks, and standards, and included laboratory tests and material analyses. The project also identified key development needs related to testing methods, digital information management, and regulatory frameworks. Reusing construction products plays a significant role in advancing multiple sustainability goals in the construction sector.		
Key words	Reuse, Reuse assessment, Building components, Construction products, Compliance, Eligibility, Suitability, Verification, Site-specific verification Product approval, Building permit		
ISBN (PDF)	978-952-267-519-4	ISSN	3087-5218
Julkaisun osoite	https://www.rts.fi/julkaisut		

Hanketta ohjannut ohjausryhmä:

Ohjausryhmän puheenjohtaja:	Mira Jarkko, Helsingin kaupunki
Henna Ahlqvist	Vantaan kaupunki
Harri Hakaste	Ympäristöministeriö
Erkki Hassinen	Helsingin kaupunki
Jani Kemppainen	Talonrakennusteollisuus ry
Matti Kiiskinen	SKOL ry
Janne Kivimäki	Pohjola Rakennus
Esko Knuutila	Oulun kaupunki
Juhani Pirinen	Lahden kaupunki
Timo Puhakka	Oulun kaupunki
Mirkka Rekola	Senaatti-kiinteistöt
Tommi Riippa	Oulun kaupunki

Tekijät kiittävät kaikkia rahoittajia, hankkeen ohjausryhmän jäseniä ja tahoja, jotka ovat osallistuneet hankkeessa järjestettyyn työpajaan ja oppaan sisältöjen kommentointiin. Kiitämme arvokkaasta ja hedelmällisestä yhteistyöstä sekä tiedonvaihdesta teemaan liittyvien muiden tutkimus- ja kehittämishankkeiden asiantuntijoita.

Kiitämme hanketta toteuttaneiden organisaatioiden asiantuntijoita ja organisaatioita: Aalto-yliopisto, AFRY Finland Oy, A-Insinöörit Suunnittelu Oy, Eurofins Expert Service Oy, IdeaStructura Oy, Rakennustietosäätiö RTS sr, Sitowise Oy, Työterveyslaitos ja Ytekki Oy.

Hankkeen ovat rahoittaneet: Business Helsinki, EU NetxtGeneration, Oulun kaupunki, Rakennusmestarien Säätiö sr., Rakennusteollisuus ry, RIL ry, Senaatti-kiinteistöt, SKOL ry, Vantaan kaupunki ja ympäristöministeriö sekä hanketta toteuttaneet organisaatiot: Rakennustietosäätiö RST sr, Aalto-yliopisto, AFRY Finland Oy, A-insinöörit Suunnittelu Oy, Eurofins Expert Services Oy, Sitowise Oy ja Työterveyslaitos.

Sisällys

1	Lukijalle.....	11
2	Taustaa	14
3	Rakentamis- ja tuotelainsäädäntö sekä rakennustuotteiden uudelleenkäyttö.....	18
4	Jätelainsäädäntö ja rakennustuotteiden uudelleenkäyttö.....	21
4.1	Jäte- ja kemikaalilainsäädäntö; historia ja nykytila sekä rajapintahaasteet	21
4.2	Rakennusten purkamiseen ja rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön liittyvät lupamenettelyt	23
5	Kemikaalilainsäädäntö ja rakennustuotteiden uudelleenkäyttö	25
5.1	Kemikaalilainsäädännön taustoitutus	25
5.2	Uudelleenkäytettävät rakennustuotteet kemikaalilainsäädännön näkökulmasta.....	26
5.3	POP-asetus.....	28
5.4	REACH-asetus	29
5.5	Tiedonantovelvoitteisiin liittyvät esimerkkilaskelmat	30
5.6	Muu lainsäädäntö ja vapaaehtoisuuteen perustuva sääntely.....	32
5.7	Lainsäädännön taustoituksen yhteenveto ja päätelmät	33
6	Rakennustuotteiden uudelleenkäytön selvittämisen vaiheet	36
6.1	Tausta	36
6.2	Rakennustuotteiden uudelleenkäytön prosessin kehittäminen	37
6.2.1	Uudelleenkäyttöselvityksen vaiheet ja tutkimussuunnitelma ..	38
6.2.2	Tuotekortit ja uudelleenkäyttöselvityksen jälkeiden dokumentaatio.....	39

7	Peruseriaatteet rakennusosista selvittävistä ominaisuuksista ja vaatimuksista	41
7.1	Tausta	42
7.2	Aineisto.....	43
7.3	Tulokset ja johtopäätökset.....	45
8	Tuoteryhmäkohtaiset ominaisuudet ja niiden selvittäminen.....	47
8.1	Betoni.....	47
8.2	Tiilet	56
8.3	Liimapuu.....	58
9	Vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet.....	63
9.1	Haitallisten aineiden lähtöselvitys purkukohteessa	64
9.2	Purkujätteisiin liittyvät raja-arvot	68
9.3	Haitallisten aineiden ja kemiallisten epäpuhtauksien määritysmenetelmät.....	70
9.4	Tutkimusmenetelmiin liittyvät pitoisuusraja- tai viitearvot sekä soveltuvuus uudelleenkäyttökelpoisuuden arviointiin.....	71
9.5	Haitta-aineet betoni-, tiili- ja liimapuorakennustuotteissa	76
9.6	Huomiot ja yksittäiset nostot	79
9.7	Mikrobiluokittelun kehittäminen	82
9.7.1	Aineistot	82
9.7.2	Menetelmät	82
9.7.3	Tulokset	83
9.7.4	Yleistä mikrobivaurioiden tutkimisesta	87
9.7.5	Asiantuntijatyöpaja	88
9.7.6	Johtopäätökset	90
9.8	Sisäilmamallintaminen	90
9.9	Säteilyturvallisuus.....	93
10	Uudelleenkäytön suunnittelu	96
10.1	Tausta ja menetelmät	96
10.2	Aineisto.....	97
10.2.1	Nykyinen lainsäädäntö, suunnittelustandardit ja -käytännöt ...	98
10.2.2	Oppaat ja muu hyödynnetty tausta-aineisto	99
10.3	Tulokset ja johtopäätökset	101
11	Kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen dokumentointi	102

12 Työpaja ja lausuntokierrokset sekä kehittämistyö.....	105
12.1 Menetelmät	106
12.2 Tulokset	108
12.3 Johtopäätökset	110
 13 Hankkeen johtopäätökset ja suositukset.....	111
 Lähteet	117
 Liitteet.....	128
Liite 1 Työpajakysymykset	128
Liite 2 Vastaukset lausuntokierros 6–7/2024 ja 10/2024	139
Liite 3 Vastaukset lausuntokierros 15.1.–2.2.2025.....	141

1

Lukijalle

Keskitymme tässä tutkimus- ja kehittämishankkeessa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen sekä uudelleenkäytön suunnitteluun talonrakennushankkeessa. UURAKET-hankkeen päätavoitteena on koota, analysoida, soveltaa ja kehittää tämänhetkiseen tietoon perustuvia menetelmiä ja toimintatapoja rakennustuotteiden uudelleenkäytön toteuttamiseen talonrakennushankkeissa ja tuotteiden rakennuspaikkakohtaisessa varmentamisessa.

Tarkastelemme hankkeessa jo aikaisemmissa tutkimuksissa ja selvityksissä (Hopkinson, Chen, Zhou, 2018; Whittaker, Grioriadis, Soutsos, ym., 2019; Zhu, Lonka, Tähtinen ym., 2022) uudelleenkäytön kannalta potentiaalisiksi todettuja rakennustuotteita: ontelolaattoja, betonielementtipilareita ja -palkkeja, liimapuupalkkeja ja -pilareita sekä poltettuja savitiiliä ja höyrypaineistuksella kovetettuja kalkkiahiekkatiiliä. Rakennustuotteiden uudelleenkäytöllä tarkoitetaan tuotteen uudelleenkäyttöä siinä tarkoituksessa, johon se on alun perin suunniteltu. Hankkeessa keskitytään siihen, miten purettavan rakennuksen sisätiloista (pääsääntöisesti ei suoralle sää- tai maaperärasitukselle alttiita) rakennustuotteita voidaan hyödyntää seuraavan rakennus- ja tai korjauskohteen sisätiloissa ja varmentaa, että käytetyt tuotteet ovat turvallisia, terveellisiä ja täyttävät lain ja asetuksen vaatimukset rakentamisessa. Hankkeessa tarkastellaan rajatusti myös säärasitukselle alttiina olleita ja tulevassa käyttökohteessa säärasitukselle mahdollisesti altistuvia tiiliä.

Hankkeessa keskitytään rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön talonrakentamisen prosessien näkökulmasta ja tuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden osoittamiseen kansallisen tuotehyväksyntämenettelyn, rakennuspaikkakohtaisen varmentamisen (Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012; Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 555/2013; Ympäristöministeriö, 2022) mukaisesti. Hankkeen näkökulmana on luvanvarainen talonrakennushanke (korjaus- ja tai uudisrakennushanke), jossa

uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuus tulee selvittää ja osoittaa rakennushankkeessa kansallisen tuotehyväksynnän mukaisesti sekä soveltuvuus kohteeseen esittää suunnittelijan tekemillä suunnitelmilla (rakenne- ja muut tapauskohtaiset sekä tarvittavat erikoissuunnitelmat).

Rakennuspaikkakohtainen varmentamismenettely on Suomessa käytössä oleva rakennustuotteiden hyväksyntämenettely tilanteissa, joissa tuotteelle ei ole käytettävä CE-merkintää tai tuotteen kelpoisuutta ei ole muutoin osoitettu. Rakennuspaikkakohtaisesta kelpoisuuden osoittamisesta on säädetty laissa eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä ja sen nojalla annetussa asetuksessa (Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012; Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 555/2013).

Tutkimus- ja kehittämishankkeen tarkastelujen lähtökohta on tilanne, jossa rakennustuotteelle on jo osoitettu uudelleenkäyttö eikä siitä ole tullut jätelain määrittelyn mukaista jätettä eikä se ole menossa jätelain mukaiseen uudelleenkäytön valmisteluun.

Hankkeessa tarkasteltavia rakennustuotteita voidaan uudelleenkäyttää muissakin soveltuvissa käyttötarkoituksissa ja -kohteissa, kuin mitä tässä hankkeessa on tarkasteltu. Hankkeeseen valittuja rakennustuotteita voidaan uudelleenkäyttää myös rakennustuotteen alkuperäistä matalamman vaatimustason käyttökohteissa ja -tarkoituksessa sekä myös muussa rakentamisessa kuin talonrakentamisessa. Näihin uudelleenkäytön käyttökohteisiin ei pureuduta tässä hankkeessa. Lisäksi muissa uudelleenkäyttöön liittyvissä tutkimus- ja kehittämishankkeissa käsitellään yksityiskohtaisemmin tiettyjä uudelleenkäyttöön liittyviä osa-alueita, kuten rakennustuotteiden ehjänä irrottamista, rakennustuotteiden tehdaskunnostusta ja aiheeseen liittyvää tietomallinnusta, joihin tässä hankkeessa ei perehdytä syvällisesti. On myös hyvä ottaa huomioon, että ympäristön ja ilmastomuutoksen kannalta olemassa olevan rakennuskannan käyttö ja säilyttäminen on usein parempi vaihtoehto kuin purkava uudisrakentaminen.

Tutkimus- ja kehittämishankkeessa on hyödynnetty laajasti jo olemassa olevaa tutkimustietoa, saatavilla olevia aikaisemmista kehittämishankkeista saatuja tietoa, standardeja, kunto- ja haitta-ainetutkimus- ja suunnitteluohjeita sekä otettu huomioon rakennustuotteiden ja rakentamisen sääntely. Hankkeessa on tehty Työterveyslaitoksen laboratorion aineistoihin perustuva analyysi kemiallisista haitta-aineista ja Aalto-yliopiston betonielementtinäytteisiin perustuvia materiaalianalyysseja ja testejä. Analyysi- ja laboratoriotuloksia on hyödynnetty hankkeen tausta-aineistoina. Hankkeen yhteydessä on tuotettu Aalto-yliopistossa, professorien Jouni Punkin ja Weiwei Lin ohjauksessa ja valvonnassa seuraavat julkaisut ja kirjallisuuskatsaukset:

- diplomityö, Paula Romakkaniemi: Condition assessment of reusable structural materials and components
- kirjallisuuskatsaus (julkaisematon), Mahmoud Hosseini: Prediction of remain service life
- kirjallisuuskatsaus (julkaisematon), Pramod Acharya: Reuse potential of building materials and components
- kirjallisuuskatsaus (julkaisematon), Rui Hao: Literature Review on Condition Assessment of Reusable Structural Materials and Components.

Hanketta on ohjannut monialainen ohjausryhmä. Hankkeessa tuotettua opasta ja sen luonnosversioita on kehitetty hanketyöryhmän organisaatioiden sisäisillä työpajoilla, kommentointikierroksilla sekä työryhmän tiiviillä yhteistyöllä. Opasta on kehitetty työpajan ja kolmen eri lausuntokierroksen avulla, joista kaksi lausuntokierrosta suunnattiin rakennusvalvontaviranomaisille. Oppaan viimeinen ja kolmas lausuntokierros oli julkinen ja siihen on voinut osallistua kaikki aiheesta kiinnostuneet tahot.

Hankkeen tulosten avulla laadittiin **Opas uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen sekä suunnitteluun** ja se on saatavilla ilmaiseksi Rakennustietosäätiö RTS:n verkkosivuilla www.rts.fi. Oppaan avulla ohjataan rakennushankkeeseen ryhtyvää ja muita rakennushankkeeseen osallistuvia tahoja tunnistamaan uudelleenkäytettävien rakennusosien mahdollisuudet ja reunaehdot sekä tarvittavat toimenpiteet rakennustuotteiden uudelleenkäytössä ja kelpoisuuden osoittamisessa talonrakentamishankkeessa.

Hankkeessa tuotetun ja kootun tiedon sekä uusien kuvattujen menettelytapojen kautta saadaan perusteita uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden rakennuspaikkakohtaiseen varmentamiseen viranomaisille sekä kaikille rakennushankkeen osapuolille. Opasta voi käyttää laajasti rakennushankkeissa, joissa halutaan varmistaa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden terveellisyys, turvallisuus, kelpoisuus ja kohteeseen sopivuus.

Tämä loppuraportti tarjoaa tietoa hankkeen kehittämistyön vaiheista ja oppaaseen valittujen sisältöjen perustaksi.

2

Taustaa

Rakennusala on yksi maailman suurimmista kasvihuonekaasupäästöjen tuottajista ja materiaalien kuluttajista. Vuonna 2021 rakennusala tuotti noin 37 % globaaleista kasvihuonekaasupäästöistä (United Nations Environmental Programme, 2022). Suomessa rakennusala tuotti 10 miljoona tonnia rakennus- ja purkujätettä vuonna 2022 (Tilastokeskus, Jätetilasto 2017–2022). Rakennus- ja purkujätteestä 85 % syntyi korjausrakentamisen ja rakennusten purkamisen yhteydessä. Vuonna 2023 Suomessa purettiin 8 000 rakennusta ja rakennettiin yli 40 000 uutta rakennusta (Tilastokeskus puretut rakennukset 2010–2023; Tilastokeskus, Rakennukset ja mökit-tilasto). Rakennusten purkumäärät ovat lähes kaksinkertaistuneet vuodesta 2010 (Tilastokeskus, puretut rakennukset 2010–2023). Rakennusten purkuvolyymien arvioidaan jatkuvan suurina ainakin tämän vuosikymmenen ajan (Huttunen (Toim.) 2021). Tätä edistää osaltaan kaupunkialueiden tiivistämistarpeet ja teollisuus- ja liikerakennusten purkaminen uusien asuinalueiden tieltä (Huuhka ja Kolkwitz, 2021) sekä tyhjien ja vajaakäyttöisten rakennusten purkamistarve alue- ja väestökehityksellisistä syistä (Kurvinen, Saari, Heljo ym., 2021). Suomalainen rakennuskanta edustaa eniten vuosien 1940–1949 ja 1970–1989 välillä rakennettuja rakennuksia (Tilastokeskus, rakennukset ja mökit-tilasto). Suurin osa tämän aikakauden rakennuksista on peruskorjauksen ylittäneitä tai peruskorjauksissa.

Yksi merkittävimmistä syistä rakennusalan korkeisiin jätemääriin on korjaus- ja purkutyössä syntyvän jätteen korkea määrä ja sen hyödyntäminen vain toisarvoisissa käyttötarkoituksissa. Suomen lainsäädäntö, muun muassa Jätelaki 646/2011 ja rakentamislaki 751/2023, noudattavat EU:n jätepuitedirektiivin 2008/98/EY periaatteita, jotka korostavat kiertotaloutta ja resurssitehokkuutta. Jätehierarkia ohjaa materiaalien ja jätteiden käsittelyä siten, että ympäristövaikutukset minimoidaan ja resurssien hyödyntäminen maksimoidaan. Ensisijainen tavoite on vähentää jätteen määrää ja sen haitallisuutta, minkä jälkeen tulisi

pyrkii valmistelevaan tuote tai materiaali uudelleenkäyttöön tai kierrättää se materiaalina mahdollisimman korkea-arvoisessa käyttötarkoituksessa.

Rakentamisessa tulee siirtyä kiertotalousmalliin, jossa rakennusmateriaalit ja niiden arvo hyödynnetään maksimaalisesti käyttämällä niitä uudelleen elinkaaren lopussa uusina resursseina (De Wolf, Hoxha, Fivet, 2020). Tutkimuksessa ja sääntelyssä on korostettu eri vaihtoehtojen, kuten kierrätyksen ja uudelleenkäytön merkitystä rakennusmateriaalien ja -komponenttien palauttamisessa kiertoon ja tuotantoketjuun (Tam ja Tam, 2006; Curwell ja Cooper, 2010; Hill ja Bowen, 2010; Peng, Scorpio ja Kibert, 2010). Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on yksi vaihtoehto rakennus- ja purkujätteen vähentämiseen rakentamisessa ja tuotteiden sekä materiaalien elinkaaren pidentämiseksi ja uusiotuotannon vähentämiseksi. Tämä puolestaan vähentää neitseellisten materiaalien tarvetta ja valmistuksen tuottamia päästöjä.

Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö tarkoittaa tuotteen käyttämistä uudelleen samassa käyttötarkoituksessa, johon se alun perin on suunniteltu. Esimerkiksi Höglmeier, Weber-Blaschke ja Richter (2013) raportoivat, että eräässä tapauksessa 26 % rakennuspuusta katsottiin olevan uudelleenkäytettävissä, kun taas Gustavsson, Pingoud ja Sathre (2006) totesivat, että toisessa tapauksessa luku voi olla jopa 90 %: a. Betonin ja muiden materiaalien uudelleenkäyttöpotentiaali on suuri, jopa 80–85 % betonielementeistä katsottiin soveltuvan uudelleenkäyttöön viimeaikaisissa tutkimuksissa ja kehittämishankkeissa (CircHubs 2018; Al-Najjar ja Malmqvist, 2025). Betonirakenteiden purkamisen myötä kiinnostus myös rakenteellisten betonielementtien uudelleenkäyttöön on herännyt maailmanlaajuisesti ja ajurina on erityisesti ympäristösyys (da Rocha ja Sattler, 2009).

Rakennustuotteita on käytetty uudelleen kautta aikojen erityisesti korjausrakentamisessa ja restauroinnissa. Aikaisempina vuosikymmenin sääntely on ollut erilaista nykypäivän sääntelyyn verrattuna ja siten rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on ollut mahdollisesti helpompaa. Lisäksi uudelleenkäytön tavoitteet ulottuvat laajemmin ekologisiin ja ilmastonmuutoksen hillitsemisen tavoitteisiin kuin aikaisemmin.

Olemassa oleva rakennuskanta ei pääsääntöisesti ole suunniteltu purettavaksi, mikä tuo haasteita rakennustuotteiden tietojen saatavuuteen ja todentamiseen, rakennuksen ja rakennustuotteiden historiatietoihin (muutokset, korjaukset, huolto, käyttö) sekä ehjänä irrottamiseen ja rakenteiden uudelleen suunnitteluun. Purettujen ja irrotettujen rakennustuotteiden soveltuvuus uudelleenkäyttöön riippuu purettujen ja irrotettujen tuotteiden kunnosta, purun jälkeisistä teknisistä ominaisuuksista sekä suunnitellun käyttökohteen vaatimuksista (Hopkinson, ym., 2018; Whittaker, ym., 2019; Rakhshan, Morel, Alaka, 2020; Zhu, ym., 2022). Tämä

korostaa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden lähtö- ja historiatietojen sekä rakennustuotteiden kunnon merkitystä, tuotteen ominaisuustietojen saatavuutta ja luotettavuutta sekä tuotteiden ominaisuuksien selvitystarvetta.

Rakennustuoteasetus (305/2011) on tullut voimaan vuonna 2013 ja sitä edeltävää direktiivi (89/106/ETY) vuonna 1988. Siten juuri nyt eniten uudelleenkäytettäviksi tulevien 1960-1980-lukujen rakennustuotteiden tiedot ja niiden dokumentaatio ovat usein puutteellista tai sitä ei ole, mikä vaikeuttaa käytettyjen rakennustuotteiden, materiaalien ja raaka-aineiden sekä teknisten ominaisuuksien arviointia ja vastaavasti lisää ominaisuuksien testaamisen ja todentamisen tarvetta. Tämän lisäksi käytettyjen rakennustuotteiden alkuperäiseen verrattava suoritustaso ja ominaisuudet ovat voineet heikentyä ajan saatossa, käytössä ja mahdollisesta käytön aikaisen rasituksen takia, sekä niissä voi esiintyä materiaaleihin kertyneitä haitta-aineita, vaarallisia aineita, epäpuhtauksia ja hajuja (Hopkinson ym., 2018; Whittaker ym., 2019; Rakhshan ym., 2020; Zhu ym., 2022).

Nykyisin uudelleenkäytön esteitä ovat muun muassa ohjeistuksen puute tuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden arviointiin sekä uudelleensuunnitteluun, markkinoiden rajoitukset sekä rakennuttajien ja kiinteistönomistajien kokemat riskit (Rakhshan ym., 2020; Zhu ja Tähtinen 2022; Anastasiades, Goffin, Rinke ym., 2021; Anastasiades, Dockx, van der Merg ym., 2023; Devènes, Bastien-Masse, Fivet, 2024; Ottosen, Kunther, Ingeman-Nielsen ym., 2024). Laajasti tunnistettu ongelma uudelleenkäytössä on tuotteiden tuotekohtaisten arviointikriteereiden puute tai niiden vähäinen määrä.

Uuden rakennustuoteasetuksen (2024/3110) määrittelemät ja harmonisoidut standardit koskevat tällä hetkellä vielä tuotteiden valmistusta ja niiden soveltaminen sellaisenaan ei ole kaikin osin mahdollista käytettyjen tuotteiden kohdalla. Uusi rakennustuoteasetus (2024/3110) ottaa huomioon uudelleenkäytettävät rakennustuotteet ja näin on mahdollista, että myös tuoteryhmäkohtaisia harmonisoituja standardeja tullaan uusimaan tai päivittämään uudelleenkäytön näkökulmasta tulevaisuudessa. Tämä työ vie kuitenkin aikaa vuosia. Siihen asti rakennustuotteiden uudelleenkäyttö kuuluu kansalliseen tuotehyväksyntämenettelyyn ja viime kädessä rakennuspaikkakohtaiseen varmentamiseen (Ympäristöministeriö, 2022). Rakennuspaikkakohtaisessa varmentamisessa rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee selvittää tuotteiden kelpoisuus ja luvanvaraisissa hankkeissa osoittaa rakennustuotteen soveltuvuus aiottuun käyttökohteeseen esimerkiksi rakennesuunnittelijan suunnitelmin.

Uudelleenkäyttöön tarkoitettujen rakenteellisten rakennustuotteiden ominaisuuksien ja soveltuvuuden selvittäminen vastaamaan käyttökohteen vaatimuksia tulee olla tarpeenmukainen ja perusteellinen, jotta se tarjoaa luotettavan perustan

ja tiedot erityisesti rakennesuunnittelulle ja tiedon tuotteen kelpoisuudesta ja soveltuvuudesta käyttökohteeseen. Kun rakennusosan ja -tuotteen ominaisuudet ja kelpoisuus sekä soveltuvuus suunniteltuun käyttökohteeseen on selvitetty madaltaa se uudelleenkäyttöön liittyviä mahdollisia koettuja riskejä ja edistää osaltaan kiertotalouden mukaista rakentamista.

Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö vaatii hyvin moniammatillista osaamista, liittyen tuote-, materiaali- ja suunnittelutietoon eri vuosikymmeninä, rakennustuotteiden, -materiaalien ja rakenteiden lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan ja niiden mahdollisiin vaurioihin ja vaurioiden vakavuuteen. Lisäksi tarvitaan osaamista erilaista haitta-aineista ja epäpuhtauksista, testaus-, näytteenotto- ja analyysimenetelmistä ja niiden soveltamisesta sekä tulosten tulkinnasta. Oman haasteensa uudelleenkäyttöön tuo tuotteiden ehjänä irrottaminen, varastointi ja säilyttäminen, joihin kaikkiin on luotava uusia ratkaisuja.

Tulevaisuuden kehittämistarpeita uudelleenkäytössä tulee olemaan uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden digitaalisen tiedon hallinta ja tiedon rikastaminen. Digitaalisen tiedon hallinnassa korostuu rakennuksen ja sen osien digitaalinen mallinnus ja inventointi sekä tietokantojen luonti, mikä tukee rakennuksen purkamista ja rakennusosien ehjänä irrottamista sekä uudelleenkäytön suunnittelua (De Wolf, Hoxha, Fivet, 2024). Näitä tietoja on täydennettävä uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden historia, lähtö-, turvallisuus sekä ominaisuustiedoilla. Tietojen perusteella voidaan arvioida soveltuvatko tuotteet uudelleenkäyttöön. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuustiedot ja turvallisuustiedot tulee olla uudelleenkäyttöön liittyvien eri toimijoiden saatavilla ja tiedon tulee olla yhteensopivaa sekä koneluettavaa muun muassa suunnittelun, rakentamisen ja rakennuksen ylläpidon kanssa, sekä seurata tuotteen mukana rakennuksen koko elinkaaren ajan.

Tämän hankkeen taustalla on jo edeltäneissä Suomalaisissa hankkeissa ja selvityksissä, kuten Purkumateriaalien uudelleenkäyttö terveellisyyden ja turvallisuuden näkökulmasta (PURATER) hankkeessa (Zhu ym., 2022) ja siihen liittyvässä Policy Brief -artikkelissa (Zhu ja Tähtinen, 2022) sekä ympäristöministeriön tiedotteessa (21.6.2022), esiin tuodut kehittämistarpeet ja erityisesti kansallisen tuotehyväksyntämenettelyn, rakennuspaikkakohtaisen varmentamisen käyttö rakennustuotteiden uudelleenkäytössä.

3

Rakentamis- ja tuotelainsäädäntö sekä rakennustuotteiden uudelleenkäyttö

Rakennustuotteiden on oltava turvallisia ja terveellisiä sekä ominaisuuksiltaan sellaisia, että rakennus asianmukaisesti suunniteltuna ja rakennettuna täyttää rakentamislainsäädännössä (751/2023) säädetty olennaiset tekniset vaatimukset käyttöönsä ajan. Olennaisia teknisiä vaatimuksia ovat rakenteiden lujuus ja vakaus, paloturvallisuus, terveellisyys, käyttöturvallisuus, esteettömyys, meluntorjunta ja ääniolosuhteet, energiatehokkuus, vähähiilisyys ja elinkaariominaisuudet.

Rakennustuoteasetus (2024/3110) pitää sisällään uutena asiana uudelleenkäyttöä koskevat säännökset, mikä mahdollistaa yhdenmukaistettujen tuotestandardien laatimisen uudelleenkäytettävälle rakennustuotteille. Tämän työ vie käynnistyessään vuosia, ja sinä aikana rakennustuotteiden uudelleenkäyttö tapahtuu kansallisen tuotehyväksyntämenettelyn ja lainsäädännön mukaisesti.

Ympäristöministeriö on selvityksessään (Zhu ja Tähtinen, 2022) ja tiedotteessaan (21.6.2022) todennut, että uudelleenkäytettävää rakennustuotetta ei tarvitse CE-merkitä yhdenmukaistettujen teknisten eritelmien mukaisesti, jos tuotetta ei olennaisesti muuteta (sen olennaisten ominaisuuksien osalta). Uudelleenkäytettävän tuotteen kelpoisuus osoitetaan rakennuspaikkakohtaisesti. Tuotteen kelpoisuus käyttökohteeseen tulee aina varmistaa, oli kyseessä sitten uusi tai uudelleenkäytettävä tuote. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että uudelleenkäytettävän tuotteen ominaisuuksia on testattava tai tuote on muuten osoitettava soveltuvaksi aiottuun käyttökohteeseen.

Kansalliset rakennustuotteiden hyväksyntämenettelyt ovat valmistajille vapaaehtoisia menettelyitä tilanteisiin, joissa tuote ei kuulu CE-merkinnän piiriin. Näillä menettelyillä rakennustuotteen valmistaja voi osoittaa tuotteen täyttävän sitä koskevat olennaiset tekniset vaatimukset. Rakennuspaikkakohtainen varmentamismenettely on käytössä oleva rakennustuotteiden hyväksyntämenettely tilanteissa, joissa tuotteelle ei ole käytettävä CE-merkintää tai tuotteen kelpoisuutta ei ole muutoin osoitettu. Rakennuspaikkakohtaisesta kelpoisuuden osoittamisesta on säännelty laissa eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä ja sen nojalla annetussa asetuksessa (Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012; Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 555/2013). Nykylainsäädännössä ei tehdä eroa sen välillä, onko kyseessä uusi vai uudelleenkäytettävä rakennustuote. Näitä molempia koskee sama lähtökohta, missä lain vaatimukset on täytettävä ja kelpoisuus on selvitetävä sekä osoitettava. Sen sijaan itse tuotehyväksyntälain mukaiset menettelyt ja eritoten arviointiperusteet on määritetty uusien rakennustuotteiden näkökulmasta, eikä ne sellaisenaan sovellu kaikkiin uudelleenkäytön tapauksiin ja uudelleenkäytettäville tuotteille.

Rakennuspaikkakohtaisessa varmentamisessa rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee selvittää uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden vaatimuksenmukaisuus ja kelpoisuus ja soveltuvuus tulevassa käyttökohteessa. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden tulee soveltua rakennuskohteeseen ja soveltua sen olennaisiin teknisiin vaatimuksiin (Ympäristöministeriö, 2022). Rakennusvalvontaviranomainen voi velvoittaa hankkeeseen ryhtyvää osoittamaan, että rakennustuote täyttää sitä koskevat olennaiset tekniset vaatimukset, jos on syytä epäillä, että tuote ei niitä täytä tai tuotteen kelpoisuutta ei ole muutoin osoitettu.

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittäminen kuuluu rakentamishankkeeseen ryhtyvälle. Käytännössä uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen tekevät sellaiset tahot, joilla on osaamista, kokemusta ja pätevyys rakennusten kunnon, haitta-aineiden ja rakennusterveyden tutkimiseen sekä rakennus-, korjaus-, rakenne- tai rakennusosasuunnitteluun. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen ei ole laissa tai asetuksessa tällä hetkellä määritelty asiantuntijoiden pätevyyksistä. Siten, rakennusvalvontaviranomainen joutuu arvioimaan rakennushanke- ja tapauskohtaisesti asiantuntijoiden pätevyyttä kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisessä.

Rakennuspaikkakohtaisessa kelpoisuuden osoittamisessa rakennusvalvonnan päteväksi katsoma taho selvittää tuotteen olennaisten ominaisuuksien suoritustasot ja vertaa niitä käyttökohdekohtaisiin vaatimustasoihin. Ominaisuuksien

suoritus- ja laatuvaatimukset voidaan selvittää testaamalla, laskemalla ja mittaamalla, tai arvioimalla alkuperäisten tuotetietojen (muun muassa leimojen, suunnitelmien, säädösten, taulukkoarvojen) pohjalta. Ominaisuuksien vaatimustasot riippuvat tuotteen käyttökohteesta. Rakennustuotteiden soveltuvuus käyttökohteeseen esitetään rakennesuunnittelijan ja tai muiden suunnittelijoiden laatimien suunnitelmien perusteella.

Rakennusvalvonnan päteväksi katsoma taho on henkilö tai organisaatio, jolla on riittävä pätevyys muun muassa:

- koordinoita kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisprosessia
- huolehtia siitä, että pätevä henkilö tai organisaatio tekee erilaiset tutkimukset, testauksen, laskennan, mittaukset ja arvioinnit
- luoda ja laatia rakennustuotteen tuotekortti ja dokumentaatio rakennuspaikkokohtaisen kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisestä.

4

Jätelainsäädäntö ja rakennustuotteiden uudelleenkäyttö

4.1 Jäte- ja kemikaalilainsäädäntö; historia ja nykytila sekä rajapintahaasteet

Ensimmäinen jätelaki, joka oli nimeltään jätehuoltolaki, annettiin Suomessa 1979. Nykyaikaisen jätehuoltolain perustan loi vuonna 1994 voimaan tullut jätelaki, joka pohjautui EU-säätelyyn. Jätelainsäädäntöä on tämän jälkeen muutettu ja uudistettu paljon, jotta se vastaisi myös kiertotalouden edellyttämiin tarpeisiin. EU-säätely jätteiden ja kiertotalouden edistämisen osalta vaikuttaa edelleen voimakkaasti tarpeeseen muuttaa jäsenvaltioiden kansallista lainsäädäntöä myös Suomessa. EU:n kiertotalouden toimintasuunnitelma (CEAP) julkaistiin vuonna 2020 ja vuonna 2024 EU:n komissio ilmoitti aloittavansa kiertotalousasetuksen (Circular Economy Act) valmistelun. Suomessa ympäristöministeriö käynnisti kesällä 2024 hankkeen, jonka tavoitteena on muuttaa jätelainsäädäntö kiertotalouslaiksi. Tämän myötä on tavoitteena edelleen korostaa luonnonvarojen kestäväää käyttöä sekä edistää kiertotaloutta ja materiaalien säilyttämistä kierrossa.

Pelkästään jätelainsäädännön muutoksilla ei kuitenkaan voida ratkaista kaikkien kiertotalouden toteutumiseen liittyviä haasteita. Jo pitkään on tunnistettu eri lainsäädäntösektoreiden rajapintahaasteet, joita kohdataan, kun lineaarisesta taloudesta siirrytään kohti kiertotaloutta. Erityisesti rakentamisen ja rakennustuotteiden osalta uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen tulee usein samanaikaisesti

sovellettavaksi sekä jätelainsäädäntöä, rakennustuote- ja rakentamisen lainsäädäntöä sekä myös kemikaalilainsäädäntöä. Rakennustuotteet, kuten esimerkiksi betonielementit, liimapuupalkit ja tiilet valmistetaan kestävästi hyvin pitkäänkin käyttöänsä. Käytännössä tällä hetkellä rakennuksista uudelleenkäyttöön purettavat rakennustuotteet voivat siis olla kymmeniäkin vuosia vanhoja ja siten valmistettu ja saatettu markkinoille kyseisen aikakauden lainsäädännön vaatimusten mukaisesti.

EU:n REACH (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista) tuli voimaan vuonna 2007. REACH-asetuksen vaatimukset eivät lähtökohtaisesti koske jättemateriaaleja, mutta jos ja kun jättemateriaaleja kiertotalousperiaatteiden mukaisesti aiotaan käyttää uusien tuotteiden raaka-aineena tai muutoin kierrättää ja valmistella niitä uudelleenkäyttöön, tulee REACH-lainsäädäntöä noudattaa, kun materiaalin tai tuotteen jäteluonne päättyy. Kun rakennustuote irrotetaan ehjänä ja käytetään uudelleen sellaisenaan samassa käyttötarkoituksessa, kuin mihin se on valmistettu, siitä ei tule jätettä. Tässä hankkeessa tarkastellut betonielementit, liimapuupalkit ja tiilet ovat myös REACH-määritelmän mukaisesti esineitä, joiden osalta kemikaalilainsäädännöstä johtuvia velvoitteita ei esimerkiksi aineiden rekisteröinnin osalta ole. Näiden tuotteiden valmistuksessa ei myöskään ole käytetty nykyisellä erityistä huolta aiheuttavien aineiden (SVHC) listalla olevia aineita ainakaan raja-arvon (0,1 paino-%) ylittäviä pitoisuuksia, joten ilmoitusvelvollisuutta viranomaiselle tai toimitusketjussa eteenpäin niiden osalta ei ole. Tarkemmin tähän liittyvää tarkastelua on luvussa 5. Joidenkin muiden uudelleenkäyttöön soveltuvien tuotteiden osalta tämä asia voi olla merkityksellinen, jolloin kemikaalilainsäädännön vaatimukset tulee huomioida. POP-yhdisteiden osalta on myös todettu, että mikäli niitä on kyseisen tuotteen valmistuksessa aikanaan käytetty, voi tuotetta edelleen käyttää uudelleen. Siinä vaiheessa, kun tuote poistetaan käytöstä ja se päättyy jätteen käsittelyn kautta mahdollisesti kierrätykseen tai loppukäsittelyyn, tulee noudattaa POP-jätteiden käsittelyä ja kierrätysmateriaalin osalta myös kemikaaleja koskevaa lainsäädäntöä. Suomessa Turvalisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) vastaa kemikaalituotevalvonnasta ja opastaa tarvittaessa.

Eri lainsäädäntöjen rajapintahaasteiden ratkaiseminen on tunnistettu tärkeäksi EU-tasolla ratkaistavaksi asiaksi, jotta toimintakenttä ja sääntely-ympäristö olisi selkeä ja kiertotaloustuotteet voivat olla tai päästä markkinoille ilman lainsäädännöstä johtuvia esteitä. Tällä hetkellä on esimerkiksi täysin mahdollista, että kierrätystuotteella on edelleen jätelainsäädännön mukaisesti jätetestaus, mutta se voi samaan aikaan olla CE-merkitty rakennustuote.

4.2 Rakennusten purkamiseen ja rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön liittyvät lupamenettelyt

Rakennusten purkamista säädelään Rakentamislaisissa (751/2023). Purkamisluvan edellytykset on määritelty 56 §:ssa. Kunta myöntää luvan rakennuksen purkamiseen, ellei purkaminen aiheuta haittaa kaavoitukselle, kaavan toteuttamiselle tai alueiden käytön muulle järjestämiselle ja ellei purkaminen vaikeuta rakennetun ympäristön suojelemista koskevien tavoitteiden saavuttamista. Alueilla, jolla rakennukset ovat menettäneet suurimman osan arvostaan, voidaan rakennus purkaa 56 §:n 1 momentin 1 kohdan estämättä. Purkamisen edellytyksenä on tällöin, että purkamisen tulee johtaa merkittävään purkumateriaalien uudelleenkäyttöön tai kierrätykseen. Luvan hakijan on tällöin selvitettävä purkamistyön järjestäminen ja edellytykset huolehtia syntyvän rakennusjätteen käsittelystä sekä käyttökelpoisten rakennusosien uudelleen käyttämisestä.

Ympäristölainsäädännössä rakennusten purkamista ei ole määritelty ympäristölupaa edellyttäväksi toiminnaksi. Jos purkukohteessa aiotaan käsitellä purkamisessa syntyvää rakennusjätettä, kuten esimerkiksi murskata betoni- ja tiilijätteet, tämä on jätteen käsittelyä, joka on lähtökohtaisesti ympäristölupaa edellyttävää toimintaa. Kuntien ympäristöviranomaiset ovat useissa kunnissa mahdollistaneet kuitenkin betoni- ja tiilijätteiden murskaamisen purkutyön yhteydessä meluilmotusmenettelyllä, ellei lähellä ole erityisen häiriintyviä kohteita. Ehjänä uudelleenkäyttöön irrotettavien rakennustuotteiden varastointi purkukohteessa saatetaan ympäristöviranomaisen toimesta tulkita jätteen käsittelyksi, jos varastointi on pitkäaikaista, jatkokäyttö on epävarmaa tai varastoinnista aiheutuu ympäristön roskaantumista tai pilaantumista. Tuotteiden omistajuuden tulee myös olla selvillä koko toimitusketjun ajan. Varastointiin ei kuitenkaan ole selkeitä aikarajoja tai muuta lainsäädännössä määriteltyjä reunaehtoja, joten tarvittaessa viranomaiselle tulee pystyä osoittamaan, että varastoitavat tuotteet tulevat varmuudella ja suunnitelmallisesti uudelleenkäytettyä eikä kyse siten ole jätteen käsittelystä.

Purkutuosteen jäteluonteella on iso merkitys siinä, kenelle materiaalin voi toimittaa. Jätteen vastaanottajalla pitää aina olla ympäristölupa tai muu viranomaisen hyväksyntä kyseisen jätteen vastaanottoon. Jätteen haltijalla on velvollisuus varmistaa, että jätteet toimitetaan luvalliseen paikkaan ja että rakennus- ja purkujätteistä tehdään siirtoasiakirjat. Jos purkukohteesta irrotetaan tarkoitukSELLISESTI ehjänä joitakin rakennustuotteita uudelleenkäyttöä varten eli uudelleen-

käyttö on suunnitelmallista, tämä voidaan katsoa osoitukseksi siitä, ettei kyseistä purkutuotetta ole aikomusta tai myöskään velvollisuutta poistaa käytöstä, joten siitä ei tule jätettä. Tästä syystä ja toki myös ehjänä irrottamisen vaativan rikkovasta purkamisesta poikkeavan purkusuunnittelun ja purkumenetelmien valitsemiseksi on tärkeää, että purkuhankkeeseen ryhtyvä on määritellyt ja sopinut purkajan kanssa ehjänä irrotettavat rakennustuotteet ja niiden käsittelyn ja toimituspaikat. Jos ehjänä irrotetut purkutuotteille ei ole tiedossa uutta käyttökohdetta, ne voidaan toimittaa jätteenä ympäristöluvalliseen vastaanottopaikkaan odottamaan mahdollista jatkokäyttöä. Tällöin kyseessä on uudelleenkäyttöön valmistelu, jonka yhteydessä tulisi kyseisen käsittelylaitoksen toimintaa valvovalta ympäristölupaviranomaiselta varmistaa, että uudelleenkäytön valmistelun yhteydessä myös tuotteen jäteluonne samalla päättyy ja se voidaan toimittaa uuteen rakennuskohteeseen tuotteena, jolla ei ole jätestatusta. Tällaisen rakennustuotteen uudelleenkäyttöön valmistelun, johon lähtökohtaisesti sovelletaan jätelain 5b §:ä, Suomessa ei ole vielä selkeitä menettelyitä tai ennakkotapauksia, joten tällaisessa tapauksessa kannattaa ympäristöviranomaiseen olla hyvissä ajoin yhteydessä.

5

Kemikaalilainsäädäntö ja rakennustuotteiden uudelleenkäyttö

5.1 Kemikaalilainsäädännön taustoitus

Rakennustuotteisiin liittyvän kemikaalilainsäädännön päätavoitteena on varmistaa, että käytettävät tuotteet ovat turvallisia sekä ihmiselle että ympäristölle. Suomessa keskeinen ohjaava tekijä rakennustuotteiden osalta on Rakentamislaki (751/2023), joka asettaa vaatimuksia sekä rakennusten että rakennustuotteiden suunnittelulle ja toteutukselle. Rakentamislain vaatimukset rakennustuotteiden osalta painottavat erityisesti turvallisuus-, terveellisyys- ja ympäristönäkökulmaa.

Terveellisyyteen liittyen Rakentamislain 33 §:n mukaisesti: ”Rakentamishankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteiden edellyttämällä tavalla siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maapohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn eikä rakennuksen osien tai rakenteiden kosteuden vuoksi. Rakentamisessa on käytettävä tuotteita, joista ei niiden suunnitellun käyttöiän aikana aiheudu sisäilmaan, talousveteen eikä ympäristöön sellaisia päästöjä, joita ei voida pitää hyväksyttävinä.”

Rakentamislaisissa ei kuitenkaan suoranaisesti aseteta kriteerejä sisäilman hyväksyttävyydelle. Rakennustuotteista mitattavia parametreja ja raja-arvokriteerejä

sisäilmapäästöjen osalta ei ole toistaiseksi spesifioitu yksiselitteisesti lainsäädännössä. Rakentamislain perusvaatimus sisäilman päästöjen ja epäpuhtauksien hyväksyttävyyden osalta on näin ollen osin tulkinnanvarainen.

Kemikaali- ja ympäristölainsäädäntöä noudattamalla rakennustuotteiden valmistajat varmistavat, että rakennustuotteet ovat turvallisia käyttäjille ja ympäristölle, ja että ne täyttävät kansalliset ja EU:n vaatimukset. Keskeisimpänä lainsäädäntönä tässä yhteydessä voidaan pitää REACH-asetusta ((EY) N:o 1907/2006) ja POP-asetusta ((EU) 2019/1021). REACH-asetus koskee mm. kemikaalien rekisteröintiä, lupamenettelyjä, rajoituksia ja kieltoja. REACH-asetuksen tarkoituksena on varmistaa ihmisten terveyden ja ympäristön suojeleminen kemikaalien aiheuttamilta riskeiltä. POP-asetus koskee vastaavasti pysyviä orgaanisia yhdisteitä (POP-yhdisteet), jotka ovat ympäristölle ja terveydelle erityisen haitallisia. POP-asetus kieltää tai rajoittaa näiden yhdisteiden tuotantoa ja käyttöä sekä käsittelee jätteiden hallintaa. Uusien rakennustuotteiden on täytettävä REACH- ja POP-asetusten velvoitteet käytettyjen kemikaalien osalta. Kyseisiä asetuksia sovelletaan aineiden valmistukseen, markkinoille saattamiseen ja käyttöön. Asetuksien velvoitteet koskevat aineita sellaisenaan, aineita seoksissa ja aineita esineissä.

Rakentamislain sisäilmapäästöjen hyväksyttävyyden näkökulmasta on mainittava, että REACH- ja POP-asetuksissa ei oteta suoraan kantaa rakennustuotteiden sisäilmapäästöihin liittyen pois lukien formaldehydiä koskeva REACH-asetuksen liitteen XVII rajoitus, joka koskee myös rakennustuotteita. Vuoden 2026 elokuun 6. päivä jälkeen markkinoille ei saa saattaa esineitä, joissa formaldehydiä vapautuu testiolosuhteissa 0,062–0,080 mg/m³. Sovelluttuun raja-arvoon vaikuttaa esineen tyyppi ja materiaali, joiden lisäksi rajoitukseen liittyy poikkeuksia. Esimerkiksi kyseenomainen rajoitus ei koske käytettyjä esineitä tai rakenteissa käytettäviä esineitä, joita käytetään yksinomaan rakennuksen vaipan ja höyrysulun ulkopuolella.

5.2 Uudelleenkäytettävät rakennustuotteet kemikaalilainsäädännön näkökulmasta

Uusien rakennustuotteiden kohdalla käytettyjen raaka-aineiden ja kemikaalien käyttö on lähtökohtaisesti tiedossa ja tuotanto hallittua. Nykyisellään rakennustuotteiden uudelleenkäytettävyyteen myös panostetaan ja valmistajien ilmoittamien tuotetietojen avulla jäljitettävyyden mahdollistaminen on mahdollistettu. Nyt uudelleenkäyttöön

päätyvien rakennustuotteiden kohdalla tilanne on osin päinvastainen. Uudelleen käytettävien rakennustuotteiden kohdalla käytetyistä raaka-aineista ja valmistusprosesseista ei välttämättä ole dokumentaatiota saatavilla, ja tuotteissa on aikanaan mahdollisesti käytetty nykyisellään REACH- tai POP-asetuksissa rajoitettuja/kiellettyjä aineita. REACH-asetus astui voimaan vuonna 2007 ja POP-asetus vuonna 2004. Ennen näitä asetuksia kemikaalien sääntely oli hieman hajanaisempaa perustuen eri direktiiveihin ja kansallisiin normeihin.

Mikäli uudelleenkäytettävä rakennustuote saatetaan markkinoille, on rakennustuotteen täytettävä nykyisellään voimassa olevat REACH- ja POP-asetusten velvoitteet. Näissä asetuksissa 'markkinoille saattamisella' tarkoitetaan toimittamista tai tarjoamista kolmannelle osapuolelle joko maksua vastaan tai maksutta. Mikäli uudelleenkäytettävä rakennustuote välitetään esimerkiksi materiaalitori.fi kaltaisella verkkoalustalla, on myyjän vastuulla varmistaa, että rakennustuote täyttää nykyiset kemikaalilainsäädännön vaatimukset. Toisaalta, mikäli uudelleenkäytettävää rakennustuotetta ei saateta markkinoille, ei REACH- ja POP-asetusten velvoitteita ole lainsäädännön näkökulmasta välttämätöntä noudattaa.

Tässä hankkeessa ei suoranaisesti oteta kantaa siihen, että miten rakennustuote on päätynyt rakennuspaikkakohtaisen varmentamisen prosessiin vaan keskitytään tuotteen kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen. Tästä huolimatta, on syytä tarkastella kemikaalilainsäädännön asettamia reunaehdoja, jotka voivat vaikuttaa siihen, millainen tuote rakentamiseen päätyy. Tässä yhteydessä on kuitenkin tarkasteltu vain tilanteita, joissa uudelleenkäytettävä rakennustuote ei ole saanut jätestatusta prosessin aikana. Tuotteen jätestatus vaikuttaa uudelleenkäytön sujuvuuteen kemikaalilainsäädännön näkökulmasta hieman eri tavalla, joten tässä esitetyt näkökulmat eivät sovellu tuotteeseen, joka on saanut jätestatuksen.

Tässä hankkeessa tarkastelun piirissä olevat uudelleenkäytettävät rakennustuotteet ovat tulkittavissa REACH- ja POP-asetusten kannalta esineiksi, sillä niiden kohdalla muoto, pinta tai rakenne määrittää esineen käyttötarkoitusta enemmän kuin kemiallinen koostumus. Näin ollen REACH- ja POP-asetusten osalta on olennaista tarkastella lähtökohtaisesti aineita esineissä koskevia velvoitteita uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden osalta.

Kuten aiemmin mainittiin, on huomioitava, että uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kohdalla lähtötilanne on kuitenkin haastava REACH- ja POP-asetusten velvoitteiden noudattamisen näkökulmasta, sillä käytetyt raaka-aineet ja tuotteiden valmistusprosessit eivät välttämättä ole tiedossa, kuten ne olisivat uusien tuotteiden kohdalla. Käytännössä uudelleenkäytettävät rakennustuotteet voivat olla myös purettaessa erilaisia kuin ne olivat alun perin asennettaessa eikä

saatavilla oleva dokumentaatio välttämättä vastaisi käytännössä nykytilannetta (esimerkiksi ontelolaatta sisältää liitännäisiä materiaalikerroksia, jotka eivät sisälly tehdasvalmistaisen ontelolaatan dokumentaatioon, toisin sanoen rakennustuote on tehdasvalmistuksen jälkeen esimerkiksi pinnoitettu kohteessa).

5.3 POP-asetus

Pysyvät orgaaniset yhdisteet (POP-yhdisteet) ovat kaukokulkeutuvia yhdisteitä, jotka ovat erittäin pysyviä, myrkyllisiä ja kertyvät eliöihin. POP-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu maailmanlaajuisella Tukholman yleissopimuksella ja sittemmin EU:ssa POP-asetuksella. POP-yhdisteitä sisältävien esineiden markkinoille saattaminen on lähtökohtaisesti kiellettyä tai rajoitettua. POP-yhdisteisiin kuuluu nykyisellään noin 30 yhdistettä/yhdisteluokkaa.

Ympäristöministeriön julkaisemassa POP-jätteen käsittelyoppaassa on nostettu esiin POP-yhdisteitä sisältävien tuotteiden uudelleenkäyttö (Ympäristöministeriö, 2024): "POP-asetuksen 4(2) artikla sallii sellaisen POP-yhdistettä sisältävän esineen käytön jatkamisen, joka on ollut käytössä jo silloin, kun POP-asetuksen ainetta koskeva käyttökielto tai -rajoitus on tullut voimaan. Tällaisen esineen uudelleenkäyttö alkuperäiseen tarkoitukseensa on sallittua, jos esinettä ei välillä luokitella jätteeksi."

Käytännössä POP-yhdisteitä sisältävää rakennustuotetta voitaisiin siis uudelleenkäyttää POP-yhdisteen pitoisuudesta riippumatta, mikäli rakennustuote on ollut käytössä ennen kuin yhdistettä koskeva kielto/rajoitus on tullut voimaan. Teoriassa uudelleenkäytettävä rakennustuote voisi sisältää POP-yhdistettä niissä määrin, että rakennustuote olisi jätestatuksen näkökulmasta käsiteltävä POP-jätteenä, mutta mikäli rakennustuote ei saa jätestatusta vaan sillä on uudelleenkäyttötatus, voidaan rakennustuote uudelleenkäyttää.

Uusien rakennustuotteiden kohdalla tämä ei olisi mahdollista, sillä rakennustuotteessa ei saa esiintyä POP-yhdisteitä POP-asetuksen nykyisten rajoitteiden/kieltojen vastaisesti. Tässä suhteessa POP-asetuksen tulkinta sallii eri kriteerit uusille ja uudelleenkäytettäville rakennustuotteille.

Ympäristöministeriön oppaassa on mainittu, että tuotteen mahdollinen poikkeava altistumisriski tulisi huomioida, mikäli POP-yhdisteitä sisältäviä esineitä käytetään alkuperäisestä käyttötarkoituksesta poiketen (Ympäristöministeriö, 2024). Tämän hankkeen tiimoilta tällainen tilanne ei olisi kyseessä, sillä hankkeen tausta-ajatuksena on, että uudelleenkäytettävät rakennustuotteet tulisivat alkuperäistä vastaavaan käyttötarkoitukseen.

5.4 REACH-asetus

REACH-asetus ei tunnista vastaavanlaista vapautusta rajoitustoimenpiteistä tai tulkintaa esineiden uudelleenkäytöstä kuin edellä mainittu POP-asetus. Lähtökohtaisesti REACH-asetuksen velvoitteet koskevat markkinoille saattamisen osalta sellaisenaan sekä uusia että uudelleenkäytettäviä tuotteita.

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden osalta voidaan katsoa olennaiseksi esineen tuottajia koskevat REACH-asetuksen velvoitteet (ECHA, 2017). Yritys on esineen tuottaja, jos se valmistaa esineitä EU:ssa riippumatta siitä, miten esineet valmistetaan ja missä ne saatetaan markkinoille. Esineiden tuottajia koskevat muun muassa esineissä olevien aineiden rekisteröinti (7 artiklan kohta 1), esineissä olevia aineita koskevat ilmoitukset (7 artiklan kohta 2) ja tiedottaminen esineissä oleviin aineisiin liittyvistä tiedoista (33 artikla). Uudelleenkäytettävissä rakennustuotteissa ei kuitenkaan lähtökohtaisesti ole esineistä vapautumaan tarkoitettuja aineita, joten 7 artiklan kohta 1 ei ole olennainen tässä yhteydessä.

Ilmoitus- ja tiedonantovelvoitteet liittyvät erityistä huolta aiheuttaviin aineisiin (SVHC-aineet), jotka löytyvät ECHA:n ylläpitämältä kandidaattilistalta (ECHA, 2025a). Kandidaattilistalla oleva aine voi päätyä luvanvaraiseksi aineeksi (REACH-asetus liite XIV), jolloin aineen käyttö sellaisenaan tai seoksessa vaatii luvan Euroopan komissiolta. Luvanvaraiseksi päätnyt aine pysyy myös edelleen SVHC-aineiden kandidaattilistalla. SVHC-aineiksi on tunnistettu aineita, jotka voivat olla syöpää aiheuttavia, perimää vaurioittavia tai lisääntymismyrkkyllisiä (eli CMR-aineet), hitaasti hajoavia, biokertyviä ja myrkyllisiä (eli PBT-aineet), erittäin hitaasti hajoavia ja erittäin biokertyviä (eli vPvB-aineet) tai tapauskohtaisesti aineet, jotka antavat aiheutta vastaavanlaiseen huoleen kuin edellä mainitut (esimerkiksi hormonitoimintaa häiritsevät aineet ja hengitystieherkistäjät) (Tukes, 2025).

Aineita, jotka sisältyvät SVHC-aineiden kandidaattilistaan, koskevat ilmoitusvelvollisuudet pätevät, mikäli esineessä olevan SVHC-aineen pitoisuus esineessä on yli 0,1 painoprosenttia ja mikäli kyseiset esineet sisältävät ainetta yhteensä enemmän kuin tonnin vuodessa tuottajaa kohden (7 artiklan kohta 2). Tonnimäärärajan arviointi vuositasona voi olla hyvin haasteellista uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kohdalla, sillä tähän vaikuttaa muun muassa purkukohteiden lukumäärä ja vaihtelevat SVHC-aineiden pitoisuustasot purkukohteittain. Tässä yhteydessä on oletettu, ettei vuotuinen tonnimääräraja ylity tarkasteltavien rakenneosien kohdalla.

Mikäli edellä mainittu vuotuinen tonnimääräraja ei ylity, mutta esine sisältää kandidaattilistan SVHC-aineita yli 0,1 painoprosenttia, on tuottajalla velvollisuus

tiedottaa asiasta esineen vastaanottajalle/kuluttajalle (33 artikla). Annettujen tietojen tulee kattaa olennaisin osin esineen turvallisen käytön sen koko elinkaaren osalta. Tällaisessa tapauksessa on myös tehtävä ilmoitus ECHA:n ylläpitämään SCIP-tietokantaan. Tiedottaminen on poikkeuksetta pakollista.

Esineissä olevien aineiden käyttöä voidaan rajoittaa tai kieltää myös REACH-asetuksen liitteen XVII mukaisesti. Liite XVII sisältää luettelon aineista, joihin kohdistuu rajoituksia ja kieltoja. Nämä voivat koskea useita tekijöitä, kuten esimerkiksi aineiden pitoisuuksia esineissä tai käyttöä tietyissä sovelluksissa. Liitteen XVII perusteella voidaan rajoittaa esimerkiksi arseeniyhdisteisiin liittyvin rajoitusmenettelyin kupari-kromi-arseeniyhdisteiden liuoksella (CCA-liuos) käsitellyn puun käyttöä ja markkinoille saattamista tai esimerkiksi sellaisten esineiden, joihin on lisätty asbestikuituja tarkoituksella, saattaminen markkinoille on lähtökohtaisesti kielletty.

Uudelleenkäytettäviä rakenneosia käsittelevät tuottajat voivat olla tilanteessa, jossa käytännössä on helpointa varmentaa uudelleenkäyttöön suunnitellun rakennustuotteen REACH-asetuksen velvoitteiden täyttyminen, mikäli rakennustuote ei yksinkertaisesti sisällä esimerkiksi SVHC-aineita yli 0,1 painoprosenttia ja liitteen XVII rajoitukset ja kiellot on huomioitu. SVHC-aineisiin kuuluu nykyisellään yli 200 yhdistettä/yhdisteluokkaa ja SVHC-aineiden kandidaattilistaan lisätään yhdisteitä säännöllisesti tutkimustiedon lisääntyessä (ECHA, 2025a).

5.5 Tiedonantovelvoitteisiin liittyvät esimerkkilaskelmat

REACH- ja POP-asetusten aineita esineissä koskevat rajoitukset/kiellot ja tiedonantovelvoitteisiin liittyvät raja-arvokriteerit ovat esitetty tyypillisesti painoprosentteina (esim. 0,1 painoprosenttia = 1000 mg/kg). Tässä yhteydessä voidaan teoreettisesti tarkastella, millaisia pitoisuuksia aineita tämän hankkeen tarkastelun piirissä olevissa rakennustuotteissa tulisi esiintyä, jotta esim. REACH-asetuksen SVHC-aineisiin liittyvät tiedonantovelvoitteet tulisi ottaa huomioon.

Näissä esimerkkilaskemissa on oletuksena, että betoni, tiili ja liimapuu sellaisenaan eivät sisällä yhdisteitä, jotka aiheuttaisivat tiedonantovelvoitteita vaan velvoitteet tulisivat liitännäisistä materiaaleista/pinnoitteista tai kontaminaatioina (Zhu ym., 2022). Alla olevat yksinkertaistetut esimerkit ovat kuvitteellisia ja ns. pahimman mahdollisen skenaarion mukaisesti johdettuja.

Alla olevissa esimerkeissä on oletettu, että liitännäiset materiaalit/pinnoitteet ovat aineita tai seoksia eivätkä esineitä itsessään. Mikäli liitännäiset materiaalit

olisivat itsessään esineitä ja tarkastelussa olisi niin sanotut moniosaiset tuotteet, olisi huomioitava tiedonantovelvoitteet liittyen näihin erikseen (ECHA, 2017). Esimerkiksi maalattu tiili on kokonaisuutena esine, jolloin maalin SVHC-aineen pitoisuus painoprosentteina lasketaan suhteutettuna koko tiilen painoon. Vastaavasti ontelolaatta, joka sisältäisi tehdasvalmisteisen elementin lisäksi kohteessa asennetut liitännäiset materiaalit, kuten esimerkiksi tasoitteen, liiman ja pinnoitemateriaalin, voi olla tulkittavissa moniosaiseksi tuotteeksi, mikäli esimerkiksi pinnoitemateriaali olisi määritelmän mukaisesti esine itsessään. Käytännön tasolla markkinoille päätyvästä uudelleenkäytettävästä ontelolaatasta on kuitenkin todennäköisesti poistettu jo liitännäiset materiaalit, joten tässä yhteydessä on oletettu, ettei moniosaisia tuotteita luultavasti saatettaisi markkinoille tämän hankkeen piirissä tarkastellun alla olevista rakennustuotteista.

Edellä esitetyt esimerkkilaskut osoittavat, että SVHC-aineiden pitoisuuksien ja/tai kerrospaksuuksien tulisi olla suhteellisen korkeita, jotta näihin liittyvät REACH-asetuksen mukaiset tiedonantovelvoitteet täyttyisivät betoni-, tiili- tai liimapuutuotteiden kohdalla. On myös huomionarvoista, että käytännössä uudelleenkäytettävät rakennustuotteet käsiteltäisiin purettavuuden/työstettävyyden helpottamiseksi todennäköisesti niiden verrannollisen alkuperäiseen tilaan. Esimerkiksi ontelolaattojen kohdalla uudelleenkäytettävät elementit käsitellään käytännössä ja näiltä osin niiden suhteellisen verrannolliseen tehdasvalmisteiseen tilaan, jolloin liikunta- ja liimat ja tasoitteet poistetaan, joten edellä esitetty esimerkki on kuvitteellinen tästä näkökulmasta. Mahdolliset materiaaliäämät ja niistä aiheutuvat epäpuhtaudet ja pitoisuudet olisivat teoreettisesti niin pieniä, että tiedonantovelvoitteen raja-arvon ylittyminen olisi suhteellisen epätodennäköistä.

Käytännön tasolla SVHC-aineiden pitoisuuksien laskeminen painoprosentteina uudelleenkäytettävistä rakennustuotteista voi olla verrattain haasteellista. Jotta aineiden pitoisuus suhteutettuna koko esineen painoon tai moniosaisen tuotteen kohdalla voitaisiin laskea, tulisi tietää eri materiaalien dimensiot, tiheydet ja kerrospaksuudet ja näissä tarkastelun piiriin kuuluvien aineiden pitoisuudet. Tällaiseen arviointiprosessiin ei ole nykyisellään olemassa suoranaista ohjeistusta ja analyysikohtaiset kustannukset voisivat muodostua kustannus- ja hyötysuhteen kannalta uudelleenkäyttöä rajoittavaksi tekijäksi. Esimerkiksi nykymuotoinen purkukartoituksen yhteydessä suoritettava haitta-ainetutkimus ei tekniseltä toteutustavaltaan vastaa tällaista arviointiprosessia (esimerkiksi tutkimuksissa ei rutiinimaisesti tarkastella materiaalien kerrospaksuuksia ja tiheyksiä ja/tai suhteuteta haitta-aineiden pitoisuuksia painoprosentteina yksittäiseen rakennustuotteeseen). Tästä huolimatta, mikäli rakennustuotteet saatetaan markkinoille, on tuottajan vastuulla varmistaa, että rakennustuotteet täyttävät REACH-asetuksen velvoitteet.

5.6 Muu lainsäädäntö ja vapaaehtoisuuteen perustuva sääntely

Muilta osin rakennustuotteiden kemikaaliturvallisuutta sisäilmaympäristöissä säädellään ja valvotaan periaatteellisesti välillisesti. Rakennustuotteiden terveellisyteen ja turvallisuuteen liittyy esimerkiksi terveydensuojelulain (763/1994) 26 §: ”Asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa.” sekä 27 §: ”Jos haitta aiheutuu asuinhuoneiston tai muun oleskelutilan rakennuksen rakenteista, eristeistä tai rakennuksen omistajan vastuulla olevista perusjärjestelmistä, haitan poistamisesta vastaa rakennuksen omistaja, ellei muualla laissa toisin säädetä.”. Terveystietolakiin liittyen asumisterveysasetuksessa (545/2015) ja siihen liitettyssä Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa on mainittu toimenpiderajoja suoraan huoneilmasta mitattaville altisteille. Rakennuksen huoneilmassa esiintyvien altisteiden pitoisuuksiin vaikuttaa kuitenkin rakennuskokonaisuus (esimerkiksi käytetyt rakennus- ja sisustusmateriaalit, olosuhteet, ilmanvaihto, tilojen käyttäjät ja toiminnot sekä ulkoiset tekijät, kuten liikenne) (esimerkiksi Juntunen ym., 2022; Wallenius ym., 2021).

Suomessa on myös olemassa uusien rakennusmateriaalien päästöille vapaaehtoisuuteen perustuva Rakennustietosäätiön RTS sr. hallinnoima M-luokitusjärjestelmällä, jonka perusteella rakennustuotteen valmistaja voi osoittaa rakennusmateriaalin vähäpäästöisyyden ja hajun hyväksyttävyyden sisäilman laadun kannalta (Rakennustieto, 2025). Esimerkiksi julkisrakentamisessa pääsääntöinen kansallinen toimintakulttuuri on, että sisäympäristöissä käytettyjen rakennusmateriaalien tulisi kuulua M1-päästöluokan tuotteisiin. M-päästöluokitusjärjestelmä on ollut voimassa vuodesta 1996. Vapaaehtoinen M-päästöluokitus ei nykyisellään koske uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita.

M-päästöluokituksessa rakennusmateriaaleista testattaviin kemiallisiin parametreihin kuuluvat haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC), EU-LCI-listan mukaisten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) emissiot, formaldehydin emissio, ammoniakkin emissio ja EY:n asetuksen nro 1272/2008 luokkiin Carc. 1A ja Carc. 1B kuuluvien karsinogeenisten yhdisteiden emissio (niin sanotut CMR-yhdisteet). Näille parametreille on asetettu omat pintaemissioperusteiset raja-arvonsa, jotka mitataan laboratoriotestein kokeellisesti. Lisäksi M-päästöluokituksen vaatimuksena on, että tuote ei haise.

Pääsääntöisesti M1-päästöluokan raja-arvot ovat vähäpäästöisyyteen liittyviä, mutta EU-LCI-listan VOC-yhdisteiden raja-arvot perustuvat toksikologiseen ja epidemiologiseen tutkimukseen ja ovat terveysperusteisia (Rakennustieto, 2025; EU-komissio, 2025a).

5.7 Lainsäädännön taustoituksen yhteenveto ja päätelmät

Periaatetasolla uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden turvalliseen ja terveelliseen käyttöön voidaan ajatella katsottavan riittäväksi, että rakennustuotteet täyttävät lainsäädännön asettamat reunaehdot. Rakentamislain mukaisesti rakentamisessa on käytettävä rakennustuotteita, joista ei aiheudu sisäilmaan sellaisia päästöjä, joita ei voida pitää hyväksyttävänä. Rakentamislaki ei kuitenkaan aseta raja-arvoja rakennustuotteiden sisäilmapäästöille eikä rakennustuotteiden valmistajilla ole nykyisellään suoranaisesti olemassa lainsäädännöllisesti sitovia velvoitteita näiden mittaamiseksi.

Yleisesti ottaen, käytetyt rakennustuotteet ovat vähäpäästöisempiä kuin uudet rakennustuotteet, sillä rakennustuotteista itsessään peräisin olevat päästöt ovat vuosien/vuosikymmenten aikana pienentyneet haihtuvien yhdisteiden haihtumisen myötä (niin sanotut ominaispäästöt ovat pienempiä käytetyissä tuotteissa kuin uusissa tuotteissa). Osin tästä syystä esimerkiksi REACH-asetuksen liitteen XVII formaldehydin päästöjä koskeva rajoitus ei koske käytettyjä tuotteita (ECHA, 2025b). Toisaalta käytetyissä rakennustuotteissa voi esiintyä toissijaisia päästöjä, jotka johtuvat materiaalien vaurioitumisesta (kemiallinen tai fysikaalinen hajoaminen) tai vastaavista käytönaikaisista ulkoisista tekijöistä (kontaminaatio käyttökohteen/-tilan toimintojen takia). Nämä tulisi arvioida ja huomioida mahdollisesti tapauskohtaisesti.

Niin uusien kuin uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden on täytettävä vähimmäisvaatimuksena REACH- ja POP-asetusten velvoitteet, mikäli ne saatetaan markkinoille. Nämä velvoitteet koskevat lähinnä rakennustuotteiden koostumusta raaka-aineiden (tai uudelleenkäytettävien tuotteiden kohdalla myös imeytyneiden aineiden) osalta ja näihin liittyen tiedonantovelvoitteita. REACH-asetuksen osalta vaatimukset ja velvoitteet ovat pääsääntöisesti samat niin uusille kuin uudelleenkäytettäville tuotteille, mutta POP-asetuksen tulkinnan mukaan vaatimukset eriävät uusien ja uudelleenkäytettävien tuotteiden välillä. Sisäilmapäästöjen tutkimisen kannalta REACH- tai POP-asetus ei kuitenkaan periaatteellisesti eroa

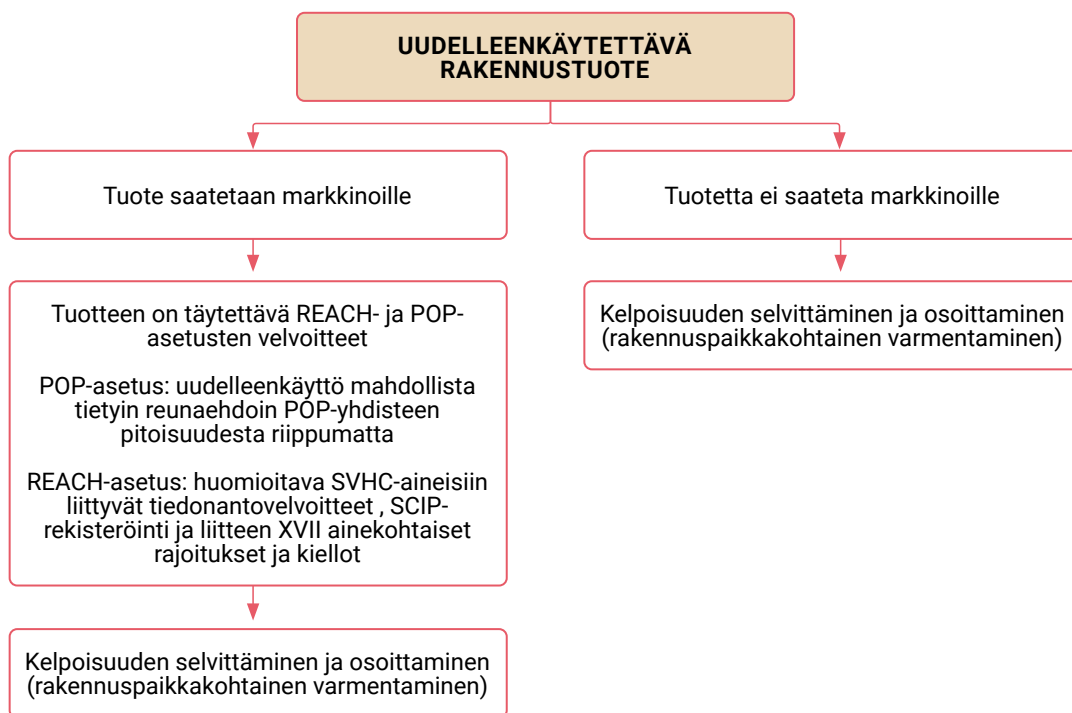
uusien ja uudelleenkäytettävien tuotteiden osalta, sillä vaatimuksia päästömittauksiin ei ole ja/tai uudelleenkäytettäville tuotteille niitä ei vaadita.

Kuten edellä mainittiin, uudelleenkäytettävissä tuotteissa sallittaisiin POP-yhdisteet pitoisuudesta riippumatta tietyin reunaehdoin, kun taas uusien tuotteiden kohdalla on tiukemmat rajoitukset/kiellot. Joidenkin POP-yhdisteiden kohdalla ero uusien ja uudelleenkäytettävien tuotteiden kohdalla voi teoriassa olla hyvin merkittävä, sillä toistaiseksi vain osalle POP-yhdisteistä on esitetty sallittuja tahattoman jäämän pitoisuusrajoja (esimerkiksi SCCP-yhdisteet), kun taas osalle POP-yhdisteistä on käytännössä nollatoleranssi (esimerkiksi PCB-yhdisteet). Tämä ristiriita POP-yhdisteiden kohdalla voisi teoriassa aiheuttaa mainehaittaa uudelleenkäytettäville rakennustuotteille, mikäli tuotteiden terveellisyys ja turvallisuus ihmisille tai ympäristölle kyseenalaistetaan verraten uusiin rakennustuotteisiin. Lainsäädäntö kuitenkin tulkinnan mukaan sallii uudelleenkäytettävissä rakennustuotteissa suuremmat POP-yhdisteiden pitoisuudet kuin uusissa rakennustuotteissa, joten mahdollisten terveys- tai ympäristöriskien arviointi jäisi tällöin mahdollisen tapauskohtaisen harkinnan varaan. Tausta-ajatusta POP-yhdisteitä sisältävien uudelleenkäytettävien tuotteiden kohdalla voidaan kiertotalouden näkökulmasta pitää hyvänä, sillä mikäli altistumisriskiä ei pitoisuudesta riippumatta ole, ei tuotteen uudelleenkäytölle samaan käyttötarkoitukseen tulisi olla estettä.

Mikäli uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita ei saateta markkinoille, ei tuotteiden ole lainsäädännön näkökulmasta välttämätöntä täyttää REACH- ja POP-asetuksien velvoitteita. Tällöin uudelleenkäyttöselvityksen, kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittäminen (katso luku 6 ja 7) osana tehtävä tarkoituksenmukainen haitta-aineiden selvitys riittää (Kaavio 1).

Kuten aiemmin mainittiin, tässä hankkeessa keskitytään ensisijaisesti rakennuspaikkakohtaiseen varmentamiseen ja uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden selvittämiseen ja osoittamiseen. On kuitenkin merkityksellistä, että mitä kautta tuote on päätenyt rakennuspaikkakohtaiseen varmentamiseen, sillä kuten Kaaviosta 1 voidaan havaita, tuote on voinut käydä läpi kaksi vaihtoehtoista reittiä, joista toinen on perusteellisempi kuin toinen.

Mikäli tuote on päätenyt tilanteeseen markkinoille saattamisen kautta, on syytä olettaa, että tuote täyttää REACH- ja POP-asetusten velvoitteet. Tämä periaatteessa edesauttaa ja osaltaan helpottaa tapauskohtaisesti tuotteen kelpoisuuden selvittämiseen ja osoittamiseen tarvittavia toimenpiteitä. Mikäli tuotetta ei kuitenkaan ole saatettu markkinoille, voivat kelpoisuuden selvittämiseen ja osoittamiseen tarvittavat toimenpiteet vaatia periaatteessa lisäresursseja tutkimuksiin.



Kaavio 1. Uudelleenkäytettävä rakennustuote ja markkinoille saattamisen vaikutus rakennustuotteen kelpoisuuden selvittämiseen ja osoittamiseen rakennuspaikka-kohtaisessa varmentamisessa.

Markkinoille saattamisen takia, uudelleenkäytettävä rakennustuote on jossain määrin verrannollinen uuteen rakennustuotteeseen, pois lukien mahdollinen POP-yhdisteiden pitoisuus ja mahdolliset liitännäiset toissijaiset päästöt (esimerkiksi rakennustuote on ollut käytössä teollisessa/teknisessä tilassa ja kontaminoitunut öljyhiilivedyillä), joita ei REACH-asetuksen velvoitteiden kautta ole välttämätöntä tarkastella. Vastaavasti uudelleenkäytettävä rakennustuote, jota ei ole saatettu markkinoille, voi sisältää edellä mainittujen kohtien lisäksi myös SVHC-aineita eikä näihin liittyen ole tiedonantovelvoitteita tuotteiden käyttäjille.

6

Rakennustuotteiden uudelleenkäytön selvittämisen vaiheet

6.1 Tausta

Uudelleenkäytettävien rakennusosien ominaisuuksien selvittämiseksi ja dokumentoinnille ei Suomessa ole vakiintunutta prosessia, ominaisuuksien tutkimisen metodologian ollessa melko vakiintunutta. Kansallisella tasolla uudelleenkäyttöä on sivuttu ympäristöministeriön julkaisussa Purkukartoitus-opas laatijalle (Wahlstöm ym., 2019a). Kansainvälisesti ja EU:ssa uudelleenkäytön prosessia on kuvattu muun muassa saksalaisissa standardeissa DIN SPEC 91484 ja DIN18007:2022–09 sekä Euroopan Komission julkaisussa EU construction & demolition waste management protocol including guidelines for pre-demolition and pre-renovation audits of construction works (Oberender ym., 2024). Sen sijaan kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa on esitelty tutkimustuloksia rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön, siihen liittyvien prosessien ja menetelmien valintaa sekä niiden kehittämiseen (muun muassa Girão Coelho, Pimentel, Ungureanu ym. 2020; Dévines ym., 2024; Ottosen ym., 2024; Räsänen, Lahdensivu, Vullings ym., 2024c).

Tämän hankkeen aikana on ollut käynnissä samaan aikaan useita muitakin rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön liittyviä tutkimus- ja kehittämishankkeita, joissa työ on edennyt saman tahtisesti kuin UURAKET-hankkeemme. Näitä hankkeita ovat muun muassa Digipurku-hanke (<https://gnf.fi/fi/gnf/digipurku/>), Helsingin kaupungin kiertotalousklusterin hankkeet (<https://testbed.hel.fi/kiertotalous/kiertotalousklusteri/>) ja esimerkiksi kansainvälinen ReCreate-hanke (<https://recreate-project.eu/>).

6.2 Rakennustuotteiden uudelleenkäytön prosessin kehittäminen

Tässä hankkeessa laadittiin matriisi, missä on huomioitu laajasti uudelleenkäytön mahdollistavia rakennustuotteiden tietoja ja niiden selvittämiseksi tarvittavia menetelmiä alkaen purettavan rakennuksen esiselvitysvaiheesta ja päättyen kohderakennuksen hyödyntämiseen materiaalipankkina. Matriisi laadittiin työryhmän toimesta vuoden 2023–2024 vaihteessa. Matriisia käsiteltiin hankkeessa järjestetyssä asiantuntijatyöpajassa 21.3.2024. Työpajassa keskityttiin tutkimusprosessin kysymyksiin, joissa arvioitiin, onko tutkimusprosessi sovellettavissa eri tavoin eteneviin uudelleenkäytön hankkeisiin, onko prosessi liian monimutkainen ja pitäisikö prosessin joitain vaiheita yhdistää. Työpajan perusteella prosessin arvioitiin olevan kattava ja huomioivan laajasti erilaisia tarpeita. Työpajan perusteella useita kohtia matriisissa myös täsmennettiin ja kehitysehdotuksia otettiin muilla tavoilla huomioon otavaksi oppaan laatimisessa.

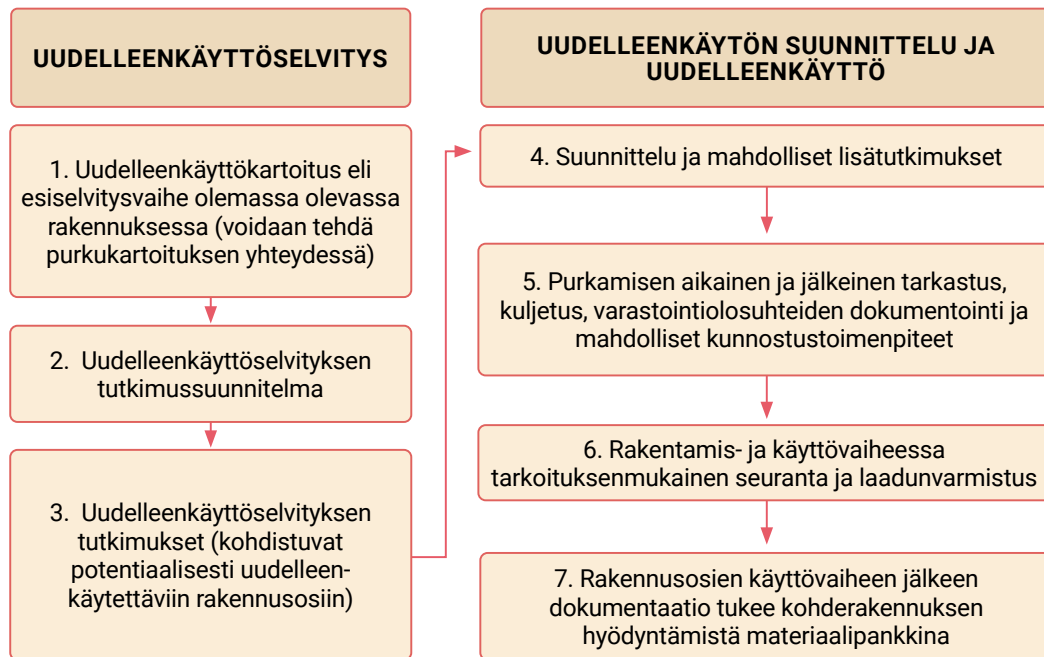
Hankkeessa kehitetty ja hankkeen tuloksena tuotetussa oppaassa esitetty rakennusosien uudelleenkäytön selvittämisen vaiheet ja dokumentointi pohjautuu kansallisissa ja kansainvälisissä ohjeissa, standardeissa ja tutkimuksissa esitettyihin malleihin. Rakennusosien ominaisuuksien selvittämisen lähtökohtana on selvitys-, kartoitus- ja tutkimustyön tarkoituksenmukainen vaiheistus, jossa yleisiä ja helposti selvitettävissä olevia ominaisuuksia ja uudelleenkäytön edellytyksiä selvitetään ennen yksityiskohtaisempien, haastavampien ja kalliimpien tutkimusten tekemistä (Ottosen ym., 2024; Girão Coelho ym., 2020).

Ympäristöministeriön julkaisemassa Purkukartoitus-opas laatijalle on yleisellä tasolla kuvattu purkukartoitusta neliosaisena prosessina seuraavasti:

- rakennuksen yleinen analysointi paikan päällä,
- purettavien materiaalien tyypin ja sijainnin arviointi yleisellä tasolla, jotta voidaan valmistautua seuraavaan vaiheeseen sopivalla välineistöllä,
- yksityiskohtainen selvitys, mittaukset ja paikan päällä tapahtuva materiaalien inventointi,
- näytteenotto ja näytteiden analysointi materiaalien laadun, mahdollisen kontaminaation ja pilaantumisen selvittämiseksi. (Wahlstöm ym., 2019a).

Uudelleenkäyttöön liittyvät selvitykset voidaan tehdä ennen purkukartoitusta, purkukartoituksen yhteydessä tai sen jälkeen. On kuitenkin syytä huomioida, että mitä enemmän aikaa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden uudelleenkäytön suunnittelulle ja markkinoinnille on, sitä todennäköisempää uudelleenkäytön

toteutuminen on (Rakhshan ym., 2020). Näin ollen uudelleenkäytettäväksi tarkoitettujen rakennustuotteen kelpoisuus ja soveltuvuus käyttökohteeseen tulee selvittää hyvissä ajoin ennen purku- ja rakennussuunnittelua sekä rakentamista (Rose & Stegemann, 2019).



Kaavio 2. Rakennusosien ominaisuuksien selvittäminen on jaettu kahteen päävaiheeseen: Uudelleenkäyttöselvitys sekä uudelleenkäytön suunnittelu ja uudelleenkäyttö.

6.2.1 Uudelleenkäyttöselvityksen vaiheet ja tutkimussuunnitelma

Uudelleenkäyttöselvityksessä selvitetään olemassa olevan rakennuksen potentiaaliset uudelleenkäytettävät rakennustuotteet ja niiden ominaisuudet. Uudelleenkäyttöselvitys on jaettu neljään päävaiheeseen, jotka ovat uudelleenkäyttökartoitus, tutkimussuunnitelman laatiminen, tutkimusten tekeminen ja raportointi.

Uudelleenkäyttökartoituksen tavoitteena on koota rakennuksen lähtötiedot ja selvittää minkälaisia potentiaalisesti uudelleenkäytettäviä rakennusosia rakennuksessa on (Dévines ym., 2024). Näiltä osin uudelleenkäyttökartoitus on linjassa purkukartoitusohjeistuksen (Wahlstöm ym., 2019a) kanssa ja sen tekeminen purkukartoituksen yhteydessä on usein tehokasta. Kun rakennuksen rakennusosien

uudelleenkäytön mahdollisuudet ovat yleisellä tasolla tiedossa, voidaan seuraavassa vaiheessa eli tutkimussuunnitelman laatimisessa keskittyä sellaisten rakennusosien tutkimiseen, joiden uudelleenkäyttö on potentiaalista.

Tutkimussuunnitelman laatimisen periaatteet noudattavat kuntotutkimusten kuten sisäilma- ja kosteustekninen kuntotutkimus (Pitkäranta (toim.), 2016) ja betonijulkisivujen kuntotutkimus (Suomen Betoniyhdistys ry, 2019) tutkimussuunnitelman laatimisen ohjeistusta. Muun muassa Devènes ym. (2024) ja Ottosen ym. (2024) myös toteavat tutkimuksessaan, että uudelleenkäytettävien rakennusosien tutkimusprosessi tulee olla vaiheistettu ja tutkimukset tulevat perustua tutkimussuunnitelmaan. Uudelleenkäyttöselvityksen tutkimussuunnitelman laatiminen pohjautuu uudelleenkäyttökartoituksessa tunnistettujen potentiaalisten rakennusosien ominaispiirteiden ja mahdollisten käyttökohteiden ja -tarkoitusten vaatimustasojen tunnistamiseen (Luechinger, Fischer, Chrysostomou ym., 2015). Tämän pohjalta voidaan määritellä mitkä ominaisuudet tutkittavista rakennusosista tulee selvittää ja mitkä menetelmät niiden selvittämiseen soveltuvat. Uudelleenkäyttöselvityksen sisältö vaihtelee muun muassa saatavilla olevien lähtötietojen kattavuuden ja luotettavuuden sekä mahdollisesti tiedossa olevien uudelleenkäyttökohteiden mukaan. Näin ollen tutkimussuunnitelman laatiminen on lopullisten tulosten luotettavuuden ja hyödynnettävyyden kannalta kriittinen vaihe (Ottosen ym., 2024).

Tutkimusten luettavuuden ja käytettävyyden kannalta tutkimussuunnitelma ja sen perusteella tehtävät tutkimukset tulee jäsenellä siten, että erityyppiset rakennusosat käsitellään omina kokonaisuuksinaan (Suomen Betoniyhdistys ry, 2019).

Vaikka tutkimussuunnitelman laatiminen ja uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden tutkiminen noudattaa pitkälti olemassa olevien kuntotutkimusohjeiden periaatteita, eroaa uudelleenkäyttöselvitys olemassa olevaan rakennukseen tehtävästä kuntotutkimuksesta, koska rakennustuotteiden tietosisältöä täydennetään myös rakennuksen purkamisen yhteydessä ja jälkeen (Ottosen ym, 2024; Girão Coelho ym., 2020).

6.2.2 Tuotekortit ja uudelleenkäyttöselvityksen jälkeiden dokumentaatio

Hankkeen aikana tehdyn selvitys- ja kehitystyön pohjalta uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuudet on ehdotettu dokumentoitavan tuotekortteihin, ottamatta kantaa tuotekortin tiedostomuotoon. Tuotekorttien sisällöt pohjautuvat muun muassa Rakennustiedon tuotemäärittelyryhmän laatimiin malleihin.

Tuotemäärittelyryhmän ohjeistusta mukaillen kortteissa esitetään käyttökohteen kannalta keskeiset perusominaisuudet, sekä kansalliset ja tarvittaessa kohdekohtaiset vaatimustasot esimerkiksi lujuuteen ja vakauteen, paloturvallisuuteen, terveellisyyteen, käyttöturvallisuuteen, esteettömyyteen, meluntorjuntaan ja ääniolosuhteisiin sekä energiatehokkuuteen liittyen joko lukuarvoina tai luokkina. (Rakennustieto, 2024). Tällöin tuotekortissa esitettävää tietoa voidaan hyödyntää uudelleenkäytettävän rakennustuotteen rakennuspaikkakohtaisen kelpoisuuden todentamisessa.

Uudelleenkäyttöselvityksen vaiheistuksen ja tarkoituksenmukaisen tutkimisen periaatteiden mukaisesti tuotekortti on suunniteltu täydennettäväksi dokumentiksi, jonka tietoja muokataan ja päivitetään uudelleenkäytön suunnittelun ja toteutuksen edetessä. Tuotekorttia on tarkoituksenmukaista täydentää esimerkiksi uudelleenkäyttökohteen ja sitä kautta kelpoisuusvaatimusten ja tuotekortissa esitettävien ominaisuuksien täydentyessä. Tällöin tutkimukset ja tuotekorttiin dokumentoitavat tiedot voidaan tehdä uudelleenkäyttöselvityksen vaiheiden periaatteiden mukaisesti edeten kevyemmistä tutkimus- ja selvitysmenetelmistä yksityiskohtaisempiin tutkimuksiin.

Tuotekorttia ja sen tietoja voidaan hyödyntää rakentamislain (751/2023) pohjalta laadittavan rakennustuoteluettelon laadinnassa uudelleenkäytettävän rakennusosan kohdalla. Lisäksi tuotekortissa esitettävän tiedon on tarkoitus toimia suunnittelun tärkeänä lähtötietona. Kun uudelleenkäytettävän rakennustuotteen tiedot on koottu ja esitetty selkeästi yhdessä paikassa, voidaan rakennusosien käyttökohteeseen ja -tarkoitukseen vaikuttaa myös erilaisilla suunnitteluratkaisuilla (vahvistaminen, pinnoittaminen jne.).

Tuotekortin kehityksessä on pyritty siihen, että se palvelee tulevaisuudessa kiertotalouden ja rakentamisen tiedonhallintaa. Tämän takia tuotekortti tulee laatia koneluettavassa muodossa, jolloin tuotekortti voi seurata uudelleenkäytettävää tuotetta tuotteen elinkaaren kaikissa vaiheissa osana digitaalista rakennus- ja tuotetietoa. Tämä mahdollistaa osaltaan esimerkiksi tuotteen varastoinnin ja kuljetuksen aikaisen seurannan ja helpottaa tuotteen erityispiirteiden huomioimisen näissä vaiheissa.

7

Perusperiaatteet rakennusosista selvittävistä ominaisuuksista ja vaatimuksista

Tässä hankkeessa selvitettiin uudelleenkäytön kannalta rakennustuotteiden oleellisia ominaisuuksia ja niille asetettavia vaatimuksia olemassa olevan kirjallisuuden ja tiedon perusteella. Aalto-yliopiston hankkeessa laatimat kirjallisuuskatsaukset olivat keskeisiä kansainvälisen tiedon koostamisessa. Lisäksi työssä perehdyttiin ja analysoitiin laajasti kansallisiin kuntotutkimusohjeisiin, uudelleenkäytön pilottihankkeiden tuloksiin ja rakennustuotteiden testauksissa käytettyihin harmonisointeihin tuotestandardeihin.

Kirjallisen aineiston perusteella selvitettiin rakennustuotteiden uudelleenkäytön kannalta ne oleelliset ominaisuudet, joita uudelleenkäytössä tulee tuotteista tietää. Työssä arvioitiin ja analysoitiin uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittämiseen ja testaamiseen soveltuvia tutkimus- ja testausmenetelmiä sekä vertailtiin niiden käyttöä tutkimuskirjallisuudessa esitettyihin rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön suositeltuihin menetelmiin. Lisäksi arvioitiin sekä ominaisuuksien että selvitysmenetelmien priorisointia ja niiden keskinäistä suhdetta ottaen huomioon muun muassa selvitysmenetelmien riittävä varmuus ja selvitysten etenemisjärjestys.

Työssä selvitettiin tarpeellisten ja riittävien selvitysten määrään (otanta) ja riskeihin ottaen huomioon muun muassa käytännön toteutettavuus ja selvityskustannukset. Hankkeessa tehtiin myös pienimuotoisesti betonielementtien ominaisuuksien laboratoriotestaus (Romakkaniemi, 2024; Mahmoud

Hosseini, julkaisematon) ja haitta-aineiden dataan perustuva data-analyysi (katso luku 9).

Ominaisuuksien ja selvitysmenetelmien määrittelyä on kehitetty eteenpäin hankkeen avoimissa työpajoissa ja lausuntokierrosten avulla sekä hankeryhmän ja hankeryhmän organisaatioiden sisäisissä työpajoissa, keskusteluissa (Katso luku 12).

Uudelleenkäytettävien rakennusosien ominaisuuksien selvitys- ja testausmenetelmiä tarkasteltiin suunnittelun, lain ja asetusten vaatimusten, yleisten ohjeiden ja standardien sekä testausmenetelmien näkökulmasta. Lisäksi työssä arvioitiin rakennushankkeen osapuolten, kuten rakennusvalvonnan, suunnittelijan ja rakennushankkeeseen ryhtyvän vaatimuksia uudelleenkäytön edellyttämän tiedon kattavuuden ja tarkkuuden suhteen.

7.1 Tausta

Rakennuksen on täytettävä sitä koskevat rakentamislain 751/2023 mukaiset olennaiset tekniset vaatimukset rakenteiden lujuuden ja vakauden, paloturvallisuuden, terveellisuuden, käyttöturvallisuuden, esteettömyyden, meluntorjunnan ja ääniolosuhteiden, energiatehokkuuden, vähähiilisuuden ja elinkaariominaisuuksien osalta. Myös uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita käytettäessä rakenne-suunnittelu tulee suorittaa voimassa olevien standardien, Eurokoodien mukaisesti. (Zhu ym., 2022.)

Uudelleenkäytettävien ja uusien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittäminen poikkeavat toisistaan, sillä uudelleenkäyttöä harkittaessa huomioon on otettava rakennusosan tuleva käyttökohde ja -tarkoitus sekä rakennusosalta vaaditut ominaisuudet. Myös rakennusosan historia ja aiempi käyttötarkoitus (käytönaikaiset rasitukset ja altisteet, rakennusosan vaurioalttius) sekä muut tapauskohtaiset tekijät on otettava huomioon uudelleenkäytössä. (De Schutter, 2012; Holický, Návarova, Gottfried ym., 2013; Zhu ym., 2022).

Tarkkaa, aina voimassa olevaa ja kaikki rasitustekijät huomioivaa tutkimusohjelmaa uudelleenkäyttävän rakennustuotteen kelpoisuuden selvittämiseksi ei voida esittää ilman merkittävää ylitestaamista. Hankkeessa keskityttiin luomaan testaussisältö, jonka avulla olennaiset tekniset ominaisuudet on mahdollista selvittää riittävällä tarkkuudella ja esittää mahdollisia rakennustuotteiden ominaisuuksiin heikentävästi vaikuttavia tekijöitä täydentäväksi tiedoksi. Täydentävän tiedon avulla tutkimusmenetelmien perusotantaa on mahdollista laajentaa ja täydentää tarkoituksenmukaisesti ja tapauskohtaisesti.

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuus ja soveltuvuus selvitetään huolellisella lähtötietoaineistotarkastelulla, aistinvaraisella havainnoinnilla ja rakennetta rikkomattomilla mittauksilla sekä rakennetta rikkovilla tutkimuksilla ja poralieriönäytteiden laboratorioanalyysillä sekä tarpeen mukaisilla haitta-aine ja epäpuhtauksien arvioinneilla ja selvityksillä. Tiedon lisääntyessä tehdään tarvittaessa päätös tarkempien tutkimusten, mittausten ja analyysien tarpeesta, määrästä ja otannasta. Vaiheistettu tutkimusmalli on yleisesti käytössä erilaisissa rakennusten ja rakenteiden kuntotutkimuksiin ohjeistavassa kirjallisuudessa (Ympäristöministeriö, 2016; Suomen Betoniyhdistys ry, 2019; 2021;) sekä teräsrakenteiden uudelleenkäyttöä kattavasti selvittäneessä PROGRESS-tutkimusprojektissa (Girão Coelho ym., 2020). Rakennustuotteelle soveltuvat tutkimusmenetelmät sekä niiden kohdistaminen ja otanta määritellään aina tapauskohtaisesti erillisessä huolellisesti laaditussa tutkimussuunnitelmassa. Asiantuntemuksen ja pohjatyön merkitystä tutkimussuunnitelman laadinnassa tulee korostaa.

7.2 Aineisto

Suomessa on yleisesti hyväksyttyjä ja käytössä olevia rakenneosaj- ja materiaali-kohtaisia tutkimusmenetelmiä ja -ohjeita sekä standardeja, joita voidaan soveltaa myös uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittämiseen. Tietoa rakennustuotteissa käytetyistä raaka-aineista, koostumuksesta ja tuotteiden laatuparametreista on mahdollista selvittää rakentamisaikana voimassa olleista ohjeista, kuten rakentamismääräyskokoelmasta sekä Suomen Betoniyhdistys ry:n ja RIL:n julkaisuista, sekä eri aikakausien Betoninormeista ja Betonielementtinormeista. Pääosa betoni- ja tiilirakenteiden testausmenetelmistä on esitetty julkaisussa by42 Betonijulkisivun kuntotutkimus (2019) ja tiilien osalta Suomen kansallisessa standardissa SFS 7001, jonka päivitystyö on parhaillaan käynnissä. Poltettujen tiilien, kalkkihiekkatiilien ja liimapuun osalta testausmenetelmiä ja -otantoja on esitetty kattavasti Helsingin kiertotalousklusterin työkalussa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden selvittämiseen (Testbed Helsinki, 2025). Tarkemmin testausmenetelmät on esitetty lukuisissa kansallisissa ja kansainvälisissä standardeissa (muun muassa ASTM C856/865M-20; SFS-EN 12504-1:2019; SFS-EN 14629:2007).

Pääosin rakenteiden kuntotutkimusohjeet eivät ole sellaisenaan suoraan soveltuvia uudelleenkäytettävien rakennusosien ominaisuuksien selvittämiseen, mutta niissä esitetyt menetelmät voidaan käyttää ja soveltaa tarvittavilta osin. Menetelmien valinnassa painotetaan kansallisen tason tunnettuja ja yleiseen

käyttöön vakiintuneita ja pääosin standardoituja tutkimusmenetelmiä. Tässä hankkeessa rakennustuotteiden olennaisten teknisten ominaisuuksien selvitysmenetelmiä arvioitiin menetelmien sovellettavuuden, luotettavuuden, hyödyllisyyden, kustannuksien ja saatavuuden perusteella sekä kokemusperäisesti että kirjallisuuslähteitä (Rücker, Hille, Rohrmann, 2006; Luechinger ym., 201; Suomen Betoniyhdistys ry, 2019; ACI Committee 364; 2021) käyttäen.

Hankkeessa on käytetty betonielementtien osalta tärkeänä lähteenä Norjan kansallista standardia uudelleenkäytettävien ontelolaattojen testauksesta (NS 3682:2022). NS 3682:2022 perustuu eurooppalaiseen uusien ontelolaattojen vaatimuksia käsittelevään standardiin EN 1168. NS 3682:2022 on laatuaan ensimmäinen, urauurtava kansallinen standardi. On odotettavaa, että standardia NS 3682:2022 käytetään pohjana myös tulevaisuudessa eurooppalaisissa kansallisissa uudelleenkäytön standardeissa ja ohjeissa. Norjan kansallisessa standardissa NS36 82:2022 esitetyt testausmenetelmät ovat betonin ja betonirakenteiden vaatimustenmukaisuuden ja kunnon selvittämisessä yleisesti hyväksyttyjä ja laajalti käytettyjä perustutkimustason menetelmiä, mutta hankkeelle huomion arvoista oli Norjassa onnistuneesti pilotoidut standardin NS 3682:2022 mukaiset testausotannot. Tutkimusmenetelmiä ja niiden otantoja on perusteltu tarkemmin luvussa 8.

Uusilta tiililtä vaaditut ominaisuudet ja vaatimustasot on esitetty Suomen kansallisessa standardissa SFS 7001:2013 (Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot), minkä mukaan tiilien mitat, mittapoikkeamat, muoto, puristuslujuus ja vedenimukyky tulee ilmoittaa kaikkien tiilien osalta. Lisäksi käyttökohteen mukaan ilmoitettavia ominaisuuksia ovat tiilien palokäyttäytyminen, vesihöyrynläpäisevyys, ääneneristävyys, lämmönvastus, jäädytys-sulatuskestävyys sekä alkuimunopeus. Muuratujen rakenteiden osalta tässä hankkeessa tarkastellaan yksittäisiä tiiliä, ei osakokonaisuuksina irrotettavia muurauksia, joten uusia yksittäisiä tiiliä koskevia testausmenetelmiä kuvaavia standardeja, kuten puristuslujuuden määrittäminen (SFS-EN 772-1 + A1), netto- ja bruttokuivatiheyden määrittäminen (SFS-EN 772-13), jäädytys-sulamiskestävyyden määrittäminen (SFS-EN 772-22 ja SFS 7001 liite 1), vedenimukyky ja alkuimunopeus (SFS-EN 772-11), voidaan teknisestä näkökulmasta käyttää myös tiilien uudelleenkäytettävyyttä arvioitaessa koekappaleiden ollessa vastaavia.

Edellä mainittujen standardien lisäksi tiilien ja muuratujen rakenteiden tutkimuksen suorittamista ja tutkimusmenetelmiä kuvataan Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisussa by75 (2021), RIL:n julkaisuissa Muuratujen ja rapattujen julkisivujen kuntotutkimus ja Räsänen (2022) tiilien uudelleenkäytettävyyden arviointia käsittelevässä diplomityössä sekä Helsingin kiertotalousklusterin

työkalussa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden selvittämiseen (Testbed Helsinki, 2025). Uudelleenkäytettäville tiilille on mahdollista hakea eurooppalaista teknistä arviointia (ETA) ja vapaaehtoista CE-merkintää. CE-merkinän hakemista tai EAD:n mukaista tiilien testaukselle ei edellytetä, eikä se kata tiilien rakenteellista käyttöä tai huomioi uudelleenkäytettävien tiiliin mahdollisesti kertyneitä haitallisia aineita ja epäpuhtauksia. Uudelleenkäytettävien poltettujen tiilien eurooppalaisen arviointiasiakirjan mukainen testaus keskittyy paloturvallisuuteen sekä turvallisuuteen ja tuotteiden saavutettavuuteen liittyvien ominaisuuksien todentamiseen.

Monilta osin tässä hankkeessa esitetyt testausmenetelmät ovat EN-standardien mukaisia, kuten EAD:ssakin, mutta osin hyödynnetään soveltuvasti myös kansallisia standardeja ja standardoituja taulukkoarvoja. Liimapuun osalta hyödynnetään suomalaista kirjallista tietoa eri aikakausilta liimapuun valmistustekniikan, ominaisuuksien sekä liimapuun laadunvarmistuksen osalta muun muassa RIL:n, Suomen Liimapuuyhdistyksen sekä Puufon julkaisemissa julkaisuissa (RIL 63, 1969; 1970; 1973; 1977; RIL 120, 1978; 1983; 1986; 1991; 2001; 2004; Liimapuukäsikirja 2014), liimapuun valmistukseen liittyviä standardeja (muun muassa EN 386, EN 392, EN 14080) sekä puurakenteiden uudelleenkäyttöön ja vanhan rakenteellisen puun lujuusominaisuuksiin liittyviä lähteitä (muun muassa Cavalli, Cibecchini, Togni, ym., 2016; Cavalli, Bevilacqua, Capecchi ym., 2016; Huuhka ym., 2018; Yahmi, Nouri, Tahlaiti ym., 2023; Koponen, 2023; Ranttila, 2024).

7.3 Tulokset ja johtopäätökset

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden alkuperäiset valmistusmenetelmät, raaka-aineet ja erityisesti niihin rakentamisen, käytön ja uudelleenkäyttöä varten tapahtuvan irrottamisen sekä kuljetuksen ja varastoinnin aiheuttamat rasitukset vaihtelevat. Tästä syystä yleispätevien tai tarkat testausmäärät esittävien vaatimusten esittäminen rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittämiseksi on haastavaa. (Girão Coelho ym., 2020; ACI Committee 364, 2007.) Mikäli esitettäisiin, että esimerkiksi ontelolaatoista tai tiilistä testattaisiin aina samat ominaisuudet samalla otannalla, aiheuttaisi tämä osin tarpeetonta testaamista ja osin tulokset saattaisivat olla epäluotettavia. Tässä hankkeessa on näistä syistä päädytty esittämään, että pätevä asiantuntijataho esittää huolellisesti lähtötietoihin ja kohteeseen perehdyttyään kohdekohtaisesti tarvittavat tutkimukset tutkimussuunnitelmassa.

Kuten edellä on esitetty, kansalliset ja kansainväliset toimintatavat, käytännöt, oppaat ja standardit luovat perustaa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen. Siltä osin, kun ohjeistus tai sääntely ei huomioi uudelleenkäyttöä suoraan, tulee ohjeita pääosin soveltaa tarkoituksenmukaisella tavalla. Tällöin on syytä yhdistää olemassa olevia toimintatapoja ja uudelleenkäyttöä koskevaa ohjeistusta sekä tutkimustietoa.

Tutkimussuunnitelman laatimisen tueksi tässä hankkeessa ehdotetaan perustapauksiin soveltuvaa minimiotantaa eri tuoteryhmille. Ehdotetusta minimiotannasta voi olla tarpeen ja suositeltavaa kuitenkin poiketa. Tutkimussuunnitelmaa laadittaessa tulee huomioida luovuttajarakennuksen rakennusosien ohella myös tulevan käyttökohteen asettamat vaatimukset, mikäli ne ovat tiedossa. Erityisesti mikäli tuleva käyttökohde ei ole tiedossa uudelleenkäyttöselvitystä tehdessä, voi myöhemmässä vaiheessa olla tarpeen tehdä täydentäviä tutkimuksia. Tuoteryhmäkohtaista näyteotantaa käsitellään tarkemmin luvussa 8.

8

Tuoteryhmäkohtaiset ominaisuudet ja niiden selvittäminen

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittäminen sisältää lukemattomia erilaisia tuote-ominaisuus-käyttökohde-vaatimus-kombinaatioita. Tästä syystä yleisen ja kaikkiin tarkoituksiin sopivan täsmällisen tutkimusmäärittelyn laatimista ei olla nähty hankkeessa tarkoituksenmukaisena. On syytä myös huomioida, että sopivalla tuote- ja käyttökohdevalinnalla voidaan vaikuttaa uudelleenkäyttöselvityksen vaiheiden laajuuteen, aikatauluun ja kustannuksiin.

Huolimatta tehokkuustavoitteista rakennustuotteiden uudelleenkäyttö ei saa johtaa osaoptimointiin, jossa kiertotalouden, vähähiilisyyden ja materiaalitehokkuuden kustannuksella tingittäisiin rakennuksen turvallisuudesta, terveellisyydestä tai elinkaariominaisuuksista.

8.1 Betoni

Uudelleenkäytettävien betonielementtien (ontelolaatta, palkki, pilari) oleellisten perusominaisuuksien (rakenteiden lujuus ja vakaus, paloturvallisuus, terveellisyys, käyttöturvallisuus, ääniolosuhteet ja energiatehokkuus) toteamiseksi tulee tehdä uudelleenkäyttöselvitys, joka sisältää tarpeenmukaiset betonin ominaisuuksien tutkimisen ja testaamisen vaiheet. Tämä tutkimussisältö noudattelee pääosin norjalaista uudelleenkäytettävien ontelolaattojen testausta käsittelevää standardia NS 3682:2022, jonka sisältö vastaa hyvin Suomessa yleisesti käytössä olevien betonin tutkimus- ja testausohjeita ja

-standardeja. Hankkeessa ehdotettu tutkimusohjelma poikkeaa hieman standardissa NS 3682:2022 esitetystä, ja ehdotettu tutkimussisältö sisältää seuraavat tutkimukset

- rakennusosien ja -tuotteiden visuaalinen tarkastelu
- mittaus (geometria ja paino)
- jänneterästen mittojen ja kunnon tarkastaminen rakenneavauksin
- pääterästen betonipeitepaksuuksien määrittäminen
- terästen visuaalinen havainnointi rakennusosan irrottamisen jälkeen
- betonin puristuslujuuden määrittäminen (rakennekoekappalein sekä kimmovasaraa tai ultraäänimenetelmää käyttäen)
- betonin laadun arviointi ohuthieanalyysillä sekä
- betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen ja kloridipitoisuuden määrittäminen muissa kuin X0-rasitusluokissa.

Standardin NS 3682:2022 sisältöön verrattuna hankkeessa ehdotetussa tutkimussisällössä on lisäksi vasarakoputtelua, raudoitus- ja jänneterästen kunnon tarkastamista sekä ohuthieanalyysien suorittamista. Ehdotettu tutkimussisältö tulee nähdä lähtökohtana, josta on mahdollista ja suositeltavaakin poiketa perustelluista syistä, mikäli esiin tulee seikkoja, jotka edellyttävät tarkempaa tarkastelua tai toisaalta perusteita, millä joitain tutkimuksia on mahdollista keventää (Suomen Betoniyhdistys ry, 2019).

Betonielementtien (ontelolaatat, elementtipilarit ja -palkit) uudelleenkäytettävyyden arviointiin kuuluu oleellisena osana rakennusosien visuaalinen tarkastelu ennen rakennusosan purkua, pintamateriaalien purun jälkeen (Hradil, Talja, Wahlström ym., 2019). Visuaalisen tarkastelun tärkeimpänä tehtävänä on tuottaa ensivaiheen tietoa rakennustuotteesta muun muassa sen varmistamiseksi, että rakennustuotteet, niiden mitat ja jännevälit vastaavat suunnitelmia, niihin ei ole tehty merkittäviä muutoksia rakennuksen historian aikana sekä rakennustuotteista tehtävien tarkempien tutkimusten valintaa, kohdentamista ja otantaa varten. (RIL 1995; Luechinger ym. 2015; Suomen Betoniyhdistys ry, 2019.)

Visuaalinen tarkastelu on kevyt ja kustannustehokas menetelmä, ja sen avulla voidaan havaita viitteitä betonimateriaalia tai -rakennetta vaurioittavista tekijöistä, kuten halkeamia, lohkeamia, värimuutoksia, rapaumaa, teräskorroosiota, viitteitä elementtien muodonmuutoksista ja rakenteiden siirtymistä (Suomen Betoniyhdistys ry, 2019) tai muista uudelleenkäytön esteistä. Toisaalta, jos poikkeavia havaintoja ei tehdä, pystytään paremmalla varmuudella tukeutumaan suunnittelutietoihin, täydennettynä pienemmällä otannalla tehtäviin perustasosiin tutkimuksiin betonin lujuudesta ja laadusta sekä raudoitus- ja jänneterästen mitoista

ja kunnosta. Tässä hankkeessa jokainen elementti ehdotetaan tarkastettavaksi visuaalisesti, norjalaisen standardin NS 3682:2022 mukaisesti. Harvemmallä otannalla visuaalista havainnointia ehdotetaan täydennettäväksi vasarakoputtelulla, mikä on olemassa olevien rakenteiden kuntotutkimuksissa yleisesti käytetty menetelmä (Suomen Betoniyhdistys ry, 2019; ACI Committee 364, 2021). Vasarakoputtelun otannaksi esitetään 1:20 (koputellen tarkastetaan 1 rakennusosa jokaista alkavaa 20 rakennustuotetta kohden). Visuaalisten havaintojen ja vasarakoputtelun perusteella havaittujen vaurioviitteiden perusteella suoritetaan tarkempia, soveltuvia tutkimuksia mahdollisen vaurion poissulkemiseksi tai sen todentamiseksi ja sen merkityksellisyyden selvittämiseksi rakennustuotteen uudelleenkäytön kannalta.

Tutkimusmenetelmien otannat on suunniteltu siten, että kenttätutkimuksen suorittaminen kohteella on sujuvaa, ja useampia tutkimusmenetelmiä toteutetaan samalla, esimerkiksi 1/20, rytmityksellä. Tiuhemmalla otannalla suoritetaan kevyemmin toteutettavia tutkimuksia, ja työläämpiä, rakennetta rikkovia tutkimuksia ja/tai aikaa vieviä analyyseja suoritetaan lähtökohtaisesti harvemmin. Otantaan huomioidaan uudelleenkäytettäväksi suunnitellut rakennusosat, ja esimerkiksi jos purkukohteen 200 ontelolaatasta uudelleenkäytettäväksi suunnitellaan 50 kpl, tutkimusmäärät suunnitellaan 50 rakennusosan, ei 200 rakennusosan, mukaan.

Tulosten luotettavuuden parantamiseksi ominaisuuksia selvitetään useammilla rinnakkaisilla menetelmillä: esimerkiksi teräskorroosioriskiä arvioidaan lähtötiedoista, betonipeitepaksuuksien mittaamisella, karbonatisoitumissyvyyden määrittäyksillä, raudoitus- ja jänneterästen kunnan visuaalisilla tarkasteluilla sekä betonin kloridipitoisuuksien määrittäyksillä. Viitteellisesti teräskorroosioriskiä voi arvioida myös ohuthietutkimuksella, sillä ohuthietutkimuksissa havaitut betonimateriaalin kiteytymät viittaavat aina rakennustuotteeseen jossain vaiheessa kohdistuneeseen kosteusrasitukseen, mikä puolestaan lisää teräskorroosion riskiä. Betonin puristuslujuutta puolestaan arvioidaan lähtötietojen, rakennekoekappaleiden sekä valitun NDT-menetelmän avulla. NDT-menetelmistä tutkimusohjelmaan on sisällytetty kimmovasaramenetelmä, ultraäänen etenemisnopeuden määrittäminen ja näiden yhdistelmä, mitkä ovat yleisimpiä NDT-menetelmiä betonin puristuslujuuden testaamiseksi (Al-Neshawy ym., 2021). Norjalainen standardi NS 3682:2022 sisältää ainoastaan kimmovasaramenetelmän, ei ultraäänen etenemisnopeuden määrittäystä, mutta hankkeessa molemmat NDT-menetelmät sisällytettiin mukaan vaihtoehtoisina tai toisiaan täydentävinä, menetelmien ollessa näin mukana myös standardissa SFS-EN 13791:2019 (Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast components) sekä sen kansallisessa soveltamisstandardissa SFS 7508:2024 (Betonin puristuslujuuden arviointi rakenteista ja rakenneosista, standardin SFS-EN 13791 käyttö Suomessa).

Betonirakenteisen rakennustuotteen kuormituskapasiteetin arviointia varten tutkimuksilla tuotetaan tietoa rakennustuotteen/-osan mitoista, raudoitus- ja jänneterästen laadusta, sijainnista, mitoista ja kunnosta sekä betonin lujuudesta ja laadusta. Betonin hyvä puristuslujuus on yksi tärkeimmistä syistä, minkä takia betoni soveltuu rakentamiseen niin hyvin. Betonin lujuuden määritykset kuuluvat olennaisena osana betonirakenteiden tutkimuksiin, ja yleistäen voidaan todeta, että betonin lujuuteen otetaan aina betonitutkimuksissa jollain tavalla kantaa. Tässä hankkeessa betonin lujuutta ehdotetaan testattavaksi systemaattisesti aina rinnakkaisilla menetelmillä: rakennekoekappaleille tehdyillä puristuslujuuden testauksilla sekä epäsuoralla testausmenetelmällä (kimmovasara tai ultraäänen etenemisnopeuden mittaaminen) standardia NS 3682:2022 mukailleen.

Poranäyte kuvaa vain hyvin pientä osaa rakennusosasta, ja betonin heterogeenisen luonteen vuoksi materiaalissa on aina jonkin verran sisäistä vaihtelua. Esimerkiksi poranäytteen kohdalla oleva tiivistyshuokonen alentaa näytteen puristuslujuutta, ja näytteen kohdalla oleva suuri kiviainesrae voi tuottaa virheelisen suuren puristuslujuustuloksen. Betonissa olevan kiviaineksen maksimiräekoon ja poranäytteen halkaisijan välisellä suhteella on merkittävä vaikutus näytteestä määritettyyn lujuuteen, kun suhde lähestyy suurempia kuin 1: 3 arvoja (SFS-EN 12504-1:2019 + AC:2020). Toisin sanoen pienillä koekappaleilla puristuslujuuden määrityksen epävarmuus kasvaa, ja poranäytteiden koon kasvattaminen parantaa niiden puristuslujuustestausten luotettavuutta. Lujuustulosten määrityksessä poranäytteiden koon tulee aina olla mahdollisimman suuri kuitenkin siten, että halkaisijan ja pituuden suhde 1:1 täyttyy. Näytteissä ei saa olla raudoitusteräksiä. Standardin SFS-EN 13791:2019 (Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components) kansallisessa soveltamisstandardissa SFS 7508:2024 poranäytteitä, joiden halkaisija on <75 mm, ei sallita. Standardissa SFS-EN 13791:2019 sekä norjalaisessa standardissa NS3682:2022 poranäytteen koon alarajana mainitaan 50 mm, ja pienemmän näytekokon aiheuttamaa epävarmuutta lujuustuloksiin pienennetään näyteotannan kasvatuksella. Esimerkiksi kun puristuslujuutta arvioidaan rakenteellista tarkastelua varten porakoekappaleiden tulosten perusteella, standardi SFS-EN 13791:2019 huomioi näytekokon seuraavasti:

- 8 puristuslujuustulosta, kun poranäytteen halkaisija ≥ 75 mm tai
- 12 puristuslujuustulosta, kun poranäytteen halkaisija 50 mm.

Hankkeessa tarkasteltavien betonisten ontelolaatta-, pilari ja -palkkielementtien raudoitus ja rakennepaksuudet rajoittavat poranäytteenottoa, ja todennäköisesti laadukkaiden >50 mm poranäytteiden otto näistä rakennustuotteista tai -osista

on teknisesti vaikeaa. Hankkeen yhteydessä tehdyssä puristuslujuustestauksen pilotoinnissa Kytösuontie 9:n purettavan rakennuksen betonielementeistä, porattiin halkaisijaltaan 60 mm lieriönäytteitä puristuslujuuden testausta varten (Romakkaniemi, 2024; Hosseini, julkaisematon). Puristuslujuuden testauksessa tulee aina käyttää mahdollisimman suuria poranäytteitä, mutta jos suurempia näytteitä ei ole mahdollista saada, hyväksytään halkaisijaltaan 50 mm poranäytteet, kuten myös standardeissa SFS-EN 13791:2019 ja NS 3682:2022. Puristuslujuutta varten otettavien poranäytteiden näytteenottoon ja näytteiden laatuun tulee kiinnittää erityistä huomiota, samoin kuin tulosten tulkintaan.

Puristuslujuustestauksen otanta 1/20 on norjalaisen standardin NS 3682:2022 mukainen, jolloin jokaista alkavaa 20 rakennustuotetta kohden testataan yksi puristuslujuuden näytesarja. Näytesarjassa näytteitä otetaan neljästä eri rakennustuotteesta, joista jokaisesta kaksi rinnakkaista näytettä, yhteensä siis 8 puristuslujuuden testausta. Rinnakkaisilla näytteillä parannetaan lujuustulosten luotettavuutta kansallisen standardin SFS 7508:2024 mukaisesti. Kytösuontie 9:n tutkimuksissa testattiin 18 rakennekoekappaleen puristuslujuus, ja vuonna 1976 rakennetun rakennuksen ontelolaattabetonien puristuslujuustulokset täyttivät nykystandardien mukaiset C34/45 ja C40/50 lujuusluokat, kuutiolujuuksiksi muutettujen tulosten keskiarvon ollessa 70,2 N/mm² (keskihajonta 6,8 N/mm²). Kytösuontie 9:n tutkimustulosten otanta on pieni, eikä yleistäviä johtopäätöksiä näistä voi tehdä, mutta suuntaa antavasti tulokset vastaavat oletusta elementtibetonien hyvästä laadusta ja korkeasta lujuudesta (Romakkaniemi, 2024; Hosseini, julkaisematon).

Puristuslujuuden epäsuorien testausmenetelmien kiistattomana etuna on testausmenetelmän edullisuus, helppous ja rakennetta rikkomaton luonne, ja niistä oppaassa esitetään käytettäväksi kimmovasaraa ja/tai ultraäänen etenemisnopeuden mittaamista standardin SFS-EN 13791:2019 ja sen kansallisen soveltamisstandardin SFS 7508:2024 mukaisesti. Puristuslujuuden epäsuorien testausmenetelmien avulla saatavia lujuusarvioita käytetään poranäytteiden puristuslujuustulosten rinnalla tukena rakennusosan betonin lujuutta arvioitaessa. Epäsuorien testausmenetelmien otanta on norjalaisen standardin NS 3682:2022 mukainen (1:5), joskin NS 3682:2022 mainitsee ainoastaan kimmovasaramenetelmän. Standardi SFS-EN 13791:2019 ja sen kansallinen soveltamisstandardi SFS 7508:2024 mahdollistavat epäsuorien testausmenetelmien ja rakennekoekappaleilla määritettävän betonin puristuslujuuden korrelaatiokäyrän käytön, mutta korrelaatiotietoa on yleisesti saatavilla hyvin vähän. Kytösuontie 9:n tutkimuskohteessa rakennekoekappaleiden ja kimmovasaratulosten välille ei pystytty muodostamaan selkeää korrelaatiota. Alhaisen korrelaation syy on

todennäköisesti se, että kyseisessä kohteessa tutkimusmenetelmät eivät mitanneet aivan samaa rakennekerrosta. Kimmovasara mittaa betonipinnan lujuutta noin 30 mm syvyyteen, kun taas puristuslujuuskoekappaletta valmisteltaessa betonilierion pinta oli poistettu. Betonirakenteen pinnassa oleva tasoite aiheuttaa virhettä kimmovasaratuloksiin, ja on tärkeää varmistaa, että kimmovasarointi tehdään puhtaasta betonipinnasta, joko tasoitekerros poistaen tai esimerkiksi ontelolaatan alapinnasta. Laajan korrelaatiotiedon kerääminen on mahdollista rakennustuotteiden uudelleenikäytön lisääntyessä, ja tämä tunnistetaan selkeäksi alaa edistäväksi kehityskohteeksi, minkä avulla myöhemmin uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden testaamista voidaan mahdollisesti keventää.

Betonin ohuthietutkimus on Suomessa ja kansainvälisesti yleisesti käytetty betonin kuntotutkimusmenetelmä, ja Suomessa se sisältyy betonin kuntotutkimusten perussisältöön. Laadukkaasti tehdyllä ohuthietutkimuksella saa paljon tietoa betonista, esimerkiksi sen laadusta ja mikrorakenteesta, betonin valmistukseen käytetyistä raaka-aineista, betonirakenteen piilevistä vaurioista ja rakennetta sen historiassa rasittaneista tekijöistä. Ohuthietutkimuksilla ei saada absoluuttista, selkeästi vertailtavaa tulosta, kuten vaikkapa puristuslujuustestauksella saadaan, mutta ohuthietutkimuksen arvo on muilla menetelmillä piiloon jäävien asioiden toteamisessa ja muita menetelmiä tukevassa analytiikassa. Tukea betonin puristuslujuustuloksille saa ohuthietutkimuksilla, minkä avulla on mahdollista arvioida betonin laatua ja koostumusta, esimerkiksi huokoisuutta ja vesi-sideainesuhdetta. Ohuthietutkimukset kuuluvat betonin perustestausarsenaaliin kiinteästi, ja ohuthieanalytiikka sisällytettiin mukaan myös tämän hankkeen tutkimussisältöön otannalla 1/200 (1 ohuthieanalyysi jokaista alkavaa 200 rakennustuotetta kohti). Tämä tarkoittaa 15 20 ohuthietutkimusta tavanomaisesta asuinkerrostalokohteesta (oletus 1 500–2 000 elementtiä). Hankkeessa esitettyä tutkimusohjelmaa ei ole vielä pilotoitu, mutta tyypilliseen asuinkerrostalokohteeseen peilaten tutkimusmenetelmien otosmäärien arvioidaan olevan linjassa.

Raudoitus- ja jänneterästen kuntoa, dimensioita ja sijaintia selvitetään rakennearvauksin, rakennusosan irrotuksen jälkeen sekä betonipeitemittauksin. Teräskorroosion syitä ovat betonin karbonatisoituminen, pieni betonipeitepaksuus, betonin huono laatu, kosteusrasitus ja kloridirasitus (De Schutter, 2012). Hankkeessa teräsosien potentiaalista vaurioriskiä ehdotetaan selvitettäväksi betonin karbonatisoitumissyvyyden ja kloridipitoisuuden määrittämisellä sekä välillisesti myös ohuthietutkimuksilla. Tietoja raudoitus- ja jänneteräksistä käytetään hyödyksi myös rakennustuotteen palokäyttäytymisen arvioinnissa. Raudoitus- ja jänneteräksiin liittyviä tietoja, kuten sijaintia ja mittoja, on mahdollista selvittää erilaisilla ainetta rikkomattomilla (NDT-) menetelmillä (International Atomic Energy Agency, 2002),

mutta NDT-menetelmien avulla saatavassa tiedossa on aina epävarmuustekijöitä (Al-Neshawy ym., 2017), minkä takia tieto tulee varmistaa ja täydentää muilla menetelmillä, raudoitus- ja jänneterästen yhteydessä rakenneavauksin. Jännitettyjen rakenteiden kohdalla jänneterästen kunto, sijainti ja dimensiot ovat oleellisen tärkeää rakennustuotteen kantavuudelle ja turvallisuudelle sekä käyttäjälle, ja rakenneavauksia jännitettyjen rakenteiden jänneterästen todellisten mittojen ja kunnan tarkastamiseksi ehdotetaan tehtäväksi aina, otannalla 1/50 (1 rakenneavaus jokaista alkavaa 50 rakennusosaa kohden). Apuna voidaan harkinnan mukaan ja havaintojen perusteella käyttää myös muita soveltuvia menetelmiä.

Betonipeitepaksuuden mittauksia tehdään betonirakenteiden kuntotutkimuksissa hyvin vakiintuneesti, ja pääterästen betonipeitepaksuuksia ehdotetaan mitattavaksi otannalla 1/20 (mittaukset 1 rakennusosasta 20 rakennusosaa kohti), mikä tavanomaisessa asuinkerrostalokohteessa tarkoittaisi mittauksia 75 100 betonielementistä (oletus: yhteensä 1 500–2 000 betonielementtiä). Peitepaksuusmittauksia tulee ottaa jokaisella mittauskohdalla vähintään 100 kpl, mielellään enemmän (Suomen Betoniyhdistys ry, 2019). Betonipeitepaksuusmittauksilla saatava tieto on varsin luotettavaa, jos raudoitustiedot ovat saatavilla ja oikeita (Al-Neshawy ym., 2023). Jos raudoitustietoja ei ole saatavilla, raudoitepaksuus tulee selvittää ensin rakenneavauksella.

Betonin kloridipitoisuus kasvattaa teräskorroosion riskiä, ja betonin kloridipitoisuutta ehdotetaan testattavaksi ainakin muissa rasitusluokissa kuin kuivien sisätilojen luokassa X0. Kloridipitoisuuden testausotanta on norjalaisen standardin NS 3682:2022 mukaisesti 3:50 ainakin kaikissa muissa kuin X0-rasitusluokissa. Kloridirasituksen mahdollisuutta tulee arvioida myös X0-luokan rakennusosissa, ja suorittaa tarvittaessa kloridipitoisuuden testaus.

Betonin karbonatisoitumisella tarkoitetaan kovettuneen betonin neutraloitumista, kun ilman hiilidioksidi reagoi veden läsnäollessa hydratoituneen sementin yhdisteiden kanssa tuottaen karbonaattiyhdisteitä, mukaan lukien kalsiumkarbonaattia (CaCO_3). Karbonatisoitumattoman betonin pH on korkea, ja betonin alkalisuus suojaa raudoitusteräksiä teräskorroosiolta. Karbonatisoitumisvyöhykkeen saavuttaessa raudoitusteräksset teräksiä suojaava oksidikalvo häviää, minkä jälkeen teräskorroosio on mahdollista, mikäli läsnä on myös happia ja vettä. Betonin karbonatisoituminen on selkeästi merkittävin betonirakenteen käyttöikää määrittävä tekijä (De Schutter, 2012) mutta karbonatisoitumisesta ei ole haittaa, mikäli teräsbetoni ei altistu sellaiselle kosteusrasitukselle, että vaurioitumista aiheuttavaa teräskorroosiota tapahtuisi. Vanhetessaan betonipinnan tiiveys itse asiassa paranee karbonatisoitumisen myötä, sillä karbonatisoitumisreaktiossa muodostuva CaCO_3 täyttää sementtikiven huokosia vähentäen betonipinnan läpäisevyyttä (Tracz ja Zdeb, 2019).

Oppaassa on ehdotettu karbonatisoitumissyvyyden tarkastamista kaikissa muissa rasitusluokissa paitsi rasitusluokassa X0 (ei korroosion tai syöpymisrasituksen riskiä). X0-luokkaan kuuluvat raudoittamattomat betonirakenteet ja erittäin kuivissa olosuhteissa sijaitsevat raudoitettut betonirakenteet, käytännössä kuivat ja lämmitetyt sisätilat. Jos karbonatisoitumissyvyyttä on tarve määrittää, suositeltu otanta on 8:20. Karbonatisoitumissyvyyden määrittämisotantaa on hieman muutettu norjalaisessa standardissa NS 3682:2022 esitetystä, jotta karbonatisoitumissyvyyttä ja muita analyyseja varten otettavat näyteotannot vastaisivat toisiaan. Karbonatisoitumisen aiheuttama betonipinnan tiivistyminen on mahdollista havaita ohuthietutkimuksessa, joten karbonatisoitumissyvyydestä saa suuntaa antavaa tietoa myös tällä tutkimuksella. Ohuthietutkimuksia ja karbonatisoitumissyvyyden mittaustuloksia on mahdollista verrata keskenään myös betonin laatua arvioitaessa: karbonatisoitumissyvyyden määrittysten avulla saadaan tietoa betonipinnan laadusta ja tiiveydestä, ja tieto tarkentuu yksityiskohtaisemmaksi ohuthietutkimusten tuloksilla. Karbonatisoitumissyvyyttä määritetään tiheämmällä otannalla, ja jos betoninäytteiden karbonatisoitumissyvyydessä on vaihtelua, kertoo se myös betonin laadun vaihtelusta.

Kokonaisen palkin tai laatan koestus

Hankkeessa selvitettiin kirjallisuustutkimuksen avulla tietoja kokonaisen rakennustuotteen koestusmenetelmistä. Kokonaisen rakennustuotteen koestamista voidaan hyödyntää muun muassa silloin, kun tulevan suunniteltavan käyttökohteen rakennesuunnittelussa käytetään kokeellista mitoitustapaa, on tarpeen varmentaa suunnitteluratkaisuissa käytettyjä laskenta-arvoja tai rakenneosassa havaitaan muissa tutkimuksissa kantavuuteen tai kestävyysliittyviä puutteita. Kokonaisen palkin tai laatan velvoittava koekuormitustestaus yleisesti alkutuotannossa on liittynyt lähinnä ontelolaattoihin (EN 1168). Uudelleenkäytettävissä rakennustuotteissa mahdolliset koekuormitukset tehdään kohdekohtaisesti laadittavan tutkimussuunnitelman mukaisesti.

Ontelolaattojen kuormituskestävyyden määrittämistapa on laskennallinen. Lisäksi EN 1168 mukaisille ontelolaattoille on alkutuotannossa edellytetty kokonaisen ontelolaatan koestus leikkauskestävyyskuormituskokeella (EN 1168 liite J). Laskennallisesti määritettävän leikkauskestävyyden tulos riippuu erityisesti ontelolaatan alkuperäisessä valmistuksessa käytetyn betonin ominaisuuksista ontelolaatassa, mikä riippuu ontelolaatan valmistuksessa käytetyn tuotantolaitteiston toimivuudesta. Leikkauskestävyyskokeella voidaan varmentaa laatan rakenteellisen toimivuuden kriittinen ominaisuus (usein mitoitettava/ hauras murto).

Norjalaisessa standardissa NS 3682:22 ontelolaattojen leikkauskestävyydelle on esitetty lisäкитеereitä verrattuna standardiin EN 1168. EN 1168 liite J mukaan yksittäisessä kokonaisen laatan kuormituskokeessa kokeellinen murtokuorma saa olla hieman pienempi kuin laskennallinen murtokuorma ja kolmen kokeen keskiarvolle kokeen murtokuorma tulee olla vähintään yhtä suuri kuin laskennallinen murtokuorma. NS 3682:22 mukaan ontelolaatan kuormituskokeista saatu kapasiteetti tulee olla näytemäärästä riippuen $\geq 1,1 \dots 1,25$ -kertainen verrattuna laskennalliseen ominaiskapasiteettiin, yksittäinen tulos ei saa olla pienempi kuin laskennallinen ominaiskapasiteetti ja murtumistavassa lisäehtoja.

Eurooppalaisessa ReCreate-hankkeessa (<https://recreate-project.eu/>) tehtiin suomalaiseen pilottirakennuksen ontelolaatoille ja betonipalkeille kuormituskokeita. ReCreate-hankkeessa tehtyjen pilottikohteen koekuormitusten tulosten perusteella (EN 1168 liite J mukaisesti) koekuormitettujen (6 kpl) ontelolaattojen murtokuorma kokeessa oli ylittänyt laskennallisen murtokuorman jokaisessa kuormituskokeessa (Räsänen ym. 2024b)

Kokonaisten uudelleenkäytön kohteen olevien ontelolaattojen koestuksen otantaa kohdekohtaisesti määritettäessä hyödynnettäväksi on hankkeessa esitetty standardin EN 1168 alkutestauksen laatanäytemäärien periaatteita (3 kpl /poikkileikkaus) sekä norjalaisen standardin NS 3682:22 mukaista testaustiheyttä 1/50 (minimimäärä 3 kpl). Rinnakkaisten näytteiden määrä 3 kpl on tulosten hyödynnettävyyden kannalta minimimäärä, jotta rinnakkaistuloksista voidaan arvioida tulosten hajontaa. Alkuperäisessä alkutuotannossa leikkauskokeen tarkoituksena on ollut vahvistaa leikkauskestävyyden laskentamalli ja varmistaa tuotantolaitteiston toimivuus (EN 1168). Ontelolaattojen leikkauskestävyyden määrittämisestä koekuormituksella rakennesuunnittelija voi kohdekohtaisten havaintojen perusteella arvioida koestuksen tarpeenmukaisuutta sekä näytemäärää, koska koekuormitusta ei olla uudelleenkäytettävien ontelolaattojen osalta olla tekemässä sen yhdessä alkuperäisessä tarkoituksessa, tuotantolaitteiston toimivuuden varmistamisessa.

Lopuksi voidaan todeta, että pitkäkään kokemus, asiantuntemus tai pelkät kvalitatiiviset selvitykset eivät yksin riitä uudelleenkäytettävän rakennustuotteen käyttöiän luotettavaan määrittämiseen, vaan näillä menetelmillä on mahdollista saada ainoastaan karkea arvio käyttöiästä (ACI Committee 365, 2017). Luotettava käyttöikäennuste on mahdollista saavuttaa täydentämällä kokemuseräistä tietoa kumulatiivisesti edellä kuvatusti lähtötietojen, rakennuksen historiatietojen, kenttätutkimuksien ja laboratorioanalyysien perusteella.

8.2 Tiilet

Tiilien osalta tässä hankkeessa painoarvoa on annettu tiilien aistinvaraiselle arvioinnille, mikä on oleellinen ja yleisesti hyväksytty tutkimusmenetelmä myös muurattujen ja rapattujen rakenteiden kuntotutkimuksia suoritettaessa (Suomen Betoniyhdistys ry, 2021). Tiilien ominaisuudet vaihtelevat polttoasteen ja käytettyjen tiilien osalta myös rasisitusten ja esimerkiksi purusta aiheutuneiden vaurioiden mukaan. Tiilien alustavaa jaottelua voidaan tehdä nopeasti ja helposti tiilien visuaalisen havainnoinnin tai äänivasteen perusteella (Räsänen ym., 2022b), kokemusperäisesti jaottelua voi olla mahdollista tehdä myös tiilen painon perusteella, joskin tämä vaatii jatkotutkimusta. Vastaavanlaista jaottelua on mahdollista tehdä myös esimerkiksi ultraäänimenetelmää käyttäen (Räsänen ym., 2024a), mutta yksinkertaisemmat menetelmät, kuten visuaalinen tarkastelu ja koputtelu, ovat käytännöllisempiä. Räsänen tiilien uudelleenkäytettävyyden arviointia käsittelevän diplomityön (Räsänen, 2022) mukaan visuaaliset havainnot ja koputtelu korreloivat tiilien puristuslujuuden ja veden alkuimunopeuden kanssa.

Äänivasteen arvioinnissa olosuhteiden on suositeltavaa olla mahdollisimman vakioituja ja hälyttömiä, ja iskuäänen tuottamisessa on suositeltavaa käyttää pyöreäpäistä vasaraa, jotta vältetään lattapäisen vasaran kulmassa osuneen iskun aiheuttamaan äänivasteen virheeseen. Äänivasteen arvioinnissa korvakuulon lisäksi on mahdollista käyttää apuna tallentavaa apuvälinettä, yksinkertaisimmillaan esimerkiksi älypuhelin, jossa on äänisignaalin tallennukseen ja kapeakaistaspektrianalyysiin kykenevä sovellus, kuten Spolia Design Oy on tehnyt Helsingin kiertotalousklusterin tiilien ehjänä purkamisen kokeiluhankkeessa Kytösuontie 9-11 (Spolia Design Oy, 2023). Spolia Design Oy:n selvityksessä resonanssitaajuuteen määrittämisessä spektrikäyrän avulla todettiin haasteita, eikä resonanssitaajuutta saatu osasta spektreistä luotettavasti selville. Syyksi on esitetty testimenetelmää sekä reikätiilien epähomogeenista muotoa. Mittausmenetelmällä arvioidaan kuitenkin olevan potentiaalia, erityisesti umpitiilien testaamisessa. Tärkeimpiä tiilille tehtäviä laboratorioanalyyssejä ovat muun muassa veden alkuimunopeus, vedenimukyky ja puristuslujuus sekä jäädytys-sulatuskestävyys, mikäli tiilet altistuvat säärasitukselle. Tiilien jäädytys-sulatus- tai pakkasenkestävyyden osalta eri maiden kansallisten standardien tai määräysten vaatimukset ovat erilaisia. Suomen kansallisen standardin jäädytys-sulatuskestävyyden testauksen SFS 7001:2013 liitteen 1 mukainen testausmenetelmä sisältää 25 mään tiilen jäädytys-sulatussykliä. Standardin SFS 5513 (Muurauslaastien, muurauskivien ja muuratun rakenteen testaus) mukainen testausmenetelmä sisältää 50 jäädytys-sulatussykliä. Standardin SFS-EN 772-22:2018 (Determination of

freeze-thaw resistance of clay masonry units) mukaisessa testauksessa testattavista tiilistä muurattua testiseinää jäädytetään ja sulatetaan 100 kertaa. Kansallisen standardin SFS 7001:2013 päivitystyö on käynnissä, ja on oletettavaa, että jatkossa standardeja yhdenmukaistetaan siten, että uusien tiilien jäädytys-sulatus-testaus tulee tehdä SFS-EN 772-22 mukaisesti (Taivalkangas, 2025). Toistuva määrän tiilen jäädytys-sulatus-testaus on tiilelle rankka, eivätkä etenkin säärasitukselle alttiina olleet käytetyt tiilet välttämättä kestä ehjänä täyttä SFS-EN 772-22 mukaista jäädytys-sulatus-syklitystä. Lisäksi SFS-EN 772-22 mukainen testausmenetelmä on työläs toteuttaa, eikä standardinmukaisia testauksia toteuttavia laboratorioita löydy vielä Suomesta (Taivalkangas, 2025). Hankkeessa on ennakoitu uusien tiilien jäädytys-sulatus-testauksen mahdollista muutosta, ja ehdotetussa tutkimussisällössä standardin SFS-EN 772-22 mukaisen testauksen rinnalla mahdollisena on säilytetty myös SFS7001 mahdollista muutosta edeltänyt liite 1:n mukainen testaus. Tiilien pakkasenkestävyyttä testattaessa kannattaa vaurioitumattomuuden/vaurioitumisen lisäksi seurata sitä, kuinka monta jäätymis-sulamissykliä tiili kestä vaurioitumatta. Tämä ajattelutapa on mukana myös standardin SFS-EN 772-22:n mukaisessa testauksessa.

Suomessa muurattujen rakenteiden kuntotutkimuksissa tiilien ja tiililaattojen pakkasenkestävyyttä voidaan arvioida ohuthietutkimuksen avulla, jolloin tiilille määritetään pakkasenkestävyydestä kertova tekstuurisäröilyindeksiluokitus (Zhu ym. 2022). Indeksiluokitus soveltuu punaisille poltetuille savitiilille, vaaleille tiilille vastaavaa tekstuurisäröilyindeksiä ei ole (Silvennoinen ym., 1995). Indeksiluokituksen ja pakkasenkestävyyden välisestä korrelaatiosta on sittemmin saatu ristiriitaisia tuloksia erityisesti MRT-tiilillä (Räsänen, 2022a). Tiilen ohuthietutkimuksella saadaan paljon muutakin tietoa tiilimateriaalista, kuin vain sen tekstuurindeksi, ja ohuthietä suositellaan harkittavaksi muiden tutkimusten lisänä lisätiedon saamiseksi, samalla logiikalla kuin betonirakenteiden kohdalla. Indeksiluokituksen tuloksia suositellaan käytettävän muiden menetelmien rinnalla, ja harkinnanvaraisesti ohuthietutkimuksilla voi korvata osan poltettujen savitiilien SFS-EN 772-22 tai SFS7001 liite 1:n mukaisesta testauksesta.

Tiilien osalta hankkeessa ehdotettu tutkimusotanta vastaa Helsingin kiertotalouden klusteriohjelman toteuttamassa työkalussa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden selvittämiseen esitettyä (Testbed Helsinki, 2025), mikä on tällä hetkellä pisimmälle viety suomalainen ohjeistus uudelleenkäytettävien tiilien ominaisuuksien todentamiseen. Hankkeessa arvioitiin työkalussa (Testbed Helsinki, 2025) esitetyn otannan olevan tarkoitukseen soveltuva, eikä eriävälle otannalle nähty perusteita. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden käyttö ja kelpoisuuden osoittamisen toimintatavat ja ohjeet tulevat päivittymään

ja muuttumaan lähivuosina. Hankkeessa esitettyjä tutkimussisältöjä ja otantoja on syytä päivittää vastaavasti ohjeistuksen kehittyessä ja toimintamallien vakiintuessa.

8.3 Liimapuu

Liimapuun selvitysmenetelmien aineistona hankkeessa hyödynnettiin suomalaisia kirjallista tietoa eri aikakausilta liimapuun valmistustekniikan, ominaisuuksien sekä liimapuun laadunvarmistuksen osalta muun muassa (RIL 63 1969, 1970, 1973, 1977; RIL 120 1978, 1983, 1986, 1991, 2001, 2004; Liimapuukäsikirja 2014), liimapuun valmistukseen liittyviä standardeja (muun muassa EN 386, EN 392, EN 14080) sekä puurakenteiden uudelleenkäyttöön ja vanhan rakenteellisen puun lujuusominaisuuksiin liittyviä lähteitä (muun muassa Cavalli ym., 2016a; 2016b; Huuhka ym., 2018; Yahmi ym., 2023; Koponen, 2023; Ranttila 2024).

Rakenteen, jossa hyödynnetään uudelleenkäytettävää liimapuuta, tulee täyttää uutta liimapuuta vastaavasti rakenteelle asetetut vaatimukset. Rakenteellisen puun uudelleenkäyttöä käsittelevässä diplomityössä (Ranttila, 2024) haastattelujen rakenneasiantuntijoiden mukaan uudelleenkäytettävän rakenteellisten puutuotteiden tulee täyttää uudelle tuotteelle asetetut olennaiset tekniset vaatimukset. Haastatellut arvioivat alkuperäiset dokumentoidut tiedot rakenteellisten puutuotteiden mekaanisista ominaisuuksista hyödyllisiksi ja pitivät laajamittaista rikkovaa testausta epäkäytännöllisenä uudelleenkäytössä. Uudelleenkäytettyjen rakenteellisten puutuotteiden konservatiivisella suunnittelulla haastatellut olivat nähneet mahdollisena tapana saavuttaa vähintään sama varmuus kuin uusilla rakenteellisilla puutuotteilla. Varmalla puolella olevaa mitoitustapaa yhdistettynä tarkoituksenmukaisiin selvitysmenetelmiin liimapuutuotteiden uudelleenkäytössä on esitetty myös muualla, muun muassa Helsingin kiertotalous klusteriohjelmassa (Koponen, 2023).

Uudelleenkäytettävän liimapuun rakenteellisista ominaisuuksista on olennaisista tunnistaa alkuperäiset lujuusominaisuudet sekä lujuusominaisuuksiin vaikuttavat asiat: puulamellien ja liimasaumojen lujuus ja eheys (halkeamat, liimasaumojen aukeamat), kunto ja vauriot (kosteusrasitus, laho) sekä poikkeamat (reiät ja lovet, viruma). Liimapuun kuntoa ja ominaisuuksia voidaan selvittää luovuisilla eri ainetta rikkomattomilla menetelmillä, mutta ne eivät ole yleisesti käytössä rakennuksessa oleville liimapuille. Ultraääneen, röntgenmomografiaan ja resonanssimittaukseen perustuvia menetelmiä on tutkimuksissa käytetty rakenteellisille puulle (Cavalli ym., 2016b; Zielińska ja Rucka, 2021), mutta monille

tapaustutkimuksissa esitetyille erilaisille rakennetta rikkomattomille menetelmille ei soveltamisohjeita tai tarkempaa arviointia hankkeessa ollut edellytyksiä tehdä suomalaiselle uudelleenkäytettävälle liimapuulle. Jatkotutkimustarve em. menetelmille on ilmeinen etenkin mekaanisten ominaisuuksien osalta uudelleenkäytettäville rakenneosille, jotka ovat luovuttajarakennuksessa paikallaan uudelleenkäyttökartoitus/-tutkimusvaiheessa. Tehokkaat aistinvaraiset ja rakennetta vähän rikkovat menetelmät kohdistaisivat resurssit potentiaalisimpiin uudelleenkäytettäviin rakenneosiin. Yleisesti alkutuotannossa ja olemassa olevissa rakennuksissa käytössä olleet aistinvaraiset menetelmät (halkeamien ja liimasaumojen aukeamien arviointi) ja ohjeet (muun muassa RIL 244-2007 liite B1) katsottiin olevan hyödynnettävissä hyvin uudelleenkäytettäville liimapuutuotteille. Vaikka halkeamien arviointiin on hyödynnettäviä ohjeita (muun muassa RIL 244-2007) ja halkeamien luokittelumalleja (Yahmi ym., 2023) sekä tutkimuksia syvien halkeamien vaikutuksesta liimapuun lujuusominaisuuksiin (Berg ym., 2015) on olemassa, on suomalaisen uudelleenkäytettävän liimapuun lujuusominaisuuksien kannalta merkitsevien halkeamien arvioinnin tueksi tarvetta aiheen lisätutkimukselle.

Hankkeessa ei käsitelty liitosten ja liituskappaleiden testausta, mutta mahdollisten halkeamien ja muiden poikkeamien dokumentointi luovuttajarakennuksessa liitos- ja ripustusalueilla on tarpeellista tietoa uudelleenkäytössä. Uudelleenkäytettävän liimapuun kaikkien rakenteellisten ominaisuuksien määrittäminen testaamalla alusta alkaen kohdekohtaisesti ei lähtökohtaisesti käytössä olevien resurssien näkökulmasta ole ensisijainen toimenpide, jolloin hankkeessa ei ole käsitelty liimapuun liitossuunnitteluun vaikuttavien rakenteellisten ominaisuuksien sovellettavia määrittämismenetelmiä. Liitososat ovat pääasiassa teräsosia, joten jos ne aiotaan uudelleenkäyttää, niiden ominaisuuksien selvittäminen tulee tehdä soveltaen Teräsrakenteiden uudelleenkäyttö -opasta (Teräsrakenneyhdistys, 2023). Lähtökohtaisesti uudelleenkäytettävien liimapuiden liitosalueiden ja liitosten mitoituksessa on otettava huomioon, että liimapuun kaikkia mekaanisia suunnitteluarvoja ei voida kohdekohtaisesti määrittää testaamalla erikseen vaan on pyrittävä hyödyntämään olemassa olevaa ja tarkoituksenmukaisesti kohteesta tuotettua tietoa konservatiivisesti yhdistettynä hyvään liitossuunnitteluun.

Liimapuun lujuusominaisuudet perustuvat liimapuun valmistuksessa käytetyn sahatavaralamellien lujuusominaisuuksiin ja liimasaumojen lujuuteen sekä eheyteen. Liimapuun alkutuotannon laadunvalvonnan menetelmät ovat koostuneet sahatavaran lujuusluokittelusta, puulamellien jatkosten ja saumojen liimauksen lujuuden testauksesta ainakin 1960-luvulta alkaen (RIL 63). Uudelleenkäytettäville liimapuille liimauksen lujuuden testausta voidaan soveltaen tehdä nykyisten

valmistusta sääntelevien standardien (muun muassa EN 14080) mukaisesti liimasaumojen delaminointitestillä tai leikkauslujuuden testillä pienemmillä koekappaleilla. Ennen nykyistä EN 14080 standardia vastaavat testit, otanta ja tulosten hyväksymiskriteerit on esitetty muun muassa EN 386, RIL 63/ASTM D 1101, EN 392, RIL 63/ASTM D905-49. Liimasauman lujuuden ja eheyden testimenetelmä on vanhempien liimapuiden laadunvalvonnassa ollut kuvattu eri standardissa kuin uudemmissa liimapuissa (alun perin ASTM-, myöhemmin EN-standardit). Näin ollen yhtenä tarkoituksenmukaisena tapana on, että uudelleenkäytössä sovelletaan nykyisin voimassa olevaa standardia (EN 14080) otannassa ja tuloksia arvioidaan nykyisten hyväksymiskriteerien taustaa vasten sekä arvioida mahdollisten alitusten merkitystä tapauskohtaisesti. Pelkästään erot ASTM- ja EN-standardien hyväksymiskriteereissä voivat selittää sen, että vanhemman liimapuun liimasauman leikkauslujuustesteissä korkeinta puustamurtoprosenttia ei saavuteta. Uudelleenkäytettävän liimapuun liimasauman leikkauslujuutta voidaan testata myös niin, että voimaa ei mitata ja arvioidaan puustamurtoprosentti (Koponen, 2023). Mittaustavan tuloksien vertailua hyväksymiskriteereihin voidaan tehokkaasti tehdä tilanteessa, jossa korkein puustamurtoprosentti saavutetaan. Mikäli korkeinta puustamurtoprosenttia ei testissä saavuteta, ilman voiman mittaamista tulosten vertailua aiempiin tai nykyisiin hyväksymiskriteereihin ei pystytä loppuun asti tekemään. Tausta-aineiston perusteella on oletettavaa, että liimasauman leikkauslujuustestissä korkeinta puustamurtoprosenttia ei tulla saavuttamaan (muun muassa Yahmi, 2023).

Liimapuun lujuusominaisuudet perustuvat lamellien liimasaumojen lujuuden ja eheyden lisäksi liimapuun sahatavaramellien ja liimattujen lamellijatkosten lujuusominaisuuksiin. Pääasiassa sahatavaran ja sen jatkosten mekaaniseen testaukseen perustuvien testimenetelmien perusteella on voitu liimapuu alun perin luokitella tiettyyn lujuusluokkaan. Liimapuun uudelleenkäytössä huomion arvoista on, että liimapuisella rakenneosalla on yleensä suurempi keskimääräinen lujuus ja pienempi lujuuden hajonta kuin vastaavalla rakennesahatavarasta tehdyllä rakenneosalla. Tämä selittyy sillä, että liimapuu koostuu lamelleista, joiden lujuus vaihtelee, ja on epätodennäköistä, että useiden lamellien heikoin poikkileikkaus sattuu samalle kohdalle. Sahatavaralla suurin lujuus määräytyy sen heikoimman poikkileikkauksen lujuudesta. Seikka selittää osaltaan myös sitä, miksi lamellien ja lamellijatkosten lujuusominaisuuksien selvittäminen jälkikäteen olemassa olevasta liimapuusta alkuperäisillä tehdastuotannon rakennetta rikkovilla menetelmillä ei lähtökohtaisesti ole kohdekohtaisesti käytössä olevien resurssien kannalta ensisijainen tapa selvittää tarvittavat ominaisuudet. Esimerkiksi lamellien ja lamellien sormijatkosten vaatimustenmukaisuus osoitetaan EN 14080

mukaan taivuttamalla tai vetämällä EN 408 mukaisesti koekappaleita, joiden koko riippuu lamellin poikkileikkauksesta ja joissa sormijatkos on keskellä koekappaletta ja laskemalla ominaisarvot EN 14358 mukaisesti. Em. periaatteiden mukainen koekappalemäärä ja –koko on sellainen, että merkittävä osa rakennelosasta työstetään sahaamalla ja höyläämällä pienemmiksi koekappaleiksi. Tämän vuoksi yksi tarkoituksenmukainen tapa on selvittää uudelleenkäytettävän liimapuun lujuusluokka määrittämällä taivutuskestävyys ja -jäykkyys liimapuutuotteen poikkileikkauksen kokoiselle koekappaleelle taivutuskestävyyden ja -jäykkyys EN 408 mukaan ja laskea koetuloksista EN 14358 mukaiset ominaisarvot taivutuslujuudelle ja kimmomoduulille. Poikkileikkauksen kokoinen koekappale voidaan rakenneasiantuntijan määrittelemällä tavalla kuormittaa tiettyyn jännitykseen (ei murtoon), ja voiman ja taipuman riippuvuuden kautta määrittää käytettävät lujuusominaisuudet. Kirjallisuustutkimuksen perusteella vanhojen rakenteellisten puutuotteiden lujuusominaisuuksia on tutkittu (Cavalli ym., 2016a), mutta tuloksia on haastavaa hyödyntää suoraan suomalaiselle liimapuulle tai tehdä yleisempiä johtopäätöksiä mm. seuraavien seikkojen vuoksi. Tulokset ovat monista eri puulajeista ja pääosin Euroopan ulkopuolelta, puun lujuusominaisuuksien luonnollinen vaihtelu vaikeuttaa ikääntymisen erillisen arvioinnin, osa tutkimuksista on tehty hyvin vanhalle puulle ja osa kohtalaisen uudelle, tutkittujen rakenteellisten puutuotteiden kuormitushistoria erilainen eri tutkimuksissa ja niin edelleen. Tutkimuksen mukaan osassa vanhoja tutkittuja puutuotteita taivutusjäykkyysominaisuudet olivat vastaavia tai parempia kuin uuden vastaavan puutuotteen, mutta joissakin tutkimuksissa ominaisuus oli heikentynyt. Saman tutkimuksen mukaan taivutuslujuusominaisuudet noin puolessa tutkimuksia olivat heikentyneet. Uudelleenkäytön alkuvaiheessa onkin tarvetta yleisemmin saada tietoa testaamalla, kuinka vanhojen liimapuiden nykyiset lujuusominaisuudet vertautuvat alkuperäisiin lujuusominaisuuksiin. Liimapuun osalta kohtalaisen hyvin on saatavissa tietoa, mitä vanhoilta liimapuilta on alun perin lujuusominaisuuksilta edellytetty.

Tässä hankkeessa esitettyjen selvityisperiaatteiden mukaista tapaa selvittää liimapuun uudelleenkäyttömahdollisuutta on tehty kokeellisessa tutkimuksessa Ranskassa (Yahmi ym., 2023) Tutkimuksessa oli esitetty vuokaaviot halkeamien, hyönteistuhojen ja lahon (värimuunnoksien) osalta sekä tehty kokeellinen tutkimus arviolta vuodelta 1984 oleville homogeenisille liimapuupalkeille, joiden poikkileikkaus oli suurimmillaan 34 lamellin (2 cm x 10 cm) kokoinen. Kokeellisessa tutkimuksessa oli selvitetty liimatyyppiä (FTIR), liimasauman leikkauslujuutta (n= 32, EN 302 mukaan) sekä puulamellien lujuusteknisiä ominaisuuksia (n= 45+15, taivutusominaisuudet EN 408, tulosten

arviointi EN 14358 ja luokittelu EN 14080). Kokeellisen tutkimuksen tuloksena oli:

- Fouriermuunnos-infrapunaspektroskopiaan (FTIR) perustuvalla koostumusanalyysillä oli saatu selville käytetty liimatyypin (melamiini-urea-formaldehydi, MUF).
- Liimasauman leikkauslujuustestissä puustamurto-% oli vähemmän kuin EN 14080 mukainen hyväksymiskriteeri kyseessä oleville tuloksille (72 %).
- Lamellin tai kahden lamellin kokoisten taivutuskoekappaleiden tulosten perusteella liimapuu olisi luokiteltu taivutuslujuuden perusteella selvästi korkeampaan lujuusluokkaan kuin taivutusjäykkyyden perusteella (GL20H).

Kokeellisen tutkimuksen (Yahmi ym., 2023) perusteella taivutusjäykkyyden mukaisesti luokiteltu liimapuu saisi selvästi heikomman luokan kuin taivutuslujuuden perusteella luokiteltu. Tutkimuksen tekijät ehdottavatkin, että taivutustestien painottaminen taivutusjäykkyyden selvittämiseen saattaisi riittää. Kokeellisen tutkimuksen tuloksia arvioitaessa tulee kuitenkin ottaa huomioon se, että ainakin osassa tutkittuja palkkeja oli havaittavissa kosteuden tunkeutumista. Kuitenkin kokeellisen tutkimuksen johtopäätökset taivutusjäykkyyden selvittämisen osalta tukevat sitä, että uudelleenikäytettävän liimapuun arviointia voitaisiin tehdä tiettyyn rakennetta rikkomattomaan jännitystasoon asti (ei murtoon), vaikka etenkin uudelleenikäytön alkuvaiheessa julkisen vertailudatan puuttuessa on myös vertailukelpoisten taivutusominaisuuksien keräämiselle suuri tarve.

9

Vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet

Tämän hankkeen alussa hyödynnettiin laaja-alaisesti ja ensisijaisesti PURATER-hankkeen tuloksia (Zhu ym., 2022). PURATER-hankkeessa selvitettiin ja koottiin laajasti tietoa muun muassa betonielementtien, liimapuun ja tiilien raaka-aineiden, valmistusprosessien ja pintamateriaalien sekä muiden rakennusosiin liittyvien materiaalien haitallisten aineiden esiintymisestä ja mahdollisesta vaikutuksesta sisäympäristöissä ja sitä kautta ihmisen terveyteen (Zhu ym., 2022). PURATER-hankkeen lisäksi tässä hankkeessa hyödynnettiin taustatietona Ympäristöministeriön julkaisuja ja haitalliset aineet rakennuksissa RT-ohjekorttien tietoja mm. haitallisten aineiden esiintymisestä eri rakennusmateriaaleissa ja näiden tutkimusmenetelmistä (Lehtonen, 2019; Pitkäranta (toim.), 2016; RT 103500, 2022; RT 103501, 2022; Wahlström ym., 2019a; Ympäristöministeriö, 2023; Ympäristöministeriö, 2024). Kansallisten vakiintuneiden toimintatapojen mahdollisen soveltamisen lisäksi tarkasteltiin kirjallisuushaussa kansallisesti ja Euroopassa laajemmin tehtyjä selvityksiä rakennustuotteiden uudelleenkäytettävyyteen liittyen haitta-aineisiin ja näistä mahdollisesti vedettävistä johtopäätöksistä (muun muassa FCRBE-projekti; NonHazCity 3-projekti; Helsingin kiertotalous klusteriohjelman hankkeet; Huuhka ym., 2018; Kauppi ym., 2019; Oberender ym., 2024; ReCreate-hanke; Wahlström ym., 2019b (PARADE-projekti)).

Hankkeen alusta alkaen oli selvää, ettei haitallisia aineita sisältäviä rakennustuotteita tule uudelleenkäyttää sisäympäristöissä, mikäli niistä voisi aiheuta terveyshaittaa tilojen käyttäjille. Edellä viitatussa PURATER-hankkeessa päädyttiin betoni-, tiili- ja liimapuurakennusosien raaka-aineiden ja valmistusprosessien osalta tiivistetysti siihen, että olemassa olevan tiedon perusteella kyseiset materiaalit eivät sellaisenaan sisällä erityisen ongelmallisia aineita sisäympäristöjen terveellisyyden tai turvallisuuden näkökulmasta (Zhu ym., 2022). Kysymys näiden

rakennustuotteiden uudelleenkäyttökelpoisuudesta liittyykin lähinnä liitännäisiin materiaaleihin ja niiden sisältämiin haitta-aineisiin sekä ulkoisista tekijöistä peräisin oleviin kontaminaatioihin (FCRBE-projekti; Huuhka ym., 2018; Zhu ym., 2022).

Haitallisten aineiden osalta jäte-, kemikaali- ja tuotesääntelyn rajapinnat asettavat oman haasteensa rakennustuotteiden uudelleenkäytölle (Kauppi ym., 2019; Zhu ym., 2022; Wahlström ym., 2019b). Lukijaa helpottamaan alla on listattu muutamat huomiot ja muistutukset lähtöoletuksista, joita on käytetty tässä kappaleessa:

- Uudelleenkäyttö kohdistuu rakennustuotteisiin, jotka menevät sisätiloista sisätiloihin ja samaan käyttötarkoitukseen (Katso luku 1 ja 2).
- Tässä hankkeessa fokus on rakennuspaikkakohtaisessa varmentamisessa ja rakennusosan kelpoisuuden ja soveltuvuuden osoittamisessa (Katso luku 1–3).
- Uudelleenkäytettävä rakennustuote ei saa jätestatusta vaan pysyy tuotteena (Katso luku 3).
- Uudelleenkäytettävälle rakennustuotteelle tehtävät puhdistus- ja käsittelytoimenpiteet eivät ole tämän hankkeen tiimoilta tulkittavissa uudelleenkäytön valmisteluksi, koska hankkeessa tarkastellaan tilannetta, jossa tuotteille on määriteltä uudelleenkäyttö (Katso luku 1–3).
- Uudelleenkäytettävän rakennustuotteen on täytettävä lainsäädännön asettamat perusvaatimukset (Katso luku 3).
 - rakennustuotteista ei saa aiheutua sellaisia päästöjä sisäilmaan tai ympäristöön, joita ei voida pitää hyväksyttävinä (tulkinnanvaraisuus).
- Mikäli uudelleenkäytettävä rakennustuote saatetaan markkinoille, koskevat sitä REACH- ja POP-asetusten velvoitteet (Katso luku 5).
 - REACH-asetuksen osalta on huomioitava SVHC-aineisiin liittyvät tiedonantovelvoitteet ja liitteen XVII rajoitukset ja kiellot.
 - POP-asetuksen osalta on huomioitava, että rakennustuotetta voidaan uudelleenkäyttää POP-yhdisteen pitoisuudesta riippumatta, mikäli rakennustuote on ollut käytössä ennen kuin yhdistekohtainen rajoitus on tullut voimaan.

9.1 Haitallisten aineiden lähtöselvitys purkukohteessa

Kemiallisten altisteiden osalta on tärkeää tietää millaisesta rakennuskohteesta ja käyttöympäristöstä uudelleenkäytettävät rakennustuotteet ovat. Tähän liittyy

olennaisesti purkukartoitus, johon kuuluu sekä haitta-ainetutkimukset että purkumateriaaliselvitys, joita on käsitelty Ympäristöministeriön julkaisemissa opassarjoissa (Lehtonen, 2019; Wahlström ym., 2019a). Purkukartoituksessa selvitetään muun muassa rakennusosissa/-materiaaleissa esiintyvät haitalliset aineet ja niiden pitoisuudet, haitallisia aineita sisältävien materiaalien sijainnit ja määrät rakennuskohteessa sekä annetaan ohjeita ja suosituksia haitallisten aineiden poistomenetelmistä. Purkukartoituksessa pyritään tunnistamaan uudelleenkäyttöön soveltuvat rakennusosat, ja arvioimaan purkujätteen syntymäärää ja laatua. Purkumateriaalien osalta voidaan tehdä esimerkiksi esiselvityksiä ja arvioita syntyvän purkujätteen mahdollisesta hyötykäyttö- ja kaatopaikkakelpoisuudesta.

Haitalliset aineet rakennuksissa RT-ohjekorteissa on esitetty muun muassa haitallisia aineita sisältävien materiaalien tunnistamiseen, tutkimiseen, näytteenottoon ja analyysiin liittyvää ohjeistusta (RT 103500, 2022; RT 103501, 2022). Haitta-aineella tarkoitetaan: ”rakennusmateriaalissa olevaa kemiallista yhdistettä tai kuitumaista silikaattimineraalia, jolle altistuminen voi aiheuttaa terveyshaittaa ja/tai se voi olla ympäristölle haitallinen” (RT 103500, 2022; RT 103501, 2022). Purkukohteessa suoritettavan haitta-ainetutkimuksen tarkoituksena on selvittää rakennusosissa esiintyvät haitalliset aineet ja niiden määrät sekä esittää suosituksia purkutöiden työturvallisuuteen ja jätteenkäsittelyyn liittyen. Haitta-ainetutkimus pitää sisällään myös lakisääteisen asbestikartoituksen (684/2015; 798/2015). Poistettavien materiaalien ammattimainen osastoitu haitta-ainepurku sekä purkualueen puhtauden toteaminen asianmukaisilla mittauksilla on tärkeää, jotta uudelleenkäyttöön suunnitellut rakennustuotteet eivät saastu ja kontaminoidu haitta-ainepurkutyön aikana (Oberender ym., 2024; Lehtonen, 2019).

Purkukartoitus ja sen osana suoritettavat haitta-ainetutkimukset tarjoavat nykymuodossaan hyvän lähtökohdan uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoisuuden ja soveltuvuuden arviointiin, sillä tutkimuksien tuloksia voidaan hyödyntää osana arviointiprosessia. Purkukohteen havainnot ja kenttätutkimukset ovat ensiarvoisen tärkeitä, kun arvioidaan rakennusosan soveltuvuutta uudelleenkäyttöön kemiallisten altisteiden osalta (FCRBE-projekti; Oberender ym., 2024). Purkukohteessa tarkoituksenmukaisesti pistokokein kohdennetut haitallisten aineiden tutkimukset tarjoavat tarvittavaa pohjatietoa rakennusosien uudelleenkäyttöpotentiaalista. Esimerkiksi teknisten/tuotannollisten tilojen rakennusosissa voi esiintyä haitallisia aineita kemikaalivuotojen/-vahinkojen seurauksena, joiden todentaminen purkukohteessa on helpompaa ja suoraviivaisempaa kuin jälkikäteen jo puretuista osista, joista olisi mahdollisesti jo selvästi visuaalisesti kontaminoitunut pinnoitemateriaali poistettu.

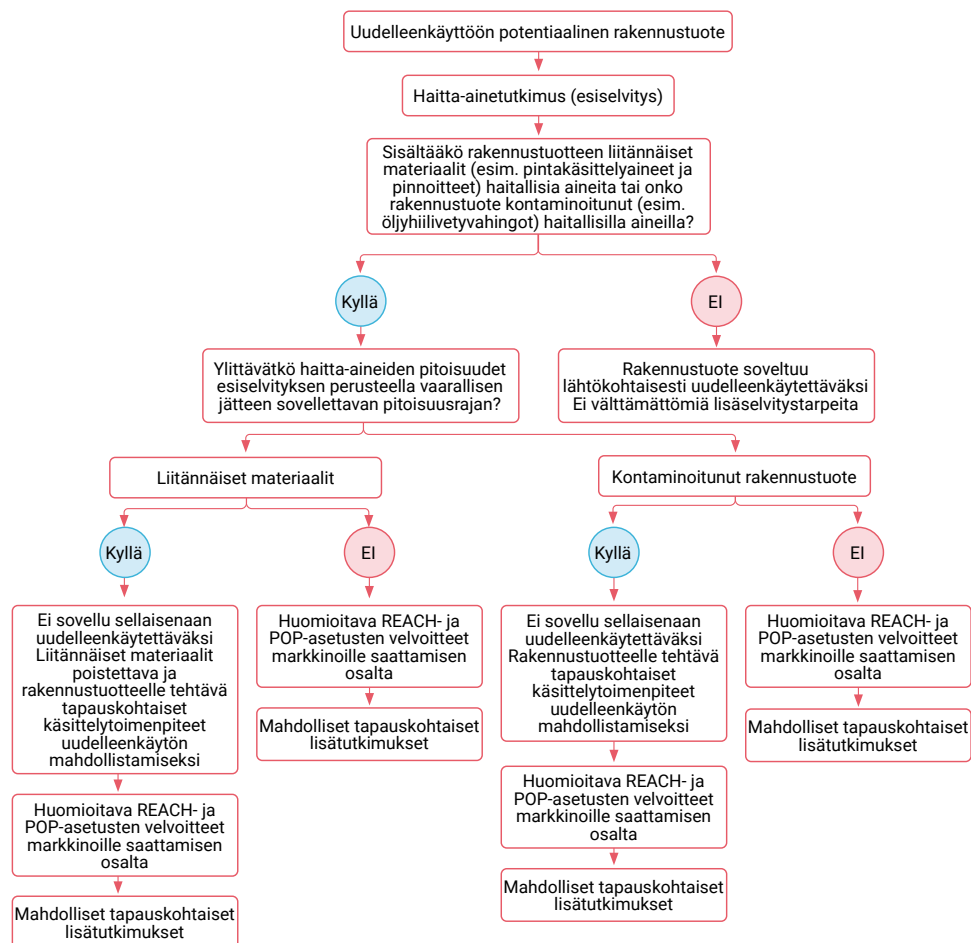
Purkukartoitus on myös olennainen uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden markkinoille saattamisen näkökulmasta, sillä kuten aiemmin mainittiin, mikäli rakennustuote saatetaan markkinoille, on sen täytettävä REACH- ja POP-asetusten velvoitteet. Esimerkiksi, mikäli uudelleenkäyttöön soveltuva ontelolaatta olisi pinnoitettu PVC-muovimatolla, joka sisältää tiettyjä ftalaatteja (esim. bis(2-etyyliheksyyli)ftalaatti (DEHP)) yli 0,1 painoprosenttia, ei ontelolaattaa voida saattaa markkinoille vaan muovimatto on poistettava (REACH-asetus liite XVII). Käytännössä purettavuuden ja jatkotyöstettävyyden mahdollistamiseksi muovimatto poistettaisiin joka tapauksessa, joten edellä mainittu tilanne lienee lähinnä teoreettinen. PVC-muovimatto olisi todennäköisesti myös tulkittavissa vaaralliseksi jätteeksi, sillä mikäli tietyt ftalaatit ylittävät 0,1 painoprosentin rajan, ne luultavasti ylittävät myös vaarallisen jätteen sovellettavan pitoisuusrajan (esimerkiksi DEHP:lle sovellettava vaarallisen jätteen pitoisuusraja on 0,3 painoprosenttia, ja mikäli DEHP:iä on pehmittimenä käytetty, olisi sen pitoisuus luultavasti kertaluokkaa suurempi (Kauppi ym., 2019; Wahlström ym., 2019b). Tämä kävisi ilmi haitta-ainetutkimuksen tuloksista ja toimenpidesuosituksista. Toisaalta haitta-ainetutkimus ei nykymuodossaan laskennallisesti vastaa esim. REACH-asetuksen SVHC-aineisiin liittyviä painoprosenttilaskuja, sillä näihin vaadittaisiin kattavampia lähtötietoja/-selvityksiä (katso kappale 3.3).

Rakennuspaikkakohtaisen varmentamisen näkökulmasta olisi suoraviivaisinta, että rakennusosat tutkitaan jo purkukohteessa mahdollisimman kattavasti tai vähintään tunnistetaan mahdolliset lisätutkimustarpeet. Purkukohteessa tarkoituksenmukaisesti potentiaalisiin uudelleenkäytettäviin rakennustuotteisiin kohdennetut haitta-aineiden koostumus- ja pitoisuusanalyysit tai emissiotutkimukset ovat kustannustehokkuuden näkökulmasta järkevämpiä kuin jälkikäteen jo puretuista rakennustuotteista tehtävät analyysit. Uudelleenkäytettäville rakennustuotteille ei ole olemassa haitta-aineiden osalta kaiken kattavaa analyysipakettia, jonka perusteella rakennustuotteiden turvallisuus/terveellisyys voitaisiin osoittaa ja/tai sellaisen teettäminen ei olisi kustannustehokasta.

Haitallisten aineiden pitoisuuksille uudelleenkäytettävissä rakennustuotteissa ei ole toistaiseksi esitetty yleispäteviä raja- ja viitearvoja vaan useimmissa uudelleenkäyttöön keskittyvissä julkaisuissa annetaan numeeristen arvojen sijaan enemmän sanallisia kategoriasuosituksia (Huuhka ym., 2018; Räsänen ym., 2024c; Smeyers ym., 2022). Tyypillisesti haitallisten aineiden kohdalla todetaan yksiselitteisesti, etteivät uudelleenkäyttöön suunnitellut rakennusmateriaalit saa sisältää haitallisia aineita ja näitä sisältävät materiaalit tulee poistaa, kun taas rajatapauksen kohdalla viitataan erilliseen asiantuntija-arvioon. Esimerkiksi FCRBE-projektissa purkukartoituksen yhteydessä nimenomaisesti uudelleenkäyttökelpoiset rakennusosat on suositeltu merkittävän neliportaisella värikoodauksella (FCRBE-projekti):

- Vihreä: elementti on testattu eikä se sisällä vaarallisia aineita.
- Punainen: elementti on testattu ja se sisältää vaarallisia aineita, mutta se voidaan lopulta käyttää uudelleenkäsittelyn jälkeen.
- Harmaa: elementtiä ei ole testattu, mutta tarkastaja halusi korostaa mahdollista vaaraa.
- Valkoinen: elementtiä ei ole testattu ja tarkastaja ei halua korostaa mahdollista vaaraa.

Käytännön tasolla, uudelleenkäyttöselvitys kemiallisten altisteiden osalta voi edetä suuntaa antavasti Kaavion 2 esittämän esimerkkikaavion omaisesti. Tämän kaavion osa-alueisiin ja kommentteihin tullaan keskittymään myös tulevilla kappaleilla tarkemmin. Esitetty esimerkkikaavio ei ole kaiken kattava, sillä kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen tarvittavat toimenpiteet ovat joka tapauksessa jossain määrin tapauskohtaisia. Asbestia sisältävät rakennusmateriaalit on poistettava eikä asbestia sisältäviä rakennustuotteita tule uudelleenkäyttää (VNa 798/2015).



Kaavio 2. Esimerkinomainen kaavio uudelleenkäytettävän rakennustuotteen (betonielementti-, liimapuu- ja tiilituotteille) kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvityksestä kemiallisten altisteiden osalta sisäympäristöissä.

9.2 Purkujätteisiin liittyvät raja-arvot

Alla olevissa kohdissa on esitetty lyhyesti yhteenvetona muutamia erilaisia luokitteluja ja pitoisuusraja-arvoja liittyen purkujätteisiin.

Vaaralliset aineet, vaarallinen jäte luokittelu ja vaarallisen jätteen sovellettavat pitoisuusrajat:

- Vaaralliset aineet ja seokset määritellään aineiksi tai seoksiksi, jotka täyttävät fyysisiin vaaratekijöihin, terveysvaaratekijöihin tai ympäristövaaratekijöihin liittyvät luokituskriteerit, jotka on asetettu aineiden ja seosten luokitusta, merkintöjä ja pakkaamista koskevassa CLP-asetuksessa ((EY) N:o 1272/2008) (Oberender ym., 2024).
- Purkujätteen luokittelua vaaralliseksi tai vaarattomaksi jätteeksi on käsitelty Ympäristöministeriön julkaisemassa oppaassa (Ympäristöministeriö, 2019). Purkujäte voi olla vaarallista jätettä, mikäli esim. jäteluokittelussa se on aina määritetty vaaralliseksi jätteeksi (esim. 17 03 03* kivihiiliterva ja -tervatuotteet) tai jätteellä on ominaisuuksia (ns. rinnakkaisnimikkeisiin kuuluvat jätteet), jotka tekevät jätteistä vaarallisia ja/tai vaarallisiksi luokiteltujen aineiden pitoisuudet ylittävät vaaraominaisuuksien mukaan sovellettavan pitoisuusrajan. Pitoisuusrajoja käytetään jätedirektiivin liitteessä III mainittujen vaaraominaisuuksien HP 4–HP 8, HP 11, HP 13 ja HP 14 arviointiin. Näille jätedirektiivin vaaraominaisuuksille (HP-luokat) on EU:n CLP-asetuksessa esitetty pääsääntöisesti vastaavat CLP-ominaisuudet, vaaraluokka- ja vaarakategoriakoodit sekä vaaralausekekoodit. Esimerkiksi vaaraominaisuuteen 'HP 7 Syöpää aiheuttava' kuuluu CLP-asetuksen mukaisesti vaaraluokka- ja kategoriakoodit Carc. 1A, Carc. 1B ja Carc. 2, joista Carc. 1A tai Carc. 1B kategorioihin kuuluville aineille vaarallisen jätteen sovellettava pitoisuusraja on 0,1 % ja Carc. 2 kategoriaan kuuluville aineille 1,0 %. Sovellettavat pitoisuusrajat ovat jätteen tuorepainon mukaan esitettyjä. Analyysit tehdään varsinaisesta purkujätteestä, ei purkukohteen rakennusosasta suoraan. Haitta-ainetutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää tältä osin vain esim. alustavaan arvioon syntyvän purkujätteen mahdollisesta luokituksesta.

Kaatopaikkakelpoisuuden pitoisuusrajat:

- Kaatopaikkakelpoisuuden arviointi pohjautuu Valtioneuvoston asetukseen kaatopaikoista (VNa 331/2013). Kun purkujäte on luokiteltu vaaralliseksi tai vaarattomaksi jätteeksi, voidaan arvioida minkä kaatopaikkaluokan kaatopaikalle purkujäte voidaan sijoittaa. Kaatopaikkaluokkia on kolme: vaarallisen jätteen, vaarattoman jätteen ja pysyvän jätteen kaatopaikka. Kaatopaikkaluokka-

kelpoisuus arvioidaan asetuksessa esitettyjen kelpoisuusvaatimusten perusteella (mm. liukoisuusraja-arvot ja yhdisteluokkakohtaiset raja-arvot). Kaatopaikkakelpoisuuden analyysit suoritetaan kohdennetusti purkujätteestä, ei purkukohteen rakennusosasta. Haitta-ainetutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää tältä osin vain esim. alustavaan arvioon syntyvän purkujätteen mahdollisesta kaatopaikkakelpoisuusluokasta.

Hyötykäyttöön sovellettavat pitoisuusrajat:

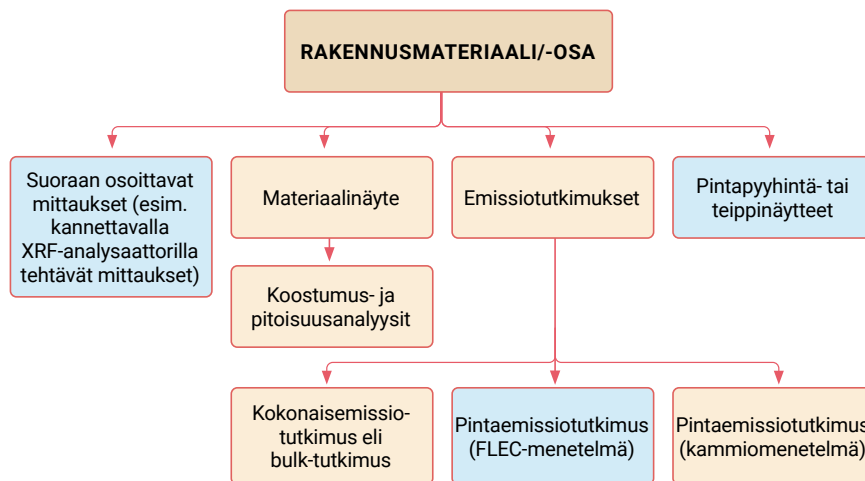
- Hyötykäyttötarkastelut liittyvät nykyisellään lähinnä betoni- ja tiilijätteen (murskeen) hyötykäyttökelpoisuuden arviointiin maanrakentamisessa. Niin sanotussa MARA-asetuksessa (VNa 843/2017) on esitetty vaatimuksia (mm. liukoisuusominaisuudet ja yhdisteluokkakohtaiset raja-arvot) murskeelle, joiden täytyessä mursketta voidaan hyödyntää maanrakentamisessa MARA-asetuksessa säädetyissä käyttökohteissa.
- Betonimurskeen luokittelusta jätteeksi päättymisen suhteen on säädetty ns. EEJ-asetuksessa (ei-enää-jätettä) (VNa 466/2022). EEJ-betonimursketta voidaan käyttää asetuksen mukaisesti esimerkiksi raaka-aineena valmisbetonin ja betonituotteiden valmistuksessa. EEJ-asetuksen mukaisesti betonimurskeen on täytettävä asetuksessa säädetyt kelpoisuusvaatimukset (mm. liukoisuusraja-arvot ja yhdisteluokkakohtaiset raja-arvot).
- Laboratorioanalyysit suoritetaan betonimurskeen kokoomanäytteestä, joka on muodostettu osanäytteinä betonimurskevirrasta, ei purkukohteen rakennusosasta. Haitta-ainetutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää tältä osin vain alustavaan arvioon syntyvän purkujätteen hyötykäyttökelpoisuudesta.

Hankkeen aikana nostettiin esiin aihepiirinä kysymys purkujätteisiin liittyvien pitoisuusraja-arvojen soveltamisesta rakennusosien kelpoisuuden ja soveltuvuuden osoittamiseen. Purkujätteisiin liittyvien raja-arvojen soveltaminen suoraan rakennusosasta mitattaviin tutkimustuloksiin ei kuitenkaan olisi verrannollista eivätkä pitoisuusraja-arvot ole suoranaisesti verrattavissa sisäympäristöjen terveellisyyteen tai turvallisuuteen. Yleisesti ottaen purkujätteisiin liitännäisten raja-arvojen voidaan tulkita painottavan jossain määrin enemmän ympäristöhaittoja kuin terveyshaittoja eikä näiden vertaaminen rakennustuotteiden uudelleenkäyttökelpoisuuteen sisäympäristöissä ole sinänsä perusteltu vaihtoehto. Aineiden raja-arvot voivat liittyä esim. mahdolliseen maaperä- tai pohjavesisaastumiseen ja kertymiseen ravintoketjussa, jotka eivät ole periaatetasolla olennaisia uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kohdalla, jotka tulevat sisätiloista-sisätiloihin eikä ympäristöhaittaa näiden suhteen siten ole käytönaikana odotettavissa.

9.3 Haitallisten aineiden ja kemiallisten epäpuhtauksien määrittymenetelmät

Haitta-ainetutkimuksen RT-ohjekorteissa (RT 103500, 2022; RT 103501, 2022) ja soveltuvin osin Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -oppaassa (Pitkäranta (toim.), 2016) on esitetty kansallisen tason ohjeita ja suosituksia haitallisten aineiden ja kemiallisten epäpuhtauksien tutkimusmenetelmistä rakennusmateriaalinäytteistä. Tässä raportissa ei käydä tutkimusmenetelmiä yksityiskohtaisesti läpi vaan lukijaa suositellaan perehtymään lisätiedon merkeissä edellä mainittuihin julkaisuihin.

Yleisesti ottaen rakennusmateriaalien tutkimusmenetelmät voidaan jaotella muutamaaan kategoriaan Kaavion 3 esimerkinomaisesti. Näiden menetelmien perusteella voitaisiin mahdollisesti arvioida myös rakennusosien soveltuvuutta uudelleenkäyttöön, kun tutkimukset ovat tapauskohtaisesti ja tarkoituksenmukaisesti kohdennettuja. Kaavion 3 menetelmien lisäksi uudelleenkäyttökartoituksen yhteydessä otetaan huomioon myös aistinvarainen arviointi, jonka perusteella asiantuntija pystyy esimerkiksi huonetilan/materiaalin hajun perusteella päättämään mahdollisia ongelmakohtia, tarvittavia testauksia ja/tai poissulkemaan rakennusosan uudelleenkäytettävyyden vedoten mahdollisiin selviin viihtyvyshaittoihin.



Kaavio 3. Rakennusmateriaalien kemiallisten altisteiden yleiset tutkimusmenetelmät. Kuvassa harmaalla korostetut laatikot edustavat tutkimusmenetelmiä, jotka eivät lähtökohtaisesti vaadi rakennusosaa/-materiaalia rikkovaa näytteenottoa.

Haitta-ainetutkimukset vaativat tyypillisesti erillisen rakennusosasta/-materiaalista otetun materiaalinäytteen (esim. poraamalla, sahaamalla tai viiltämällä),

joten näytteenotto on luonteeltaan rakennusosaa (pienimuotoisesti) rikkova (RT 103501, 2022; Wahlström ym., 2019b). Materiaalinäytteet toimitetaan laboratorioon koostumus- ja pitoisuusanalyysiin tai emissiotutkimuksiin. Koostumus- ja pitoisuusanalyysin tulosten perusteella voidaan päätellä mitä ja missä pitoisuuksissa haitallisia aineita esiintyy materiaalinäytteessä. Tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi arvioimaan alustavasti, että ylittävätkö pitoisuudet vaarallisen jätteen sovellettavan pitoisuusrajan, mahdolliset hyötykäyttö- tai kaatopaikkakelpoisuusraja-arvotarkastelut ja/tai millaisia työturvallisuutteen liittyviä toimenpiteitä purkutyöt vaativat. Vastaavasti emissiotutkimuksia suoritetaan tyypillisesti tilanteissa, joissa pyritään paikallistamaan ja arvioimaan mahdollisia sisäilmanlaatuun heikentävästi vaikuttavia materiaali-päästölähteitä (nykyisellään emissiotutkimukset painottuvat korjausrakentamiseen liittyviin toimiin) (Leino ym., 2020; Pitkäranta (toim.), 2016; RT 103501, 2022).

Tutkimuksia voidaan tehdä myös materiaalia rikkomattomilla menetelmillä, kuten esimerkiksi kannettavalla XRF-analysaattorilla, pintapyyhintänäytteillä (esimerkiksi arvioitaessa purkutöiden osastoinnin toimivuutta viereisten tilojen kontaminoitumisen suhteen) tai pintaemissiomittauksilla FLEC-menetelmällä (esimerkiksi haihtuvien yhdisteiden päästöt sisäilmanlaatuun vaikuttavasta materiaalista) (Kauppi ym., 2019; Oberender ym., 2024; Pitkäranta (toim.), 2016; RT 103501, 2022; Ympäristöministeriö, 2023; Wahlström ym., 2019b).

9.4 Tutkimusmenetelmiin liittyvät pitoisuusraja- tai viitearvot sekä soveltuvuus uudelleenkäyttökelpoisuuden arviointiin

Kuten aiemmin todettiin, rakennustuotteiden sisäilmapäästöjen hyväksyttävyydelle ei ole lainsäädännössä määritelty velvoittavia mitattavia parametreja tai raja-arvoja. Tämän hankkeen aikana pohdittiin, miten olemassa olevat tutkimusmenetelmät ja niihin liittyvät kemiallisten altisteiden viite- tai raja-arvot voisivat soveltua uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoisuuden arviointiin sisäilmapäästöjen näkökulmasta. Tausta-ajatuksena oli tarkastella muun muassa, että mitkä tutkimusmenetelmät voisivat soveltua mahdollisiin rutiininomaisiin ja otantaluoteisiin testauksiin (esimerkiksi tietyt laboratorioanalyysit per X kpl ontelolaattoja tai X % rakennusosista testataan) (Huuhka ym., 2018). Mittausten rutiininomaisesta ja otantaluonteisesta tulokulmasta aiheeseen kuitenkin luovuttiin

työn edetessä, sillä näiden tutkimusten nähtiin olevan pikemminkin tarpeellisia vain tapauskohtaisesti ja tarkoituksenmukaisesti kohdentaen. Alla olevissa kappaleissa on esitetty muutamia huomioita aiheesta tutkimusmenetelmien periaatteiden ja sisäilmapäästöjen näkökulmasta.

Materiaalien koostumus- ja pitoisuusanalyysien tulosten perusteella ei pääsääntöisesti voida tehdä kvantitatiivisia johtopäätöksiä yhdisteiden haihtumisesta sisäilmaan tai niiden pitoisuuksista sisäilmassa. Tyypillisemmin koostumus- ja pitoisuusanalyysin tulokset soveltuvat sellaisenaan lähinnä purkutöiden työturvallisuuden ja jätteenluokittelun/-käsittelyn arviointiin, mutta eivät sisäilmapäästöjen arviointiin. Koostumus- ja pitoisuusanalyysin tuloksille ei myöskään ole nykyisellään olemassa terveysperusteisesti johdettuja raja- tai viitearvoja. Tutkimustuloksia ei voida näin ollen verrata yleispäteviin pitoisuusrajoihin, jotka kuvastaisivat, että onko rakennusmateriaali turvallinen/terveellinen käytettäväksi sisäympäristöissä.

Haitta-ainetutkimuksia tarjoavilla yrityksillä voi olla sisäistä tutkimus- tai kokemusperäistä tietoa haitallisten aineiden koostumus- ja pitoisuusanalyysien tulosten ja sisäilmapitoisuuksien verrannollisesta suhteesta, mutta julkista tietoa on saatavilla rajoitetusti. Eri yritysten haitta-ainetutkimusten raporteissa voi olla esimerkiksi mainittu, että millaiset pitoisuudet materiaalissa saattavat aiheuttaa viihtyvyyshaittaa sisäilmassa haihtuvien yhdisteiden osalta. (Katso luku 9.8)

Emissiotutkimusten perusteella voidaan saada semikvantitatiivista tai kvantitatiivista tietoa rakennusmateriaalien haihtuvien yhdisteiden päästöistä sisäilmaan (Leino ym., 2020). Esimerkiksi kokonaisemissiotutkimuksessa eli bulk-tutkimuksessa saadaan arvio rakennusmateriaalin sisältämien haihtuvien yhdisteiden kokonaisemissiotentialista (Leino ym., 2020; Pitkäranta (toim.), 2016). Bulk-tutkimus on semikvantitatiivinen menetelmä, joten tutkimustulokset ja mahdolliset viitearvot ovat laboratorikohtaisia. Bulk-tutkimusten viitearvot eivät ole terveysperusteisia vaan kuvastavat enemmän tavanomaisia/poikkeavia pitoisuuksia materiaalikohtaisesti (Leino ym., 2020; Pitkäranta (toim.), 2016). Bulk-tutkimuksen tulosten perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä yhdisteiden pintaemissionopeuksista tai sisäilmapitoisuuksista (Leino ym., 2020).

Pintaemissiotutkimukset FLEC- tai emissiokammion menetelmillä sen sijaan ovat kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä, joiden perusteella saadaan selville tutkittavien haihtuvien yhdisteiden pintaemissionopeus materiaalista (Järnström, 2007; Leino ym., 2020; Pitkäranta (toim.), 2016). FLEC-menetelmä on erityisesti kenttäolosuhteissa ja rakennuksessa paikan päällä hyödynnettävä tutkimusmenetelmä, kun taas emissiokammion menetelmä on laboratorio-olosuhteissa suoritettava tutkimusmenetelmä. FLEC-menetelmällä suoritettavat tutkimukset

voidaan tehdä vakio-olosuhteissa standardin ISO 16000-10 mukaisesti tai vallitsevissa kenttäolosuhteissa standardin NT build 484 mukaisesti (Järnström, 2007; Leino ym., 2020; Pitkäranta (toim.), 2016). Näille on esitetty viitearvoja, jotka edustuvat bulk-tutkimuksen tulosten tapaan lähinnä tavanomaisia/poikkeavia pitoisuusarvoja rakennusmateriaaleissa (Järnström, 2007; Leino ym., 2020; Pitkäranta (toim.), 2016). FLEC-menetelmän tulosten perusteella ei voida tehdä varsinaisia arvioita haihtuvien yhdisteiden sisäilmapitoisuuksista (Leino ym., 2020; Wallenius ym., 2021).

Vastaavasti emissiokammion menetelmällä vakio-olosuhteissa tehdyt mittaukset, jotka perustuvat esimerkiksi standardeihin ISO 16000-9, EN 16516 ja/tai EN 717-1, ovat yleisin uusien rakennustuotteiden päästöjen mittaamiseen hyödynnetty tutkimusmenetelmä (Leino ym., 2020). Esimerkiksi kansallinen M-päästöluokituksen mukainen uusien rakennusmateriaalien emissiotestaus perustuu tällaiseen menetelmään samoin kuin REACH-asetuksen liitteen XVII formaldehydin päästöjen testaamiseen liittyvä menetelmä. Standardia EN 16516 on tarkoitus hyödyntää tulevaisuudessa uusien rakennustuotteiden CE-merkintöihin liittyviin emissiotestauksiin (Oppl 2014; Reihlen ja Jepsen, 2021). Käytettyjen tuotteiden kohdalla tehtävät emissiokammion menetelmän mukaiset tutkimukset ovat kuitenkin harvinaisia, sillä tyypillisesti tutkimukset vaativat huomattavasti enemmän materiaalinäytettä ja ovat verrattain kalliimpia kuin vaihtoehtoiset bulk- tai FLEC-tutkimukset (Leino ym., 2020). Esimerkiksi bulk-tutkimukseen tarvittava näytemäärä ontelolaatan betonia voi olla vain noin kaksi ruokalusikallista, kun taas emissiokammion menetelmä-tutkimukseen vaadittu näytemäärä voi olla emissiokammion koosta riippuen noin 0,05–0,10 m². Emissiokammion menetelmällä suoritettujen standardoitujen tutkimusten etuna on, että tuloksia voidaan verrata terveysperusteisiin EU-LCI-listan raja-arvoihin (EU-komissio, 2025a) ja mittaustulokset ovat vertailukelpoisia eri laboratorioiden välillä (Leino ym., 2020; Wilke ym., 2021).

Rakennustuotteiden kemiallisten altisteiden sisäilmapäästöjen osalta, bulk- ja FLEC-menetelmät olisivat kustannustehokkuuden kannalta tarkoituksenmukaimmat vaihtoehdot yleispäteviin otantaluonteisiin mittauksiin, mutta menetelmien viitearvot ovat pääsääntöisesti laboratoriokohtaisia eivätkä sovellettavat viitearvot ole terveysperusteisesti johdettuja. Vaihtoehtoisesti pintaemissiokammion menetelmällä tehtyjä tutkimuksia voitaisiin verrata esim. M1-päästöluokan raja-arvoihin, jolloin uudelleenkäytettävien rakennusosien vähäpäästöisyys voitaisiin osoittaa ja/tai keskittyä vain EU-LCI-listan yhdisteiden tutkimiseen ja näiden terveysperusteisiin raja-arvotarkasteluihin, mutta kustannustehokkuuden näkökulmasta mittausten rutiininomainen suorittaminen vaatisi hyvät perustelut.

Vaihtoehtoisesti pintaemissiokammiomenetelmällä tehtyjä VOC-yhdisteiden ja formaldehydin emissiotutkimuksia voitaisiin verrata esim. M1-päästöluokan raja-arvoihin. Uudelleenkäyttävien rakennusosien verrannollinen M1-testaus vaatisi myös mahdollisesti resursseja tutkimus- ja kehitystyöhön ja käytännön lisäohjeistusta, jotta käytetyt testaustavat olisivat harmonisoituja ja vertailukelpoisia.

Tämän hankkeen puitteissa tarkasteltiin Työterveyslaitoksen kokonaisemissio-menetelmällä eli bulk-menetelmällä määritettyjen betoninäytteiden tuloksia VOC-yhdisteiden ja ammoniakkin osalta. Tarkastelun perusteella lasketut viitearvot julkaistaan mahdollisesti kansainvälisessä tiedeartikkelissa tai vaihtoehtoisesti ja myöhemmin Työterveyslaitoksen UURAKET-hankkeen verkkosivuilla.

Yleisesti ottaen, tämän hankkeen tarkastelun piirissä olevista tavanomaisten rakennuskohteiden sisäympäristöjen rakennusosista sellaisenaan ei nykytiedon valossa haihdu sellaisia yhdisteitä, joiden pitoisuuksien oletettaisiin olevan terveydelle haitallisia tai sisäilmanlaatua heikentäviä (Zhu ym., 2022).

- Betoni sellaisenaan on tulkittu sisäilman kemiallisen laadun näkökulmasta vähäpäästöiseksi materiaaliksi (Betoni, 2025; Betoni-lehti, 2012; Zhu ym., 2022). Esimerkiksi Betoniteollisuus ry:n teettämissä eri betonituotteiden (n=12) M1-päästöluokitukseen verrattavissa olevissa emissiotutkimuksissa ja Eurofins Expert Services Oy:ssä tehtyjen betonielementtien ja harkkojen (n=17) M1-testausten perusteella haihtuvien orgaanisten kokonaispitoisuus (TVOC), formaldehydi- ja ammoniakkipitoisuus sekä hajun hyväksyttävyyys ovat betonituotteissa pääsääntöisesti selvästi alle M1-päästöluokituksen sallimien raja-arvojen (Betoni-lehti, 2012; Hemmilä ym., 2021; VTT, 2012a; VTT, 2012b). Tuoreessa betonissa ammoniakki voi ylittää M1-päästöluokituksen raja-arvon, mutta ajan kuluessa ammoniakkin päästöt betonista todennäköisesti laskevat (Betoni-lehti). Uudelleenkäytettävien betonituotteiden kohdalla ammoniakkin emissioiden ei pitäisi muodostua ongelmakohdaksi sisäilmanlaadun näkökulmasta.
- Nykyisellään pinnoittamaton tiili rinnastetaan Sisäilmastoluokituksen 2018 mukaisesti M1-luokituskriteerit täyttäviin tuotteisiin eivätkä pinnoittamattomat tiilet siten vaadi erillisiä laboratoriomittauksia. Poltetuista tiilistä ei nykytiedon valossa haihdu yhdisteitä, joilla voitaisiin katsoa olevan merkitystä rakennustuotteiden uudelleenkäytössä sisäilmanlaadulle (Zhu ym., 2022).
- Liimapuiden kohdalla sisäilmapäästöt voivat olla betoniin tai tiiliin verraten kohtalaisen korkeita, johtuen esimerkiksi puulle ominaisista terpeniyyhdisteiden päästöistä (Wallenius ym., 2021; Zhu ym., 2022). Käsittlemättömästä haavasta, koivusta, kuusesta tai männystä valmistetut laudat ja hirret ovat kuitenkin rinnastettavissa M1-luokituskriteerit täyttäviin tuotteisiin, sillä puun

ominaispäästöt laskevat/tasoittuvat ajan kuluessa (Rakennustieto, 2025; Zhu ym., 2022). Liimapuissa käytetyt liimat voivat olla formaldehydipäästöjen lähde, mutta esimerkiksi REACH-asetuksen liitteen XVII rajoitus ei velvoita käytettyjen tuotteiden osalta formaldehydipäästöjen mittaamista (katso ECHA, 2025b). Formaldehydin päästöjen katsotaan laskevan ajan kuluessa. Liimapuupilarit ja -palkit ovat tyypillisesti standardin EN 16516 mukaisesti pienten pinta-alojen tuotteita ja ne ovat todennäköisesti rakenteellisesti eri materiaalikerrosten alla peitettyinä, jolloin mahdolliset formaldehydipäästöt eivät todennäköisesti aiheuta ongelmia sisäilmanlaadun näkökulmasta (ECHA 2025b; FCRBE-projekti).

Edellä mainittujen huomioiden pohjalta, ei uudelleenkäytettävistä betoni-, tiili- tai liimapuurakennustuotteista ole tarpeen rutiininomaisesti ja otantaluonteisesti suorittaa emissiotutkimuksia. Tapauskohtaisesti ja asiantuntija-arvion pohjalta voidaan tarkoituksenmukaisia emissiotutkimuksia suorittaa kohdennetusti esimerkiksi mahdollisten viihtyvyyshaittojen osalta (Kaavio 2). Näiden kohdalla on kuitenkin syytä huomioida, että vaikka tutkimustulokset ylittäisivät mahdolliset menetelmä-/laboratoriokohtaiset viitearvot, ei näiden perusteella voida välttämättä arvioida mahdollisia terveyshaittoja eikä rakennustuotteiden hyväksyttävyyttä sisäilmapäästöjen osalta. Mikäli uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden vähäpäästöisyys haluttaisiin nimenomaisesti selvittää, olisi tähän käyttötarkoitukseen pintaemissiokammiotutkimus tarkoituksenmukaisin vaihtoehto tulosten kvantitatiivisuuden ja vertailukelpoisuuden näkökulmasta.

Kaaviossa 2 mainitut tapauskohtaiset lisäselvitykset liittyvät lähinnä tapauksiin, joissa uudelleenkäyttöön suunnitellut rakennusosat olisivat peräisin tavanomaisesta poikkeavasta rakennus- tai käyttökohteesta. Tavanomaisella rakennus- tai käyttökohteella viitataan tässä yhteydessä esim. asuinrakennuksiin ja toimistotiloihin. Tavanomaisesta poikkeavalla rakennus- tai käyttökohteella viitataan taas teollisuusrakennuksiin, teknisiin tiloihin tai vastaaviin tiloihin, joissa on käytetty tuotannollisesti/toiminnallisesti kemikaaleja, joita voi olla läikkyneenä ja imeytyneenä uudelleenkäyttöpotentiaaliin rakennusosiin. Tavanomaisissa rakennus- tai käyttökohteissa ei oleteta olevan käytetty kemikaaleja, joiden takia uudelleenkäyttöpotentiaalisten rakennusosien lisätutkimuksiin olisi tarpeen ryhtyä, kun haitallisia aineita sisältävät liitännäiset materiaalit on poistettu. On suositeltavaa, ettei tavanomaisista ja tavanomaisesta poikkeavista kohteista peräisin olevia rakennusosia uudelleenkäytetä ristiin.

Sisäympäristön näkökulmasta uudelleenkäytettävien rakennusosien sisältämien haitta-aineiden mahdollisesti aiheuttamiin terveysriskeihin vaikuttavat useat tekijät, kuten aineiden ominaisuudet, pitoisuudet materiaalissa, altistumisreitit

ja -tasot (Zhu ym. 2022). Haitta-aineille voi altistua esimerkiksi hengitys- tai kosketusteilse, ja altistuminen voi olla todennäköisempää, tai olennaista, vain esimerkiksi rakennusosaa purettaessa kuin normaalikäyttötilanteessa. Uudelleen käytettävien rakennusosien kohdalla olisi syytä terveellisyys- ja turvallisuusnäkökulmasta arvioida mitä ja missä pitoisuuksissa haitta-aineita esiintyy sekä millaisessa muodossa, käyttökohteessa ja olosuhteissa uudelleenkäytettävä rakennusosa tulisi olemaan (Zhu ym. 2022). Periaatetasolla, mikäli haitta-aineelle ei voida altistua sisäympäristössä rakennusosan normaalikäytössä, ei myöskään terveysriskiä tilojen käyttäjille ole.

Kuten aiemmin todettiin, rakennusosien sisältämien haitta-aineiden terveystarkistusten arviointiin ei kuitenkaan ole olemassa nykyisellään yleispäteviä raja- tai viitearvoja tai toimintaohjeita. Näin ollen, vaikka uudelleenkäytettävään rakennusosaan kohdennettaisiin mittavat laboratoriotestaukset, voi ongelmaksi muodostua tulosten tulkinta. Tähän tarvittaisiin mahdollisesti tapauskohtaisesti toksikologista riskinarviointia terveystarkistusten osalta, erityisesti rajatapauksien kohdalla. Käytännön tasolla tällainen arviointiprosessi tuskin olisi uudelleenkäytön osalta kustannustehokasta. Esimerkiksi Kaaviossa 2 esitettyjen tapauskohtaisten lisätutkimusten osalta, tämä voi käytännössä tarkoittaa sitä, että lisäselvitysten kustannusten vuoksi, lisätutkimuksiin ei ole resurssien takia mahdollista ryhtyä, jolloin rajatapauksiin kuuluvien rakennusosien kohdalla voi olla suoraviivaisempaa purkaa ns. tavanomaiseen tapaan ja arvioida muu hyötykäyttömahdollisuus.

9.5 Haitta-aineet betoni-, tiili- ja liimapuurakennustuotteissa

Haitta-aineiden esiintymisestä eri rakennusmateriaaleissa on saatavilla kattavasti tietoa (esimerkiksi Zhu ym., 2022; RT 103500, 2022; RT 103501, 2022; <https://www.ymparisto.fi/fi>; Ympäristöministeriö, 2023; Kauppi ym., 2019; Wahlström ym., 2019b; NonHazCity 3 -projekti). Tässä on listattu lyhyesti ja esimerkinomaisesti muutamia keskeisiä ja mahdollisia haitta-aineita ja epäpuhtauksia betoni-, tiili- ja liimapuurakennusosissa ja niiden lähteitä liitännäisissä rakennusmateriaaleissa. Näitä ovat esimerkiksi:

- Polysykliset aromaattiset yhdisteet eli PAH-yhdisteet (esim. puumateriaalien kyllästeaineet, kivihiilitervapohjaiset tuotteet (esim. vedeneristeet, emulsiot, maalit, liimat ja kitit), valuasfaltti, jäteöljyistä ja teollisesta käytöstä peräisin olevat kontaminaatit)

- Polyklooratut bifenyylit eli PCB-yhdisteet (esim. elementtien ja rakenteiden sauma- ja tiivistysaineet, kitit, maalit ja kondensaattoriöljyvalumat)
- Metalliyhdisteet (esim. maalit ja pinnoitteet, sauma-aineet ja pigmentit)
- Öljyhiilivedyt (esim. valuasfaltti, yleisesti öljyvahingot ja -vuodot)
- Lyhytketjuiset klooratut parafiinit eli SCCP-yhdisteet (esim. palonestoaineet, maalit, liimat, tiivistys- ja sauma-aineet)
- Ftalaatit (esim. pehmittiminä muoveissa/lattianpäällysteissä)

Erilaisia PAH-yhdisteitä on runsaasti, mutta näistä tyypillisemmin rakennusmateriaaleissa tarkastellaan EPA:n (Yhdysvaltain ympäristösuojeluviraston) priorisoimia 16 PAH-yhdistettä ja näiden kokonaissummapitoisuutta (RT 103501, 2022; Komulainen ym., 2024). Rakennustuotteissa PAH-yhdisteitä sisältäviä aineita on käytetty melko laajasti noin 1990-luvulle asti muun muassa puutuotteiden kyllästeaineena ja yleisesti kivihiilitervapohjaisissa tuotteissa (Komulainen ym., 2024). Puunsuoja-aineena laajasti käytetty kreosootti sisältää runsaasti PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteitä sisältäviä tuotteita (kuten kivihiilipikeä ja kreosoottia) on käytetty Suomessa aikanaan rakentamisessa laajasti vedeneristeissä, höyrynsuluissa ja tiivistystuotteina (Komulainen ym., 2024). Osa PAH-yhdisteistä kuuluu SVHC-aineisiin ja niiden käyttöä voi olla rajoitettu REACH-asetuksen mukaisesti. Kreosootilla ja monilla vastaavanlaisilla kivihiilitervan tisleillä käsitellyn puun käyttö on nykyisin kielletty kokonaan monenlaisissa käyttötarkoituksissa, muun muassa rakennusten sisällä kreosootilla käsiteltyä puuta ei saa käyttää mihinkään tarkoitukseen (REACH-asetus liite XVII).

PAH-yhdisteet ovat pääsääntöisesti huoneenlämmössä heikosti haihtuvia ja rakennusmateriaalien sisältämät PAH-yhdisteet ovat harvoin sisäilmanlaadun näkökulmasta riski, mikäli rakenteet ovat ehjiä ja ilmanvaihto on kunnossa (Komulainen ym., 2024). PAH-seosten syöpäriski liittyy pääsääntöisesti suuren molekyylipainon omaaviin PAH-yhdisteisiin, jotka eivät ole haihtuvia (Zhu ym., 2022; Komulainen ym., 2024). Näille altistuminen tapahtuu lähinnä kosketusteitse tai altistumalla niitä sisältävälle pölylle hengitysteitse, suun tai ihon kautta (Zhu ym., 2022; Komulainen ym., 2024). PAH-yhdisteille altistumisen osalta merkittävien terveysperusteinen riski syntyy, kun rakenteita puretaan ja käsitellään, mutta PAH-yhdisteiden haju voi aiheuttaa viihtyvyyshaitta jo mahdollisesti pienissäkin pitoisuuksissa (Zhu ym., 2022; Komulainen ym., 2024).

Polyklooratut bifenyylit (PCB) ovat kloorausasteeltaan vaihtelevia aromaattisia POP-yhdisteitä. Rakennusmateriaalien haitta-ainetutkimuksissa tarkastellaan tyypillisesti seitsemän PCB:n kongeneerien 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180 kokonaissummapitoisuutta (RT 103501, 2022). PCB-yhdisteet ovat olleet laajassa

käytössä vuosien n. 1930–1985 aikana (1970-luvulta alkaen käyttö väheni) rakennusmateriaaleissa, muun muassa elementtien ja rakenteiden saumaus- ja tiivistysaineissa, maaleissa, lakoissa, liimoissa ja laasteissa (Zhu ym., 2022; RT 103501, 2022; Ympäristöministeriö, 2023). Betonielementeissä voi olla myös PCB-yhdisteitä peräisin sementtivalimoilla 1950–1970-luvuilla käytetyistä muottijänteistä (Pyy ja Lyly, 1998). PCB-yhdisteiden kohdalla altistuminen sisäympäristöissä on todennäköisintä materiaalien työstön yhteydessä, sillä ne eivät ole kovin haihtuvia (Zhu ym., 2022; Wahlström ym., 2019b). PCB-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu POP-asetuksen nojalla.

Lyhytketjuiset klooratut parafiinit (SCCP) ovat polykloorattuja alkaaneita, joissa hiiliketjun pituus on C10–C13 ja klooripitoisuus 40–70 massaprosenttia. SCCP-yhdisteitä on käytetty n. 1970-luvulta alkaen muun muassa rakennuselementtien saumausaineissa, liimoissa, maaleissa ja pinnoitteissa (Zhu ym., 2022; RT 103501, 2022; Ympäristöministeriö, 2023). SCCP-yhdisteitä käytettiin aikanaan korvaamaan PCB-yhdisteiden käyttöä. Yleisesti ottaen SCCP-yhdisteille voi altistua esimerkiksi ihokosketuksen, hengityksen tai pölyn nielemisen kautta (Ezker ym., 2024; Mu ym., 2023). SCCP-yhdisteet sisältyvät POP-asetuksen piiriin, joten niiden valmistus ja käyttö on nykyisin rajoitettua (POP-listan kehittymistä tulee seurata, sillä esim. keskipitkäketjuiset klooratut parafiinit eli MCCP-yhdisteet lisätään listalle todennäköisesti jo vuonna 2027). SCCP-yhdisteet kuuluvat myös REACH-asetuksen SVHC-aineisiin. Näiden yhdisteiden sisäilma- tai huonepölypitoisuuksia ei ole Suomessa tutkittu (Wallenius ym., 2023) eikä tiettävästi SCCP-yhdisteiden pitoisuuksista tarkastelun alla olevista rakennusosista ole julkaistua tutkimustietoa.

Metalleja ja metalliyhdisteitä on yleisesti käytetty ja käytetään rakennusmateriaaleissa muun muassa maalien pigmentteinä, korroosionestoon, biosideina ja kuivikkeina. Haitta-ainetutkimuksen ohjekortissa rakennusmateriaaleista suositellaan mitattavaksi esimerkiksi arseeni (As), kadmium (Cd), koboltti (Co), kromi (Cr), kupari (Cu), elohopea (Hg), nikkeli (Ni), lyijy (Pb), antimoni (Sb), titaani (Ti), vanadiini (V) ja sinkki (Zn) (RT 103501 2022). Vaikka metallit ja niiden yhdisteet ovat pääsääntöisesti haihtumattomia ja altistuminen hengitysteitse normaaleissa käyttötilanteissa on sisäympäristöissä epätodennäköistä, osalle voi altistua ihon tai suun kautta materiaaleja työstettäessä (Zhu ym., 2022). Osa metalleista kuuluu SVHC-aineisiin ja osan käyttöä on rajoitettu REACH-asetuksen liitteen XVII mukaisesti (esimerkiksi liitteen XVII arseeniyhdisteiden rajoituksen kohdalla kupari-kromi-arseeniyhdisteiden liuoksella (CCA-liuos) käsitellyn puun käyttöä on rajoitettu).

Raakaöljystä peräisin oleviin öljyhiilivetyihin kuuluu useita alifaattisia ja aromaattisia yhdisteitä, jotka jaotellaan niiden hiililukumäärän mukaisesti tyypillisesti kolmeen

jakeeseen, joita ovat bensiinijakeet C5-C10, keskitisle C10-C21 ja raskaat jakeet C22-C40. Lisäksi mineraaliöljyiksi kutsutaan öljyhiilivetyjakeita C10-C40, joiden summapitoisuus on tyypillinen parametri raja-arvotarkasteluissa (RT 103501, 2022). Rakennusmateriaaleissa öljyhiilivedyt ovat tyypillisemmin peräisin öljyvahingoista tai -vuodoista tai teollisuuskäytöstä, mutta niitä esiintyy myös valuasfalttirakenteissa (RT 103501, 2022). Öljyhiilivetyjen fysiokemialliset ominaisuudet ovat moninaisia, joten jakeesta riippuen yhdisteet voivat olla esimerkiksi herkästi haihtuvia tai hyvin heikosti haihtuvia. Samoin öljyhiilivetyjen ympäristö- ja terveysriskit ovat moninaisia. Öljyhiilivedyistä voi aiheutua hajuhaittoja ja niillä kontaminoituneiden uudelleenkäytettävien rakennneosien kohdalla tulisi kiinnittää huomiota mahdollisiin viihtyvyyshaittoihin. Öljyhiilivetyjen määrityksien yhteydessä olisi syytä analysoida myös bentseenin, tolueenin, etyylibentseenin ja ksyleenien eli BTEX-yhdisteiden pitoisuudet.

ftalaatit ovat ftalihapon estereitä ja niitä on käytetty pehmittiminä muoveissa, esimerkiksi PVC-muovimatoissa. Altistuminen ftalaateille on yhdistetty erilaisiin terveysriskeihin, kuten hormonitoiminnan häiriöihin ja lisääntymisterveyden ongelmiin. Esimerkkeinä ftalaateista mainittakoon di(2-etyyliheksyyli) ftalaatti (DEHP), joka kuuluu SVHC-aineisiin ja jonka käyttöä on rajoitettu REACH-asetuksen liitteen XVII mukaisesti pehmitetyissä materiaaleissa.

9.6 Huomiot ja yksittäiset nostot

Tämän hankkeen aikana nousi yksityiskohtina esiin muutamia kysymyksiä tietyistä haitta-aineista tai kemiallisista epäpuhtauksista tarkastelun piirissä olevissa rakennustuotteissa. Alla on listattu nämä aiheet esimerkinomaisesti, ja tämän hankkeen aikana tehdyt tulokset tilanteista.

- Liimapuupalkkien/-pilarien kohdalla nostettiin esiin yleisesti puunkäsittelyaineet ja niiden vaikutukset uudelleenkäyttöön:
 - Kreosootilla tai vastaavilla kivihiilitervan tisleillä käsiteltyä liimapuuta ei tule uudelleenkäyttää rakennusten sisällä mihinkään tarkoitukseen REACH-asetuksen liitteen XVII mukaisesti. Tähän suositukseen päädyttiin, jotta kelpoisuuden osoittamisen prosessi on johdonmukainen markkinoille saattamisesta riippumatta.
 - CCA-liuoksella käsitellyn liimapuun uudelleenkäytön osalta on huomioitava REACH-asetuksen liitteen XVII rajoitukset. Tähän suositukseen päädyttiin, jotta kelpoisuuden osoittamisen prosessi olisi johdonmukainen markkinoille saattamisesta riippumatta. CCA-liuoksella käsitellyn liimapuun uudelleen-

käyttö on mahdollista sisäympäristöissä tietyissä tapauksissa (katso REACH-asetus).

- Pentakloorifenolipohjaisilla tuotteilla (esim. KY-5) käsiteltyä liimapuuta ei tule uudelleenkäyttää kosteudelle alttiissa rakenteissa. Kosteudelle altistuneena näin käsiteltyt puut voivat emittoida hajoamistuotteina kloorianisoleja, joiden haju on hyvin epämiellyttävä ja aiheuttaa viihtyvyyshaittaa (Huuhka ym., 2018; Lorentzen ym., 2016; Zhu ym., 2022). Suoranaista terveyshaittaa kloorianisoleista ei sisäilmassa muodostu (Zhu ym., 2022; Lorentzen ym., 2016). Pentakloorifenoli kuuluu POP-yhdisteisiin, joten POP-asetuksen asettamat reunaehdot uudelleenkäytön osalta on huomioitava rajoituksen voimaantulopäivämäärän osalta.
- Ontelolaattojen kohdalla esiin nostettiin mahdolliset PVC-muovimattojen pehmittimien ja niiden liimojen hajoamistuotteiden päästöt ja näiden epäpuhtauksien imeytyminen betoniin (esimerkiksi 2-etyyli-1-heksanoli, C9-alkoholit ja hiilivetyseokset). Aihetta on käsitelty kootusti esimerkiksi verrattain tuoreessa Terveet tilat-julkaisussa betonilattioiden korjaustöiden näkökulmasta (Niemi ja Merikallio, 2022). Ontelolaattojen uudelleenkäytön osalta, ReCreate-hankkeen Suomen pilottikohteessa havaittiin ontelolaatassa emissiotutkimusmenetelmän viitearvon ylittävät 2-etyyli-1-heksanolin ja TVOC:n pitoisuudet tasoitteessa, mutta betonissa kyseisten yhdisteiden pitoisuudet olivat alle viitearvon (Räsänen ym., 2024b). ReCreate-hankkeessa tasoite päädyttiin poistamaan. Samoin Terveet tilat-julkaisussa, korjausmenetelmäksi on suositeltu ongelmarakenteiden kemiallisten vaurioiden kohdalla pintarakenteen poistamista, jolloin muovimatto, liima ja tapauskohtaisesti tasoite sekä betoni pintaa poistetaan (esim. jyrsimällä) (Niemi ja Merikallio, 2022).
- Tämän hankkeen tiimoilta päädyttiin johtopäätökseen, että mikäli uudelleenkäyttökartoituksessa on todettu vaurioitunut muovimatto, ei erillisiin laboratoriotestauksiin olisi tarpeen ryhtyä vaan suoraviivaisinta olisi edetä pintarakenteiden poistolla (muovimatto, liima ja tasoite).
- Mahdolliset ontelolaattaan imeytymisestä peräisin olevat kemiallisten yhdisteiden päästöt olisivat todennäköisesti niin pieniä, ettei niistä olisi terveyshaittaa ontelolaattaa uudelleenkäytettäessä.
- Yleisesti ottaen, Suomessa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC-yhdisteet) pitoisuudet tavanomaisissa sisäympäristöissä ovat alhaisia eikä niistä nykytiedon valossa aiheudu terveyshaittaa (Juntunen ym., 2022; Wallenius ym. 2021; Wallenius ym. 2023).
- Ontelolaattojen kohdalla esiin nostettiin myös liikuntasauomoista peräisin olevien PCB- ja/tai SCCP-yhdisteiden imeytyminen betoniin. Aiheesta ei ole

varsinaisesti suoraa tutkimustietoa ontelolaattojen liikuntasaumojen osalta, mutta julkisivujen betonielementtien kohdalla PCB-yhdisteiden on todettu imeytyvän betoniin liitännäisistä saumausaineista. Helsingin kaupungin tutkimuksessa vuosina 1965–1970 rakennetuissa asuinkerrostaloissa mitattiin PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuudeksi julkisivun betonielementistä 0–20 mm etäisyydellä poratuista näytteistä noin 6–28 mg/kg (Pyy ja Lyly, 1998). Betonielementtien porausnäytteissä, jotka oli otettu yli 20 mm etäisyydeltä saumausmassasta PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus tippui <1 mg/kg eikä betonin keskikohdissa havaittu PCB-yhdisteitä (Pyy ja Lyly, 1998). Pohjoismaisissa muissa tutkimuksissa on vastaavasti arvioitu, että vielä noin 3–5 cm syvyydellä betonissa, PCB-yhdisteiden pitoisuus voi ylittää 50 mg/kg pitoisuuden (Andersen ym., 2015; Jensen, 2013; Rex ym., 2002). Ruotsissa on esimerkiksi suositeltu, että jos PCB-yhdisteiden pitoisuus saumausaineessa on noin 10 %, tulisi noin 20–30 mm betonipintaa poistaa, jotta betonimurske on hyötykäyttökelpoista (Byggföretagen, 2019; Rex, 2019).

- PCB-yhdisteiden alempi POP-pitoisuusraja on 50 mg/kg ((EU) 2019/1021). PCB-yhdisteille ei ole toistaiseksi säädetty tahattoman jäämän pitoisuusrajaa, mutta luonnosehdotuksessa on ehdotettu pitoisuusrajaksi 0,1 mg/kg (EU-komissio, 2025b). Suomessa EEJ-betonin pitoisuusraja-arvo PCB-yhdisteille on nykyisellään 1 mg/kg (VNa 466/2022). SCCP-yhdisteille POP-asetuksen tahattoman jäämän pitoisuusraja on 1500 mg/kg (EU) 2019/1021). SCCP-yhdisteet kuuluvat myös SVCH-aineisiin ((EY) N:o 1907/2006).
- PCB-yhdisteitä sisältävien rakennusosien uudelleenkäyttö on lainsäädännön näkökulmasta mahdollista (katso luku 9), mikäli rakennusosat ovat olleet käytössä ennen 20.4.2004. SCCP-yhdisteiden kohdalla uudelleenkäyttö on vastaavasti sallittu, mikäli rakennusosat ovat olleet käytössä ennen 11.7.2012.
- Näiden yhdisteiden pitoisuuksista ontelolaatassa ei kirjoittajilla olevan tiedon valossa ole tutkimustietoa, mutta pitoisuuksien voidaan olettaa olevan samassa suuruusluokassa betonissa kuin julkisivujenkin kohdalla, mikäli liikuntasauomoissa on käytetty näitä yhdisteitä sisältäviä saumausaineita. PCB- ja SCCP-yhdisteille altistuminen on todennäköisintä materiaaleja käsiteltäessä, ei niinkään normaaleissa sisäympäristön käyttöolosuhteissa (Zhu ym., 2022). Näin ollen, kun ontelolaatoista on poistettu PCB/SCCP-yhdisteitä sisältävät liikuntasauumat, ei mahdollisten imeytymisestä peräisin olevien pitoisuuksien odoteta aiheuttavan terveyshaittaa sisäympäristöissä.
- Öljyhiilivetyjen imeytymisen suhteen nostettiin esiin kysymys, että mitkä pitoisuudet materiaalinäytteissä olisivat sellaisia, että niiden kohdalla olisi perus-

teltua epäillä aiheutuvan viihtyvyyshaittaa sisäympäristöissä. Tähän vaikuttaa moni tekijä, kuten esimerkiksi saastuneen alueen pinta-ala, rakennusosan käyttökohde ja rakennusosan pintarakenteiden läpäisevyys öljyhiilivetyjen suhteen uudessa käyttökohteessa. Kyseessä olisi näin ollen kokonaisuuden suhteen tapauskohtainen arviointi (Katso luku 9.8). Komulainen ym. (2020) tutkimuksessa arvioitiin mallinnuksen perusteella, että jo 28 mg/kg C10–C21 öljyhiilivetypitoisuus tiilessä voi heikentää sisäilman laatua ja laskennallisesti arvioiden tuottaa sisäilmapitoisuuden 30 µg/m³. Näiden arvioiden pohjalta olisi suositeltavaa viihtyvyyshaittojen näkökulmasta, että öljyhiilivedyillä kontaminoituneita rakennusosia ei uudelleenkäytetä sisäilmaan yhteydessä olevissa rakenneratkaisuissa kohteissa, joissa viihtyvyyshaitat voivat muodostua ongelmaksi.

9.7 Mikrobiluokittelun kehittäminen

9.7.1 Aineistot

Mikrobien ja muiden biologisten epäpuhtauksien tutkimusohjeen kehittämisen pohjana käytettiin:

- Rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyvää tutkimuskirjallisuutta ja kelpoisuuden selvittämisen ohjeita.
- Tutkimuskirjallisuutta (pääosin englanninkielinen, vapaasti saatavilla oleva aineisto) ja suomalaisia julkaisuja, esimerkiksi tutkimushankkeiden loppuraportteja ja oppaita.
- Suomalaista rakennusten terveellisyyteen liittyvää lainsäädäntöä.
- Kirjoittajan sisäilma- ja rakenneteknisistä kuntotutkimuksista kerryttämää kokemusta rakennusmateriaalien kunnosta ja epäpuhtauksista.
- Asiantuntijatyöpajassa tutkimusprosessiohjeen luonnosversioon saatuja kommentteja ja kehitysehdotuksia (katso luku 12).

9.7.2 Menetelmät

Rakennusosien uudelleenkäyttöä käsittelevästä kirjallisuudesta selvitettiin rakennusosien kosteus- ja mikrobivaurioitumiseen liittyviä näkökantoja ja ohjeistusta. Lainsäädännön osalta tarkasteltiin suomalaista rakennusten terveellisyyteen ja turvallisuuteen sovellettavaa lainsäädäntöä. Aiheesta ei tehty kattavaa kirjallisuus-

katsausta, vaan kyseessä oli tavanomainen asiantuntijatyössä käytetty rajattu ja luonteeltaan laadullinen kirjallisuuteen perehtyminen. Käytetty kirjallinen aineisto on esitetty lähdeluettelossa.

Miro-verkkoalustalla järjestettiin maaliskuussa 2024 puolen päivän työpaja. Työpajaan esitettiin kutsu yhteensä noin 130:lle eri toimialoja edustavalle henkilölle (viranomaiset, rakennusvalvonnat, kiinteistönomistajat, suunnittelijat, asuimisterveysanalyysijä tekevät laboratoriot, yhdistykset). Kukin osallistuja valitsi ilmoittautumisen yhteydessä kolmesta vaihtoehdosta omaa kiinnostustaan / osaamisaluettaan vastaavan työpajan. Osallistujille jaettiin etukäteen tutustuttavaksi aihealueeseen liittyvä tausta-aineisto. Työpajaan numero 3 – Mikrobitutkimusprosessit osallistui aktiivisesti noin 13 henkilöä. Työpajan sisältöä on kuvattu tarkemmin raportin luvussa 11.

Työpajan lisäksi Työpajaan numero 3 – Mikrobitutkimusprosessit osallistuneilta pyydettiin kommentteja ja kehitysehdotuksia elokuussa 2024 oppaan biologisia epäpuhtauksia käsittelevien tekstien luonnosversioihin, joissa oli jo huomioitu työpajan tulokset. Kommentteja saatiin kolmelta eri toimijalta, joista kaksi edusti laboratorioita ja yksi kunnallista kiertotalousklusteria. Kommentit huomioitiin oppaan kehittämisessä.

9.7.3 Tulokset

2000-luvulla on julkaistu lukuisia selvityksiä rakennustuotteiden uudelleenkäytöstä ja sen haasteista (muun muassa Nakajima ja Russell, 2014; Hradil, 2014; Rameezdeen ym., 2015; Lahdensivu ym., 2015; Huuhka ja Hakanen, 2015; Huuhka ym., 2015; Kauppi, 2017; Durmisevic ym., 2017; Huuhka ym., 2018; Häkämies ym., 2019; Rakshan ym., 2020; Deweert ym., ym.; 2020; Lisco ym., 2021, Zhu ym., 2022; Tihinen ym., 2022; Suomela ym., 2022; Mäntylä ja Salmi, 2022; Räsänen, 2022; Oulun Rakennusvalvonta, 2022; Kaarsberg ja Kress, 2023; Cetin ym., 2023; Oberender ym., 2024; Ericsson ym., 2024; Ytekki Oy, päiväämätön; Ungureanu ym., 2025).

Materiaalien kunto ja epäpuhtaudet mainitaan valtaosassa julkaisuja uudelleenkäytössä huomioitavana asiana, mutta useinkaan erilaisia epäpuhtauksia kuten haitta-aineita, mikrobivaurioita tai muuta kontaminaatiota ei eritellä tarkemmin. Mikrobivaurioiden vaikutuksesta materiaalien uudelleenkäytettävyyteen ei löydetty nimenomaan tähän aiheeseen keskittyviä julkaisuja, mutta aihetta on sivuttu muissa julkaisuissa jonkin verran. Rakennusmateriaalien homehtumisherkkyydestä sekä (mikro)biologisesta kestävyyydestä on kuitenkin saatavilla paljon kirjallisuutta rakennusmateriaalien kosteusteknistä toimivuutta tarkastelevissa

julkaisuissa ja sisäilma- ja kosteusvauriotutkimusten alalla. Tässä raportissa keskitytään nimenomaan rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä käsitteleviin julkaisuihin.

Rakennusalalla työskenteleville tahoille kohdennetuissa kyselytutkimuksissa noin 10–70 % vastanneista on, kysymyksenasettelusta riippuen, pitänyt haitta-aineita tai muita terveydelle haitallisia epäpuhtauksia merkittävänä haasteena tai esteenä materiaalien uudelleenkäytölle (Hradil ym., 2014; Rameezdeen ym., 2015; Ericsson ym. 2024; Toorikka ja Tähtinen, 2024). Yleisemmällä tasolla materiaalien huono kunto, tai riittämätön tieto tai epävarmuus kunnosta ja materiaaliakoostumuksesta on myös usein mainittu haasteena. Myös uudelleenkäytettävien rakennusosien koetut laaturiskit ja uusia tuotteita heikompi hyväksyttävyyys, jotka nousevat esiin useissa kyselyissä uudelleenkäytön merkittävänä haasteena tai esteenä, voivat liittyä tietoon tai epäilyksiin mahdollisista epäpuhtauksista (Huuhka, 2015a; Oberender ym., 2024; Rakshan ym. 2020). Yhdeksi uudelleenkäytön hidasteeksi on todettu myös työmaalla kiinteästi epäpuhtauksiin liittyvät työturvallisuusriskit (Rakshan ym., 2020). Terveellisyyteen ja turvallisuuteen liittyvien vaatimusten täyttämisen on myös arvioitu voivan kasvattaa uudelleenkäytön kustannuksia, heikentäen uudelleenkäytön houkuttelevuutta (Rakshan ym., 2020).

Epävarmuus ja -tietoisuus mahdollisista epäpuhtauksista ja niiden riittävästä hallinnasta saattaa olla tällä hetkellä merkittävämpi ongelma kuin epäpuhtaudet itsessään. Tuoreessa Hollantilais-sveitsiläisen työryhmän julkaisussa (Cetin ym., 2023) tunnistettiin haastatteluilla ja pilotoinnilla uudelleenkäyttöhankkeiden yleisiä kriittisiä tietoaukkoja (tiedot, jotka ovat tärkeitä uudelleenkäytön kannalta, mutta usein puuttuvat). Tällaisiksi tunnistettiin muun muassa materiaaliakoostumus, myrkylliset ja haitalliset aineet ja tieto materiaalien kunnosta.

Edellä mainituin perustein voidaan arvioida, että selkeät prosessit erilaisten epäpuhtauksien tunnistamiseksi ja hallitsemiseksi ovat tärkeitä uudelleenkäytön edistämisessä.

Koska saatavilla olleiden selvitysten kysymyksenasettelut ovat usein yleisluotoisia, eikä epäpuhtauksien laatua useinkaan eritellä tarkemmin, on hankalaa arvioida, missä määrin mikrobiologiset epäpuhtaudet koetaan alalla ongelmaksi, ja missä määrin edellä esitetyt haasteet liittyvät haitta-aineisiin tai muihin epäpuhtauksiin. Useimmat saatavilla olevat uudelleenkäytettävien rakennusosien terveellisyyttä ja turvallisuutta käsittelevät tutkimukset ja ohjeet painottuvat voimakkaasti haitta-aineisiin, erityisesti asbestiin ja lyijymaaleihin, joihin liittyy hyvin tunnettuja terveysriskejä. Kosteus- ja mahdollisesti mikrobivauriot mainitaan pikemminkin materiaalien yleisen kunnan osatekijänä (muun muassa Daley, 2007;

Hradil ym., 2014; Nakajima ja Russell, 2014; Cetin ym., 2023; Oberender ym., 2024; Räsänen ym., 2024c). Puumateriaalien uudelleenkäyttöön keskittyvissä selvityksissä kosteus- home-, laho- ja hyönteisvaurioita on kuitenkin tyypillisesti tarkasteltu erikseen merkittävänä uudelleenkäyttöön vaikuttavana tekijänä niin terveellisyyden kuin lujuuden ja esteettisyyden näkökulmasta (muun muassa Huuhka ym. 2018; Deweerdt ym., 2020).

Materiaaliominaisuuksien ja materiaalien kunnon sekä epäpuhtauksien arviointi ohjeistetaan asiaa käsittelevissä selvityksissä yleisesti perustamaan asiakirjatarkasteluun, rakennuksen käyttöhistoriatietoihin ja purkukartoitukseen. Rakenteita rikkovien tutkimusten tarve mainitaan lisäksi useissa selvityksissä, ja mahdollinen näytteenoton tarve muutamissa. Täsmällisiä ohjeita mikrobivaurioituneisuuden arviointiin ei ole julkaistu, ja vaikutelmaksi jää, että tyypillinen menetelmä on kosteus- ja mikrobivaurioituneisuuden aistinvarainen arviointi, ja dikotominen jako vaurioituneisiin ja vaurioitumattomiin komponentteihin (muun muassa Daley, 2007; Deweerdt ym., 2020; Halsall, 2021; Koponen, 2023).

Koska edellä mainittu menetelmä on subjektiivinen, ja tarkempi ohjeistus ilmeisesti puuttuu, voidaan alalla olettaa olevan nykyään merkittävää vaihtelua siinä, minkä kuntoinen materiaali hyväksytään uudelleenkäyttöön. On kuitenkin huomioitava, että ainakin useissa Länsi-Euroopan maissa ja Pohjois-Amerikassa on varsin vakiintuneet – yleensä pääpiirteittäin Suomessa käytettyjä toimintatapoja vastaavat – menetelmät käytössä olevien rakennusten mikrobivaurioiden arviointiin, ja purkukartoituksessa ja komponenttien puhtauden arvioinnissa mahdollisesti hyödynnetään samoja menetelmiä. Toisaalta uudisrakentaminen (jonka piirissä tehdään uudelleenkäytettävien osien kelpoisuuden arviointia) ja rakennusten ylläpito (jonka piirissä tehdään käytössä olevien rakennusten kosteus- ja mikrobivauriotutkimuksia) ovat olleet aloina monelta osin eriytyneet, eivätkä edelleenkään jaa kaikkia toimintatapoja. Siten vanhojen rakennusten tutkimusmenettelyt eivät välttämättä ole tuttuja uudisrakentamisen puolella.

Muutamissa julkaisuissa materiaalien mikrobivaurioituneisuuden arviointia on tarkasteltu tarkemmin. Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuuksia tarkastelleessa suomalaisessa selvityksessä Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet (Huuhka ym., 2018) on todettu, että rajausta vaurioituneisiin ja vaurioitumattomiin ei aina voida tehdä aistinvaraisesti, koska mikrobivaurioita tai muita puun halkeamissa olevia epäpuhtauksia ei välttämättä voida havaita silmämääräisesti. Toisaalta jokaisen osan tutkiminen erikseen näyttein on arvioitu liian kalliiksi. Edellä kuvatun mukaisesti on todettu olevan tarve ohjeistukselle, jonka perusteella puurakenteet voitaisiin luokitella uudelleenkäyttöä varten. Julkaisussa todetaan myös, että jos kohderakennuksessa on korkea vaatimustaso puhtauden

suhteen tai siellä noudatetaan Terveen talon toteutuksen kriteereitä, on aiheellista varmistaa komponenttien puhtaus laboratorioanalysein riittävän suurella otoskoolla, esimerkiksi 10 % rakennusosista. Kirjoittajat toteavat myös, että mekaanisen puhdistamisen osalta ei nykyisellään ole riittävästi tietoa turvaetäisyyksistä silmämääräisesti havaittavaan kosteus- tai mikrobivaurioon eikä siitä, mikä on riittävä mekaanisen puhdistamisen syvyys ja perusteellisuus. Julkaisussa Rakenteiden ja materiaalien ehjänä purkaminen sekä uudelleenkäyttö mainitaan mikrobien tutkimusmenetelmänä aistinvaraisen tarkastelun lisäksi mikroskooppiset menetelmät (Tihinen ym., 2022). Julkaisussa Circular economy during construction. Study on the use of recycled materials in buildings and interiors in the UK (Halsall, 2021) puurakenteille suositellaan pinnan puhdistusta puhalluskäsittelyllä, suojausta boraattiglykolilla tai muulla vastaavalla tuotteella ja mahdollisten lahottajasienikasvustojen testausta.

Kirjallisuuden perusteella yleisin suhtautumistapa aistinvaraisesti arvioituna selvästi kosteusvaurioituneeseen materiaaliin on, että vaurioitunutta materiaalia ei lähtökohtaisesti uudelleenkäytetä (Guy, 2006; Daley, 2007; Huuhka ja Hakanen, 2015a; Huuhka ym., 2018; Häkämies ym., 2019; Deweerdt ym., 2020; Koponen 2023). Erityisen selkeää tämä on home- tai lahovaurioituneen puumateriaalin osalta ja muiden vaurioherkkien huokoisten levy-, eriste materiaalien osalta (muun muassa Huuhka ym., 2018).

Betonin ja tiilen osalta vain suomalaisissa selvityksissä on nostettu esiin kosteus- ja mikrobivaurioiden mahdolliset sisäilmahaitat. Korroosiosta ja materiaalien lujuuden heikkenemisestä johtuva heikompi hyödynnettävyys on mainittu myös kansainvälisissä julkaisuissa (Halsall, 2021; Asam, 2007). Suomalaisissa aineistoissa betonin kosteus- ja/tai mikrobivaurioiden on arvioitu vähentävän betonirakenteiden uudelleenkäyttökelpoisuutta, joskin vaurioituneen betonin osuus kokonaismassasta on arvioitu yleensä pieneksi. (Räsänen ym., 2024c; Lahdensivu ym. 2015; Zhu ym., 2022). Tiilien osalta esiin on nostettu erityisesti laastin tiiltä suurempia vaurioherkkyyttä (Räsänen, 2022) ja tiilien pinnalla otollisissa olosuhteissa tapahtuva mikrobikasvu (Zhu ym. 2022). Vaikka nimenomaan uudelleenkäyttöä käsittelevässä kirjallisuudessa tiilen ja betonin mikrobivaurioita ei yleensä ole nostettu esiin, käytössä olevissa rakennuksissa tiili- ja betonirakenteiden vauriot on tunnistettu mahdollisena haittojen aiheuttajana. Tämän raportin kirjoittaja on todennut, että mikrobikasvuston esiintyminen muurauslaastissa on melko yleistä pitkäaikaisesti voimakkaasti kosteusrasitetuissa tiili-muureissa. Kasvustoa esiintyy usein pinnan lisäksi tai sijaan syvemmällä muurauksen sisällä. Kaikkein voimakkaimmin kosteusrasitetuissa vaurioissa, esimerkiksi maanvastaisissa, kosteudelta suojaamattomissa tiilimuureissa jopa tiilien sisällä

on todettu voivan esiintyä mikrobikasvua, tyypillisesti aktinomykeettejä. Vastaa-
vat ilmiöt pätevät myös vanhaan karbonatisoituneeseen betoniin, jonka pinnalla
ja halkeamissa mikrobikasvu on mahdollista. Ontelolaattojen tapauksessa beto-
nin sisällä olevien vaurioiden riski on betonin tiheyden takia pieni.

Kivirakenteisten pintojen mikrobivaurioiden hallintaan on saatavilla ohjeita.
RT-kortissa Homevaurioituneen rakenneseosan puhdistusohje (Rakennustieto Oy,
2016) suositellaan pintakäsittelyistä puhdistetuilla betoni- ja tiilipinnoilla poistet-
tavaksi pintakerroksen paksuudeksi yleensä noin 3–5 mm.

Pitkäaikainen altistuminen rakennuksissa, joissa on merkittävä kosteus- ja
mikrobivaurio voi aiheuttaa hengitystieoireita, pahentaa astmaoireita ja lisätä
astmaan sairastumisen riskiä (Sisäilma- ja terveys -työryhmä, 2024). Tästä
syystä rakennusten kosteus- ja mikrobivauriot on suositeltavaa korjata ja altistu-
mista vaurioiden tuottamille epäpuhtauksille vähentää. Suomessa lainsäädäntö
ohjaa käytössä olevien rakennusten kosteus- ja mikrobivaurioiden tutkimista, ja
toimintatavat ovat melko vakiintuneet (STMa 545/2015; Valvira 2016; Pitkäranta
(toim.) 2016; Isokääntä ym. 2023).

Suomalaisessa lainsäädännössä ei ole suoria säädöksiä uusien tai uudelleen-
käytettävien rakennusosien mikrobiologiseen tai biologiseen puhtauteen liittyen
(Zhu ym. 2022). Riittävän mikrobiologisen puhtauden vaatimus voidaan kuitenkin
johtaa 1.1.2025 voimaan tullessa Rakentamislaisissa määriteltyjen rakennuksen
yleisten terveellisyys- ja turvallisuusvaatimusten pohjalta Terveysturvallisuuslakia
soveltaen. Asuinrakennusten ja muiden jatkuvan oleskelun tilojen terveellisyteen
liittyvät vaatimukset on määritelty tarkemmin terveysturvallisuuslain nojalla sää-
dettyssä asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015) terveysturvallisuusolosuhteiden
arvioinnissa käytettyjen toimenpiderajojen avulla. Mikrobien osalta toimenpide-
rajan ylittää muun muassa tiedossa oleva korjaamaton kosteus-, mikrobi- tai la-
hovaurio. Uudelleenkäytettävien rakennusosien tapauksessa mahdolliset vauriot
ovat usein vanhoja. Myös vanhat, kuivuneet mikrobivauriot ylittävät asumister-
veysasetuksen mukaisen toimenpiderajan. Jotta terveysturvallisuuslain mukaiset
olosuhteet toteutuvat valmiissa rakennuksessa, rakentamisessa ei käytännössä
kannata käyttää materiaaleja ja rakentamistapoja, joihin liittyy merkittävä terve-
ysturvallisuusolosuhteen muodostumisen riski.

9.7.4 Yleistä mikrobivaurioiden tutkimisesta

Suomessa rakennusten mikrobivaurioiden ensisijainen tutkimusmenetelmä on
rakennuksen kosteustekninen tutkimus ja aistinvaraisten tutkimusten lisäksi
tarvittaessa tehtävä kosteusvaurioituneiksi epäiltyjen rakennusmateriaalien

mikrobianalyysi. Analyysissä käytetään yleisimmin viljelymenetelmiä ja mikroskooppia, jonkin verran myös DNA-pohjaisia menetelmiä. Materiaalin vaurioituneisuuden arviointi perustuu paitsi mahdollisen mikrobianalyysin tulokseen, myös havaintoihin tai tietoon poikkeavasta kosteusrasituksesta, ja aistinvaraisesti havaittaviin kosteus- ja mikrobivauriojälkiin (Pitkäranta (toim), 2016; Valvira, 2016). Tekninen arviointi on tärkeää, jotta materiaalin likaantumisen johtuva mikrobi-kontaminaatio voidaan erottaa kosteusrasituksen aiheuttamasta mikrobivauriosta.

Uudelleenkäytettävän, vanhassa rakennuksessa vuosikymmeniä tai -satoja olleen rakennustuotteen mikrobivaurioituneisuuden toteaminen puhtaasti mikrobipitoisuuksia tarkastelemalla ei ole yksiselitteistä. Vanhoissa rakenteissa voi olla ulkoilman tai maaperän mikrobien aiheuttamaa kontaminaatiota. Vanhojen rakennusten purkutyön aikaiset ilman mikrobipitoisuudet ovat korkeita erityisesti ulkovaipan eristeitä purettaessa. Mikrobipitoinen pöly voi kontaminoida puhtaampia rakenneosia, jolloin pitoisuus puhdistamattomalla pinnalla voi ylittää toimenpiderajan. Lisäksi useissa perinteisissä, rakennuksissa yleisesti käytetyissä luonnonmateriaaleissa kuten savessa, hiekassa, turpeessa ja sammaleissa voi olla luonnostaan korkeita mikrobipitoisuuksia, ilman että materiaali olisi varsinaisesti homehtunut tai muutoin mikrobivaurioitunut. Osaa näistä materiaaleista käytetään edelleen yleisesti. Luonnonmateriaaleista on rakennuksen elinkaaren aikana voinut siirtyä mikrobipitoista ainesta ympäröiviin materiaaleihin.

9.7.5 Asiantuntijatyöpaja

Asiantuntijatyöpajassa (Katso luku 12) arvioitiin tutkimusohjekaavion luonnos-versiota. Työpajakysymyksissä kysyttiin mm. prosessin toimivuudesta, vaurioituneen tai sellaiseksi epäillyn materiaalin käytön hyväksyttävyydestä ja tutkittavista biologisista epäpuhtauksista. Työpajassa esitetyt kehitysehdotukset ja kommentit sekä ohjeen kehitys näiden pohjalta on esitetty alla.

Alun perin neljään vaurioriskiluokkaan (matala/ kohtalainen/ korkea/ erittäin korkea vaurioriski) ja neljään kuntoluokkaan (puhdas/ kontaminaatio/ vaurioitunut/ voimakkaasti vaurioitunut) pohjautunutta luokittelua ehdotettiin yksinkertais-tamaan kolmiluokkaiseksi. Luokitusta kehitettiin vastaamaan ehdotettua.

Runsaasti kommentteja saatiin uudelleenkäytettävien osien hyvien varastointiolosuhteiden tärkeydestä (ohjekaaviossa varastoinnista ei ollut ohjeistusta). Varastointiajan arvioitiin olevan mahdollisesti useita vuosia, ja usea osallistuja arvioi osien vaurioitumisriskin varastoinnin aikana merkittäväksi. Kommenttien pohjalta oppaaseen lisättiin ohjeistusta varastoinnista huomioiden muun muassa eri materiaalien erilainen homehtumisherkkyys.

Kommenteissa esitettiin myös huomio, että uudelleenkäytettäviä rakennusosia käyttävän työmaan kosteudenhallinnan tulisi olla pelkkiä uudismateriaaleja käyttävään työmaahan verrattuna huolellisempaa, koska vanhat materiaalit ovat herkempiä kosteus- ja mikrobivaurioitumaan kosteuden vaikutuksesta. Myös osien kontaminoitumisesta vaikutuksesta purkutyömaalla ja varastoinnin aikana esitettiin huoli. Maininnat riskeistä lisättiin oppaan teksteihin.

Yleisellä tasolla saatiin useita kommentteja uudelleenkäytettävien rakennusosien arvioijan/luokittelijan pätevyysvaatimuksista; arviointi kattaa laajasti erilaisia materiaalteknisiä, mikrobiologisia ja kemiallisia tekijöitä.

Tutkittaviin tekijöihin liittyen nostettiin esiin erityisesti materiaaleissa esiintyvät hajut, jotka ovat voineet imeytyä puu- tiili- ja betonirakenteisiin ympäröivistä haisevista materiaaleista ja epäpuhtauksista. Myös tuhoeläinten jätösten ja lattiasienen esiintyminen suositeltiin huomioimaan. Ohjetta täydennettiin vastaavasti.

Lähes kaikki työpajaan osallistuneista puolsivat toimintamallia, jossa mikrobivaurioitunutta materiaalia ei käytetä sisäilmayhteydessä olevissa rakenteissa, jos kohderakennukseen sovelletaan käytön aikana asumisterveysasetusta. Useat kommentoivat lisäksi, että mikäli kohde ylipäättään on jatkuvassa käytössä oleva tila (asunto, työpaikka) tai siellä varastoidaan herkkiä tavaroita, käytettyjen rakennusmateriaalien tulisi olla vaurioitumattomia ja puhtaita. Kommenteissa huomautettiin toisaalta, että juridisesti asumisterveysasetus ei kuitenkaan koske rakentamisivaihetta eikä aseta vaatimuksia rakennusmateriaaleille. Opastekstejä tarkennettiin vastaavasti.

Työpajaan osallistuneet olivat keskenään pääosien samaa mieltä uudelleenkäytön hyväksyttävyydestä esimerkkitapauksissa, jotka koskivat vaurioituneeksi tiedettyjen tai sellaisiksi epäiltyjen rakennusosien käyttöä. Ylipäättään suhtautuminen vaurioituneiden osien uudelleenkäyttöön oli kriittistä.

Vaurioituneita ontelolaattoja ei pääosin katsottu käyttökelpoisiksi sisätilassa edes pinnoitettuna, ellei ilmayhteyttä onteloista sisäilmaan saada luotettavasti katkaistua tai pintoja puhdistettua. Osallistujilla oli huonoja kokemuksia onteloiden vakavien mikrobivaurioiden aiheuttamista sisäilmahaitoista, liittyen esimerkiksi aktinomykeetti- eli sädesienikasvustoihin.

Mikrobivaurioituneita liimapuupalkkeja ei pääosin katsottu käyttökelpoiseksi edes höyrynsulun ulkopuolella. Huoli kohdistui rakenteen ilmatiivyyteen ja epäpuhtauksien mahdolliseen kulkeutumiseen sisäilmaan, ja siihen, voiko myös palkin lujuus olla heikentynyt. Näkyvien vaurioiden poistaminen ja lahon tutkiminen katsottiin välttämättömäksi.

Mikrobivaurioituneet tiilet katsottiin käyttökelpoiseksi julkisivussa tuuletusvälin ulkopuolella.

Kommentit huomioitiin prosessiohjeessa ja oppaan muissa teksteissä.

9.7.6 Johtopäätökset

Tässä hankkeessa tarkastelluille uudelleenkäytettäville rakennusosille (betoni-elementit, tiilet, liimapuu) on kirjallisuuden, lainsäädännön ja työpajatoiminnan perusteella hankkeen tuloksena tuotetussa oppaassa esitetty biologisten vaurioiden arviointiin ensisijaiseksi menetelmäksi rakenteiden ja rakennusosien huolellista kosteusvaurioriskien arviointia lähtötietojen ja tarpeen mukaan tehtävien kuntotutkimusten perusteella, sekä osien aistinvaraista tarkastusta. Näytteenotto on rajattu epäselviin tapauksiin. Aistinvaraisesti arvioituna vaurioituneita osia ei käytetä sisäilmayhteydessä olevissa rakenteissa. Myös muut biologiset epäpuhtaudet on huomioitu oppaassa.

Huolellinen aistinvarainen tarkastelu on välttämätöntä vaurioiden tunnistamiseksi ja vaurioituneen materiaalin käytön rajaamiseksi, jotta vastaanottajarakennukseen ei päädy sellaisia määriä vaurioitunutta materiaalia, joka olisi verrannollinen käytönaikaisen kosteus- ja mikrobivaurion tuottamiin epäpuhtausmääriin ja voisi aiheuttaa vastaanottajarakennuksessa sisäilmahaittoja. Mikäli huolellisessa tarkastelussa rakennusosissa ei todeta viitteitä vaurioihin tai erityisiä riskejä, ovat osat hyvällä varmuudella siinä määrin puhtaita, että niistä ei aiheudu sisäilmahaittoja vastaanottajarakennuksessa. Mahdollisten satunnaisten, paikallisesti esiintyvien vaurioiden vaikutuksen voidaan olettaa jäävän niin pieneksi, että haittoja ei aiheudu. Näytteenotto ja tutkimus laboratorioanalyysin on rajattu tilanteisiin, joissa vaurioituneisuutta ei ole mahdollista arvioida riittävän luotettavasti lähtötietojen perusteella.

Tutkimusten lisäksi oppaassa on annettu suosituksia purettujen rakenneosien säilytyksestä ja puhdistuksesta.

9.8 Sisäilmamallintaminen

Rakennusmateriaaleissa saattaa olla epäpuhtauksia, jotka voivat riittävän isoina pitoisuuksina aiheuttaa esimerkiksi sisäilmahaittaa kulkeutuessaan materiaalista sisäilmaan. Todennäköisyys epäpuhtauksien esiintymiselle saattaa olla kohonnut uudelleenkäytettävissä rakennustuotteissa. Tästä syystä siitä, että rakennustuotteissa on vähäisiä määriä havaitsemattomia epäpuhtauksia, aiheutuvaa riskiä on tärkeä pystyä arvioimaan. Mallintaminen on eräs keino tarkastella riskin merkittävyyttä.

Rakennusmateriaalin sisältämän epäpuhtauden vaikutus sisäilmaan on varsin haastavaa mallintaa täysin luotettavasti. Suurin epävarmuus kohdistuu materiaalin sisäilmaan olevan epäpuhtauspitoisuuden [mg/kg] vapautumiseen materiaalin huokosilmaan ja kulkeutumiseen rakenteen sisäpinnan kautta [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{h})$] huoneilmaan.

Joka tapauksessa, mikäli rakenteen sisäpinnan kautta huoneilmaan kohdistuva epäpuhtaustuotto tiedetään, pystytään tilan ilmanvaihdon perusteella arvioimaan yksinkertaisella mallilla huoneilmaan muodostuva epäpuhtauspitoisuus. Kun oletetaan, että huoneilma sekoittuu täydellisesti, voidaan sisäilmapitoisuus laskea seuraavalla kaavalla (Nevander, 2009):

$$C_s = C_u + G/nV(1 - \exp^{-f_0(-nt)}) + (C_{s0} - C_u) \exp^{-f_0(-nt)}$$

missä C_s on sisäilman konsentraatio [g/m^3], C_u on ulkoilman konsentraatio [g/m^3], G on epäpuhtaustuotto [g/h], n on ilmanvaihtokerroin [$1/\text{h}$], V on tarkasteltavan tilan tilavuus [m^3], t on aika [h] ja C_{s0} on sisäilman alkukonsentraatio [g/m^3]. $G/(n \cdot V)$ voidaan kirjoittaa myös muotoon $\text{SER} \cdot L/n$, jossa SER on pinta-emissionopeus [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{h})$] ja L on pilaantuneen pinta-alan sekä huoneen tilavuuden suhdeluku [m^2/m^3].

Tässä hankkeessa mallinnettiin esimerkinomaisesti öljyhiilivetyypilaantuneisuuden vaikutus sisäilmaan. Öljyhiilivetyypilaantuneisuus valittiin esimerkkiin, koska on mahdollista, että kierrätettävään ontelolaattaan jää kartoituksesta huolimatta jonkin epätavanomaisen toiminnan takia aiheutunut öljyhiilipilaantunut alue (kaatunut bensiini-/öljykanisteri työmaa-aikana tms.), joka aiheuttaa epäpuhtaustuoton rajatulle alueelle. Öljyhiilivetyypilaantuminen on siinäkin mielessä huomion arvoinen esimerkki, koska käytännössä öljyhiilivetyypilaantuneisuus imeytyy nopeasti huokoisen materiaalin läpi eikä tavanomaisilla rakennusmateriaaleilla ole pitkäaikaista kykyä estää öljyhiilivetyjen kulkeutumista.

Esimerkkitapauksiksi valittiin kaksi erilaista rakennusta eri käyttötarkoituksilla. Mikäli oletetaan öljyhiilivetyypilaantuneisuuden rajoittuvan yhdelle ontelolaatalle 3 m^2 alueelle, tuottaa se erilaisia L arvoja. Lisäksi tapauksissa ilmanvaihtokertoimet riippuvat käyttötarkoituksesta.

1. Esimerkki: Asuinrakennus: heikko/tavanomainen ilmanvaihto, pilaantunut ontelolaatta makuuhuoneen kohdalla:

a. Tilan koko (3,2 m x 2,8 m ja korkeus 2,5 m)

- Ala 9 m^2 ja tilavuus $22,4 \text{ m}^3$
- $L = 0,13 [\text{m}^2/\text{m}^3]$ pilaantuneen pinta-alan sekä huoneen tilavuuden suhdeluku

b. Tarkastelutapaukset:

- Vähäinen ilmanvaihto
 1. Esim. painovoimainen IV asuinkerrostalo kesäaikaan voi olla käytännössä hyvin lähellä 0

2. Tilanne missä ilmanvaihto ei toimi suunnitellusti (laiterikko, palopelti jne.) Valitaan jatkuvaksi (24/7) ilmanvaihtoluvuksi 0,1 [1/h]
- ii. Tavanomainen ilmanvaihto
 1. Valitaan jatkuvaksi (24/7) ilmanvaihtoluvuksi 0,5 [1/h], joka vastaa keskimäärin asumisterveysasetuksen minimitasoa 6 (4) l/s/hlö

2. Esimerkki: Tyypillinen (toimisto, koulu tms. palvelurakennus), pilaantunut ontelolaatta

a. Tilan koko: Toimisto:

- Tilan koko (2,4 m x 4,8 m ja korkeus 2,8 m)
- Ala 11,5 m² ja tilavuus 32,3 m³
- $L = 0,9$ [m²/m³] pilaantuneen pinta-alan sekä huoneen tilavuuden suhdeluku

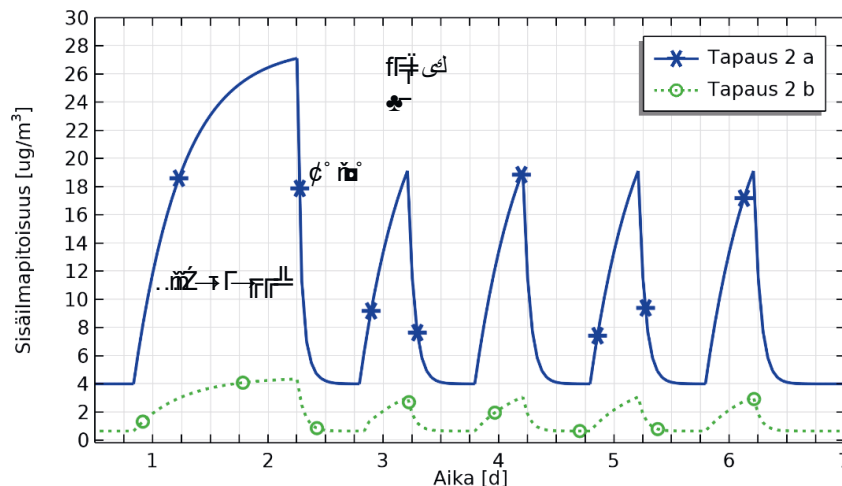
b. Tilan koko: Luokkahuone:

- (9 m x 8 m ja korkeus 2,8 m)
- Ala 72 m² ja tilavuus 201,6 m³
- $L = 0,015$ [m²/m³]

c. Tarkastelutapaukset:

- Ilmanvaihto:
 1. päiväaika 0,7 1/h (arkisin 05-19)
 2. yöaika 0,1 1/h (muut ajat).

Tapauksista ensimmäisessä tapaukset kuvaavat tasapainotilaa, koska niissä on määritetty vakioilmanvaihto. Toisen tapauksen tulokset tuottavat ajasta riippuvan tuloksen, kun ilmanvaihto on määritetty muuttuvaksi. Tapauksessa 1 arvioitu sisäilmapitoisuus jatkuvuustilassa on a) 40 g/m³ ja b) 8 g/m³. Tapauksen 2 tulos on esitetty Kuviossa 1.



Kuvio 1. Tapaus 2 a ja b. Sisäilman pitoisuus ajasta riippuvassa tarkastelussa.

Tuloksia arvioitaessa sisäilmapitoisuuden kriittisenä pitoisuutena voidaan käyttää yhdelle yksittäiselle haihtuvalle orgaaniselle yhdisteelle asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015) annetun toimenpiderajan mukaista $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ raja-arvoa (tolueenivasteella laskettuna). Tulosten perusteella kyseinen raja-arvo ei ylity, mutta eri tulosten perusteella voidaan nähdä, että sisäilmariskiinkin vaikuttaa merkittävästi epäpuhtautta tuottavan rakenteen pinta-ala sekä sen suhde tarkasteltavan huoneen tilavuuteen. Merkittävänä tekijänä on myös tilan ilmanvaihto.

Aiempien tutkimusten tulosten perusteella sisäilmanlaatuun kaasufaasissa vaikuttavien haitta-aineiden laskennallinen mallintaminen on haastavaa, mutta mahdollista, jos laskennan perusteena käytettävien materiaali- ja ilmanäytteiden määrä on riittävän suuri. Huomioitavaa on, ettei yhdisteryhmien; kuten öljyhiilivetyjen tai PAH(16)-yhdisteiden; laskennallisia tuloksia voida verrata nykyisen lainsäädännön yksittäisille VOC-yhdisteille esitettyyn toimenpideraja-arvoon (STMa 545/2015). Tämän vuoksi eräissä aiemmassa tutkimuksessa on laskennallisessa mallintamisessa verrattu laskennallisen pintatuoton arvoja rakennusmateriaaliemissioluokituksen kautta laskettuihin vertailuraja-arvoihin öljyhiilivetyjen sisäilmariskien arviointia varten. Kyseisen tutkimuksen näyteotanta oli erittäin laaja, joten sen perusteella saatuja tuloksia voidaan pitää varsin edustavina. (Komulainen, 2020; Komulainen, 2024)

9.9 Säteilyturvallisuus

Kaikissa luonnon kivi- ja maa-aineksissa esiintyy luonnollisia radioaktiivisia aineita. Näitä ovat uraani ja sen hajoamistuotteet, torium ja sen hajoamistuotteet sekä kaliumin radioaktiivinen isotooppi, kalium-40. Eniten näitä radioaktiivisia aineita esiintyy graniittisissa kivilajeissa. Radioaktiiviset aineet voivat myös rikastua teollisissa prosesseissa eri jakeisiin kemiallisten ominaisuuksiensa mukaisesti. (Turtiainen, 2025a.)

Säteilyturvakeskus valvoo rakennustuotteiden radioaktiivisuutta säteilylain 859/2018 nojalla. Säteilyturvakeskus velvoittaa toiminnasta vastaavaa selvittämään rakennustuotteen aiheuttaman säteilyaltistuksen, jos se voi aiheuttaa väestölle viitearvoa suuremman säteilyaltistuksen (153 §). Viitearvo talonrakennuksessa käytettäville rakennustuotteille on 1 mSv vuodessa, muulle rakentamiselle 0,1 mSv vuodessa (STMa ionisoivasta säteilystä 1044/2018, 24 §).

Seuraavien rakennustuotteiden aiheuttama säteilyaltistus on aina selvitettävä (VNa ionisoivasta säteilystä 1034/2018, 53 §): 1) rakennuksen runkorakenteet, jotka valmistetaan mineraalipohjaisista raaka-aineista; 2) rakennustuotteet, joiden

pääasiallisena raaka-aineena on käytetty graniittia tai muita granitoideja kuten granodioriittia, tonaliittia tai gneissia sisältävää kalliomursketta, soraa tai hiekkaa; 3) rakennustuotteet, joiden raaka-aineena on käytetty tuhkaa tai mineraalipohjaisia luonnon raaka-aineita hyödyntäviltä teollisuudenaloilta syntyneitä väli- tai sivutuotteita tai jätteitä.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen STUK S/6/2022 mukaan Vna 1034 mukaisen altistuksen selvittämisessä rakennustuotteesta aiheutuva väestön altistus selvitetään laskennallisesti rakennustuotteen radium-226:n, torium-232:n ja kalium-40:n aktiivisuuspitoisuuksista rakennustuotteen aiotussa käyttötarkoituksessa. Tätä selvitystä ei kuitenkaan tarvitse tehdä, jos talonrakennukseen käytettävän rakennustuotteen torium-232:n, radium-226:n, kalium-40:n ja cesium-137:n aktiivisuuspitoisuudet alittavat määräyksen mukaisen summapitoisuuden $C_{Th}/200 + C_{Ra}/300 + C_{K}/3000 \leq 1$. (Säteilyturvakeskus 2022, 13§.)

Tutkimuksen (Turtiainen ym., 2024) mukaan ei ole havaittu, että Suomessa työpaikkarakennusten rakennusmateriaalien aiheuttama vuotuinen efektiivisen annoksen lisäys työaikana ylittäisi viitearvon 1 mSv. Keskimääräinen suomalainen työntekijä saa vuoden aikana työpaikkansa rakennusmateriaaleista arviolta 0,1 mSv:n efektiivisen annoksen. Otannassa löytyi kuitenkin yhdeksän rakennusta, jotka asuinkäytössä aiheuttaisivat asukkaille viitearvoa suuremman säteilyaltistuksen. Nämä rakennukset olivat betoni- tai osittain betonirunkoisia ja sijoittuivat korkean taustasäteilyn alueille. Selvityksen perusteella on edelleen huomattava, että suurin mitattu annosnopeus sisätiloissa aiheuttaisi asuinkäytössä noin 1,5 mSv:n ylimääräisen vuotuisen annoksen. Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos kaikista ionisoivista säteilylähteistä on 5,9 mSv vuodessa. Asuntojen radonpitoisuuden viitearvoa 300 Bq/m³ vastaava efektiivinen annos on noin 10 mSv vuodessa.

Säteilystä aiheutuvan riskin selvittäminen olemassa olevassa rakennuksessa tehtävillä mittauksilla on käytännössä haastavaa tavanomaisissa uudelleenkäytön hankkeissa. Taustasäteilyn annosnopeus on Euroopassa keskimäärin 0,04 µSv/h tai 0,29 mSv vuodessa. Rakennustuotteiden sallittu säteilyn annosnopeus 1 mSv vuodessa on siis sen päälle tulevaa säteilyannosta. Kun nämä lasketaan yhteen ja jaetaan esimerkiksi toimistorakennuksen käyttötunneilla päästään tulokseen $1,29 \text{ mSv} / 7000 \text{ tuntia} = 0,18 \text{ µSv tunnissa}$. Tämä on siis viitearvon tasolla vallitseva annosnopeus. Edullisten geigermittareiden (väestönsuojelumittarit) herkkyys ei ole lähelläkään tätä. Mittaus olisi mahdollinen esimerkiksi spektrometrillä, mutta niiden hankintakustannus on merkittävä ja ne vaativat erikoiskoulutetun asiantuntijan käyttäjäksi. (Turtiainen, 2025b.)

Arviointi koskee vain talonrakennuksessa käytettäviä rakennustuotteita, sillä muussa rakentamisessa viitearvoa suurempaa säteilyaltistusta esiintyy hyvin

harvoin. Tärkeintä on selvittää huolellisesti rakennuksen runkorakenteiden radioaktiivisuus, sillä viitearvoa suurempi säteilyaltistus liittyy tyypillisesti niihin. Pinnoitteet (esimerkiksi kivilaatat tai kaakelit) aiheuttavat liiallista säteilyaltistusta vain harvoin, joten niiden tutkiminen ei ole välttämätöntä. (Turtiainen, 2025b; Aatos, 2003.)

Jos poltetut, uudelleen käytettävät, savitiilet tulevat ulkoseinärakenteeseen paksuhkon betonirakenteen ulkopuolelle on riski tiilistä aiheutuvalle viitearvon ylitykselle hyvin pieni. Esimerkiksi 12 cm paksu betonielementti vaimentaa noin 76 % sen ulkopuolelta tulevasta säteilystä (Turtiainen, 2025 b). Riskinarvio on kuitenkin suositeltavaa näissäkkin tapauksissa, ellei voida varmistua, että näitä tiiliä ei tulevaisuudessakaan käytetä muussa rakenteessa, missä sisätiloissa oleskelevat voisi altistua säteilylle.

Kiviainesta sisältävissä rakennusmateriaaleissa, kuten betonissa, on pieniä määriä radonia tuottavaa radiumia. Radonista aiheutuva säteily ei ole erityinen riski uudelleenkäytön näkökulmasta. (Zhu ym., 2022.)

10

Uudelleenkäytön suunnittelu

Hankkeen suunnitteluosiossa perehdyttiin pääasiassa suunnittelun perusteisiin ja prosessiin keskittyen rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyviin erityispiirteisiin, pääasiassa rakennesuunnittelun näkökulmasta. Yksi keskeisistä teemoista on vanhojen suunnitteluohjeiden ja normien tulkinta sekä tarve verrata niitä nykyisiin suunnittelun standardeihin suunniteltavien rakenteiden turvallisuuden ja terveellisyyden varmistamiseksi. Hankkeessa ei juurikaan käsitellä tulevia, jo osittain julkaistuja, muttei vielä käytössä olevia eurokoodin toisen sukupolven periaatteita.

10.1 Tausta ja menetelmät

Tämän loppuraportin luvuissa seitsemän ja kahdeksan on käsitelty tietoa, joka kerätään tuotekortin muotoon. Nämä tiedot toimivat rakennesuunnittelun tärkeänä pohjatietona. Tuotekorttia on kuvattu luvussa kuusi. Lisäksi luvussa yhdeksän käsitellään uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden mahdollisia ja sallittuja epäpuhtauksia sekä niille suositeltavia puhdistuskäsittelyitä. Nämä kaikki edellä mainitut sisällöt ja tiedot antavat oleellisia lähtötietoja suunnittelijalle, silloin kun arvioidaan ja suunnitellaan uudelleenkäytettävän rakennustuotteen tarvittavia korjaustoimenpiteitä.

Rakennesuunnittelijan tehtävä onkin ottaa kantaa käytettävissä olevan uudelleenkäytettävän rakennustuotteen soveltuvuuteen suunniteltavassa kohteessa ominaisuuksiensa puolesta sekä tuoda esille mahdolliset lisätutkimustarpeet, jotta potentiaaliset uudelleenkäytettävät tuotteet saadaan mahdollisimman tehokkaasti seulottua epäsoveltuvista tuotteista sekä saadaan mahdolliset lisätutkimukset osaksi päivitettävää tuotekorttia.

Hankkeessa on käsitelty muita suunnittelualoja kuin rakennesuunnittelua lähinnä suunnitteluprosessia kehitettäessä ja rakennneosien potentiaalista käyttöä arvioitaessa. Hankkeessa ei käsitelty juurikaan rakennusosien tai -tuotteiden uudelleenkäyttöä rakennusfysiikan näkökulmasta. Tämä johtuu osittain siitä, että hankkeen rajauksessa valittujen tuotteiden sekä käyttöympäristön (sisäympäristöt) osalta tälle ei ole tarvetta. Rakennusfysiikkaa on tarkasteltu lähinnä rakenteen ääneneristävyyden näkökulmasta.

Hankkeessa ei syvennytty varsinaiseen purkusuunnitteluun, koska samaan aikaan hankkeen kanssa oli käynnissä kansainvälinen ReCreate-hanke. ReCreate syventyy rakennuksen purkamiseen turvallisesti, rakennusosien ehjänä irrottamiseen ja rakenteelliseen purkusuunnitteluun nosto-osineen (Vullings, Huuhka, Wijte ym., 2024).

Vaikka uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden suunnittelu noudattaa pitkälti olemassa olevien suunnitteluohjeistuksien periaatteita, eroaa suunnittelu-prosessi kuitenkin perinteisestä uudisrakentamisen suunnittelusta vaiheistuksen osalta. Suunnitteluprosessi oli ensimmäisiä kehitettäviä ja muiden hankeosa-alueiden kanssa sovitettavia asiakokonaisuuksia. Työssä käytettiin apuna Rakennustiedon tuottamia tehtäväluetteloita hankevaiheineen (RT 103254, Pääsuunnittelijan tehtäväluettelo).

10.2 Aineisto

Rakennesuunnittelu on säädeltyä. Suunnittelun standardeja ja ohjeita on tuhansia sivuja. Tämän vuoksi itse oppaassa eikä tässä hankkeessa anneta tarkkaan määriteltyjä ohjeita siitä, miten tulisi suunnitella, vaan keskitytään siihen, mitä tulee ottaa huomioon suunniteltaessa rakennuksia uudelleenkäytettävistä rakennustuotteista. Siten erityisesti oppaassa viitataan olemassa oleviin standardeihin tai oppaisiin. Hankkeen suunnitteluosuudessa ja oppaassa on tarkasteltu ja tuotu esiin kuormitusmääräysten kehittyminen 1900-luvun alusta 2000-luvulle ja niiden eroja toisiinsa sekä voimassa oleviin eurokoodeihin. Materiaalikohtaista suunnittelua käsiteltiin lähinnä esimerkkien kautta ja listattiin hankkeen rajauksen mukaisesti vanhoja materiaaleja. Lisäksi hankkeessa tarkasteltiin ja oppaassa tuodaan esiin palomääräysten ja ääneneristävyyden vaatimusten kehittyminen.

10.2.1 Nykyinen lainsäädäntö, suunnittelustandardit ja -käytännöt

Eurokoodien ensimmäinen sukupolvi sisältää säännöt, jotka ovat ensisijaisesti tarkoitettu uusien rakenteiden suunnitteluun. Vaikka standardin EN 1990 periaatteita voidaan soveltaa myös olemassa oleviin rakenteisiin lisättyjen tai muutettujen määräysten avulla, vaatii tämä osaamista. Standardien soveltaminen on tuttua erityisesti korjausrakentamisen kohteissa, joissa kantaviin rakenteisiin tehdään muutoksia, mutta ei niinkään uudisrakentamisessa.

Ympäristöministeriön asetuksen 8 § (477/2014) kantavista rakenteista määrittää seuraavaa suunnitellun käyttöiän osalta:

"Suunnittelijan on määritettävä rakenteen suunniteltu käyttöikä, joka on suunnittelussa oletettu ajanjakso, jolloin rakennetta tai sen osaa käytetään suunniteltuun tarkoitukseensa ennakoituin kunnossapitotoimenpitein, ja ympäristö olosuhteita kuvaavat rasitusluokat."

"Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakenne suunnitellaan ja toteutetaan siten, että rakenne ja sen valmistamiseen käytetyt rakennusaineet säilyttävät suunnitelmissa edellytetyt ominaisuutensa koko suunnitellun käyttöiän ajan."

Ympäristöministeriön ohje Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa, Rakenteiden lujuus ja vakaus, Kantavien rakenteiden suunnitteluperusteet ohjeistaa määrittämään tavanomaisille rakennuksille vähintään 50 vuotta ja merkittäville arvorakennuksille vähintään 100 vuotta. Korjaushankkeiden yhteydessä rakenteiden jäljellä oleva käyttöikä perustuu kyseisten rakenteiden kuntotutkimukseen, tutkimuksia tarkemmin määrittelemättä. Käyttöiän nosto ohjeen mukaan huomioidaan ilmastosta johtuvia kuormia korottamalla. (YM, 2016.)

Viitanen (2014) esitti vastaavan menettelytavan VTT:n tutkimusraportissaan: 100 years' service life of wood in dry and moderately humid conditions. Tutkimuksessa on esitetty, että puurakenteiden kestoikää voidaan korottaa käyttöluokissa 1 ja 2 suunniteltujen kuormien ominaisarvoja korottamalla.

Eurokoodin SFS-EN 1990 liitteessä D on esitetty arviointimenetelmiä rakenteiden lujuuden arvioinnille tilanteessa, jossa rakenteen lujuudesta ei ole tietoa etukäteen. Liitettä D ei ole tehty uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden testaustukselle, joten siinä esitettyjä menetelmiä tulee soveltaa. Betonirakenteille vastaavan menettelytapaan betonin lujuuden arviointiin ohjeistetaan myös by65 Betoninormit 2016 kirjassa.

Edellä mainittujen lisäksi eurooppalainen standardisoinnin keskusjärjestö CEN on julkaissut CEN/TS 17440:2020 Assessment and retrofitting of existing structures. CEN/TS 17440 on tekninen asiakirja, eikä se omaa EN-asiakirjan

standardimaista asemaa. Se on tarkoitettu käytettäväksi yhdessä Eurokoodien ensimmäisen sukupolven kanssa. Eurokoodeja kehitetään parhaillaan, mikä johtaa Eurokoodien toisen sukupolven sarjaan, joka sisältää joitakin uusia vaatimuksia arviointiin ja jälkiasennukseen liittyen. CEN/TS 17440:n muuntaminen uudeksi Eurokoodiksi, joka on täysin yhteensopiva toisen sukupolven Eurokoodien tarkistetun sarjan kanssa, on meneillään oleva tehtävä. (Lang, 2021.)

CEN/TS 17440:n käyttäminen mahdollistaa olemassa olevien rakenteiden turvallisuuden ja käytettävyyden arvioinnin yhdenmukaisella viitekehyksellä. Se mahdollistaa olemassa olevien rakenteiden datan käyttämisen perusmuuttujien arvojen päivittämiseen ja rakenteellisten mallien päivittämiseen, mikä mahdollistaa rakenteellisen suorituskyvyn realistisemmän arvioinnin. Se sisältää myös joitakin yleisiä periaatteita rakenteellisen kestävyysarvioimiseksi, korostaen tarpeen sisällyttää heikentymisen ja historiallisen rakennustekniikan vaikutukset. Vaikka asiakirjan keskeinen tarkoitus onkin arvioida rakenteellisten toimenpiteiden tarvetta, asiakirjan soveltamisala ei sisällä erityisiä sääntöjä toimenpiteiden toteuttamiseen tai rakenteiden hallintaan. (Lang, 2021.)

10.2.2 Oppaat ja muu hyödynnetty tausta-aineisto

Hankkeessa suunnittelun osalta käytettiin taustamateriaalina RIL:n oppaita tiettyihin rakennusmateriaaleihin, riskienhallintaan sekä erityismenettelyyn liittyen.

Hankkeen alussa Aalto-yliopiston toimesta tehtiin useampi kirjallisuuskatsaus, joihin viitattiin tämän loppuraportin ensimmäisessä luvussa. Alle on esitetty osittaiset yhteenvedot sekä muutamia nostoja kyseisistä tutkimuksista ja kirjallisuuskatsauksista. Kirjallisuuskatsaukset ovat toimineet teoriapohjana ja taustamateriaalina erityisen hyvin käyttöiän ennustamiseen ja rakenteiden ja materiaalien tutkimisen määrittelyyn tässä hankkeessa.

Kansainväliseen tutkimuskirjallisuuteen perustava kirjallisuuskatsaus Remaining service life prediction of deconstructed components (Hosseini, julkaisematon) käsittelee jäljellä olevan käyttöiän määrittelmän ja esittelee globaalisti tunnettuja menetelmiä teräsbetonirakenteiden jäljellä olevan käyttöiän ennustamiseksi. Kirjallisuuskatsaus keskittyy erityisesti teräsbetonirakenteisiin sisäympäristössä. Edellisen lisäksi katsauksessa esitettiin käyttöikäennustaminen liimapuu- sekä muurattujen rakenteiden osalta. Yleisesti ottaen käyttöiän ennustaminen perustuu käytännön kokemukseen perustuviin arvioihin, kiihdytettyihin testeihin, matemaattiseen mallintamiseen sekä lisäkonseptien, kuten luotettavuuden ja stokastisten menetelmien, integrointiin. Menetelmiä käytetään joko erikseen tai yhdistelminä. (Hosseini, julkaisematon.)

Puurakenteiden kestävyys ja käyttöikä ovat riippuvaisia niiden tarkasta suunnittelusta. Erityisesti puun uudelleenkäytössä pätevät tekijät, kuten rakenteen nykykunto ja purun jälkeinen suunnittelu vaikuttavat merkittävästi myös tulevaan käyttöikään. Puun ollessa hyvässä kunnossa kahden vuosikymmenen jälkeen, on todennäköistä, että se myös säilyy käytössä pitkään samankaltaisissa olosuhteissa. Esimerkkejä pitkäikäisistä puurakenteista ovat historialliset puutalot. Puu voi säilyä vuosisatoja, jos olosuhteet ovat oikeat. Kestävä puu vaatii huolellista ja yksilöllistä suunnittelua, mikä on avainasemassa sen pitkäikäisyyden varmistamisessa.

Betonikomponenttien käyttöikää arvioitaessa otetaan huomioon monia tekijöitä, kuten materiaalin ominaisuudet, ympäristöolosuhteet ja huolto. Betonikomponenttien käyttöikä voidaan arvioida kokemuksen, vastaavanlaisten materiaalien suoriutumisen, nopeutettujen testien tai matemaattisten mallien perusteella. Betonielementtien käyttöiän arviointi suoritetaan yleensä 95 %:n luotettavuustasolla käyttäen log-normaaliajanjakautumaa. Useimmat betonirakenteet voivat saavuttaa 150 vuoden käyttöiän.

Tiilien käyttöikään vaikuttavat niiden loppukäyttö, ympäristöolosuhteet ja tiilien altistus aggressiivisille aineille. Vaikka tiilitalojen elinkaarta ei suoranaisesti käsitelty dokumenteissa, on todettu, että tiili on kestävä materiaali, ja sen käyttöikä voidaan pidentää asianmukaisella suunnittelulla ja huollolla. Tiilien pääasialliset haasteet liittyvät kemiallisiin vaikutuksiin ja yleiseen rakenteelliseen kulumiseen, mutta kun niitä käytetään oikein ja suojataan ympäristövaikutuksilta, ne voivat kestää erittäin pitkään lyhytnäköisesti verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin.

Raportissa havaittiin, että aikamenetelmä on sopivin menetelmä sisätilojen betonirakenteiden jäljellä olevan käyttöiän ennustamiseen. Tämä soveltuvuus perustuu menetelmän riittävään tarkkuuteen, yksinkertaisuuteen ja käytännön soveltamismahdollisuuksiin. Sen sijaan kirjallisuuskatsaus paljasti, ettei liima-puturakenteille, puutuotteille tai muuratuille materiaaleille ole saatavilla teoreettisia menetelmiä käyttöiän ennustamiseen. (Hosseini, julkaisematon.)

Kirjallisuuskatsauksessa Literature Review on Condition Assessment of Reusable Structural Materials and Components (Hao, julkaisematon) keskitytään puurakenteisiin ja keskitytään seuraaviin teemoihin: vauriot puurakenteissa; heikentymismekanismit, jotka jaettiin biologisiin ja fyysisiin heikentymismekanismeihin; vaikutukset rakenteen kantokykyyn (huomioiden halkeilun, lahon ja delaminaation) ja vanhojen puurakenteiden mekaaniset ominaisuudet. Suunnittelun osalta kiinnostavimmat ovat rakenteen kantokykyyn vaikuttavat vauriot sekä vanhojen puurakenteiden ominaisuudet.

Rakennesuunnittelussa vanhojen puurakenteiden mekaanisten ominaisuuksien arviointia, vaikkakaan ei aina välttämätöntä, vaaditaan tyypillisesti vahvistustoimenpiteiden tai korvausten arvioimiseksi, silloin kun kuormituksen muutosta suunnitellaan (Cavalli, ym., 2016.)

Uudelleenkäytettävän puun osalta mekaanisten ominaisuuksien arviointi on yksinkertaisempaa, koska uudelleenkäytettävät puutuotteet on irrotettu ehjänä, jolloin on mahdollista käyttää monipuolisempia testausmenetelmiä rakenteen mekaanisten ominaisuuksien arviointiin. Muutoin työmaaolosuhteet rajoittavat mahdollisuutta soveltaa joitakin testejä; näin ollen mekaanisten ominaisuuksien arvioinnin luotettavuus on korkeampi jo puretun puutavaran osalta.

10.3 Tulokset ja johtopäätökset

Hankkeen suunnitteluosan kehittämistyössä tarkasteltiin suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, standardeja, ohjeita, oppaita ja kansainvälistä kirjallisuutta (Aalto-yliopiston kirjallisuuskatsaukset). Hankkeen ja erityisesti siitä tehdyn oppaan tavoitteena on ohjata rakennesuunnittelijaa sekä muita suunnittelualan ammattilaisia integroimaan uudelleenkäyttö osaksi rakennus- ja suunnitteluprosessia tehokkaasti sekä turvallisesti. Suunnittelussa on otettava huomioon rakennusosien ehjänä purkaminen turvallisesti, rakennustuotteiden kelpoisuus ja soveltuvuus sekä näihin liittyvät aikataulu, dokumentointi- ja riskienhallintamenettelyt.

Suunnittelijan pitää pystyä tulkitsemaan uudelleenkäytettävän rakennustuotteen tuotekorttia ja sen liitteenä olevia tutkimuksia siten, että suunnittelun pohjana olevat materiaali- ja lujuusarvot täyttävät suunnittelun standardien asettamat vaatimukset rakenteiden ja materiaalien varmuudelle. Uudelleenkäytettävän rakenteen käyttöä jatkamisen huomiointi kantavien rakenteiden suunnittelussa tulee tehdä kuormia korottamalla, jos ei tehdä tarkempaa arviointia.

Suunnittelussa tulee huomioida luovuttajarakennuksen sekä tulevan käytön erot muun muassa hyöty-, lumi- ja tuulikuormien, rakenteiden sekä materiaalien varmuuden osalta. Äänen eristävyyttä tai rakenteiden paloturvallisuutta, unohtamatta. Kaikki edellä mainitut asiat tulee huomioida suunnittelussa. Uudelleenkäytön sekä paloturvallisuuden ja rakenteiden mitoituksen osalta tarpeena on tunnistaa eri paloluokkien suoritusvaatimukset ja soveltaa niitä uudelleenkäytettäviin rakennusosiin. Hankkeessa ylipäänsä painotetaankin suunnittelijan asiantuntemuksen merkitystä vanhojen suunnitteluohjeiden tulkinnassa sekä tulevan käyttöä arvioinnissa, mikä on oleellista rakennustuotteiden turvallisen uudelleenkäytön kannalta.

11

Kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen dokumentointi

Tässä hankkeessa uudelleenkäytettävien rakennustuotteisiin liittyvien tietojen dokumentointia on käsitelty kokonaisuutena alkaen luovuttajarakennuksessa tehtävistä selvityksestä, edeten ehjänä irrottamiseen, kuljetukseen ja varastointiin, suunnitteluun, rakentamiseen ja tulevaan käyttövaiheeseen. Vastaavalla tavalla laaja-alaisesti koottua esitystä uudelleenkäyttöön liittyvistä menettelyistä tai dokumentointivaatimuksista ei löydetty muista lähteistä tämän hankkeen aikana.

Oppaaseen laadittu dokumentoinnin ohjeistus pohjautuu yleisiin alalla hyväksyttyihin toimintatapoihin. Tätä tietoa on täydennetty sekä uudelleenkäyttöä koskevasta kirjallisuudesta että hankkeen aikana esiin tulleista tarpeista nousseilla näkökulmilla.

Alalla yleisesti käytössä olevia dokumentoinnin menettelyjä ja vaatimuksia esitetään esimerkiksi seuraavissa ohjeissa, julkaisuissa ja toimintamalleissa:

- Rakennustarkastusyhdistys RTY ry:n ylläpitämä Rakentamisen yhteiset Topten-käytännöt -verkkosivuston (www.toptenrava.fi) ohjekorteissa.
- By42 Betonijulkisivujen kuntotutkimus 2019. Suomen Betoniyhdistys ry.
- Rakennustieto Oy:n RT ja RATU-ohjekortit (kortistot.rakennustieto.fi). Esittelevät hyviä toimintatapoja myös dokumentointiin. Näitä ovat esimerkiksi:
 - RT 10-11255 Talonrakennushankkeen kulku. Riskien- ja laadunhallinta.
 - RT 13-11120 Suunnittelun johtaminen korjaushankkeessa.
 - RT 103615 Terve talo. Vaihekohtaiset tehtävät.
 - RT 103087 Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK18.

Suomalaisen hyvän rakentamistavan mukaiset käytännöt tai tarkasteltu kirjallisuus eivät yleisesti ota kattavasti huomioon uudelleenkäytettävien rakennusosien tiedon pitkäjänteistä koostamista ja hallintaa – erityisesti tilanteissa, joissa rakennusosien omistajuus ja käyttökonteksti muuttuvat elinkaaren aikana. Useimmat selvitykset ja kirjallisuus keskittyvät tiettyyn rakennushankkeen vaiheeseen, kuten suunnitteluun, rakentamiseen tai käyttöön, jolloin kokonaisvaltaisen, läpi elinkaaren leikkaava dokumentointi jää puuttumaan.

Dokumentointia ovat tutkineet ja käsitelleet myös muut viimeaikaiset tutkimus- ja kehittämishankkeet. Näiden hankkeiden jo julkaistuja tuloksia on pyritty hyödyntämään soveltuvin osin myös tässä hankkeessa. Esimerkiksi Digipurku-hankkeessa (<https://gnf.fi/fi/gnf/digipurku/>) dokumentoinnin kulku on kuvattu vaiheittain purkupäätöksestä aina uudelleenkäytön toteutukseen ja käyttöön asti, painottuen tietomallipohjaiseen tiedonhallintaan. Tietomallin rooli mahdollistaa tiedon kulkemisen eri osapuolten välillä ja eri hankevaiheiden sekä toimijoiden välillä. Digipurku-hankkeen mallissa painottuvat erityisesti uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden teknisten ominaisuuksien tiedon siirtyminen sekä eri vaiheiden välinen jatkuvuus. Nämä lähtökohdat ovat yhteneväisiä UURAKET-hankkeen näkökulman kanssa.

ReCreate-hankkeen (<https://recreate-project.eu/>) useat julkaisut, kuten Guidelines for a BIM-aided pre-deconstruction audit (Vullings ym., 2022) ja Procedure for quality management of reclaimed concrete elements (Räsänen ym., 2024c), tuovat esiin uudelleenkäyttöön liittyviä tiedonhallinnan näkökulmia erityisesti esivalmistettujen betonielementtien osalta. Tärkeinä painopisteinä nousevat esiin dokumentointi viranomaishyväksyntää ja laadunvarmistusta varten sekä tiedon säilyminen koko uudelleenkäytön ketjussa. ReCreate-hankkeen havaintojen pohjalta korostuu, että tietoa ei tulisi käsittää vain hankekohtaisena, vaan osana tuotteen pysyvää elinkaaridokumentaatiota.

DIN SPEC 91484 -standardin esiversio tuo esiin rakenteisen, koneluettavan dokumentaation tarpeen ja ehdottaa sen rinnalle myös ihmislähtöisesti luettavaa versiota. Tämä on keskeinen havainto myös UURAKET-hankkeessa, jossa on nähty tarve yhdistää selkeästi esitettyä, rakennuspaikalla tai suunnittelussa hyödynnettävää tietoa digitaalisiin suunnitelmiin ja rakennustuotteiden koko elinkaaren ajan.

EU:n Construction & Demolition Waste Management Protocol (Oberender ym., 2024) korostaa dokumentoinnin muokattavuutta ja rikastamista. Esitetty lähestymistapa on erityisen relevantti uudelleenkäytön osalta, sillä rakennusosien kunto ja käyttötarkoitus voivat vaihdella ajan ja projektin mukaan. Päivitettävän dokumentaation malli tukee myös UURAKET-hankkeen tavoitteita siirtyä kohti elinkaari-lähtöistä tiedonhallintaa.

Wahlström ym. (2019a) taas tarkastelevat dokumentoinnin osuutta osana purkukartoitusta. Heidän laatimansa opas luo perustaa sille, miten uudelleenkäytettäviä rakennusosia tulisi tunnistaa ja kuvata jo varhaisessa vaiheessa. UURAKET-hankkeessa tätä lähestymistapaa on laajennettu kattamaan myös rakennushankkeen ja rakennuksen myöhemmät vaiheet aina käyttövaiheeseen asti.

Edellä esiteltyjen kehittämishankkeiden näkökulmat tukevat UURAKET-hankkeen päätelmää siitä, että uudelleenkäyttöön liittyvä dokumentointi ei voi olla vain yhden toimijan vastuulla tai sisältyä vain tiettyyn rakentamishankkeen vaiheeseen, vaan sen tulee muodostaa johdonmukainen, eri rakentamisen vaiheet ja rakennuksen elinkaaren mittainen katkeamaton ketju. Vaikka UURAKET-hanke ei keskittynytäkään dokumentaation tutkimiseen ja digitaalisten ratkaisujen kehittämiseen, niin hankkeessa on kuitenkin pyritty tarjoamaan malli, joka yhdistää hyvän rakentamistavan mukaiset dokumentoinnin periaatteet käytännönläheisiin vaatimuksiin uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden osalta. Tiedon tuottamista ja hallintaa on tarkasteltu ajallisesti laajasti, ja erityisesti elinkaarinäkökulmaa on pyritty sisällyttämään hankkeen ratkaisuihin systemaattisesti ja läpileikkaavasti.

Rakennustuotteiden korjattavuus, purettavuus ja kierrätettävyyden vaateet tulevat kasvamaan voimakkaasti tulevaisuudessa (muun muassa rakennustuoteasetus 2024/3110). Tämä tarkoittaa rakennustuotteista laadittavien ja saatavien tietojen läpinäkyvyyden ja luotettavuuden vahvistumisena sekä digitaalisten tuotepassien yleistymisenä. Kehitys tulee olemaan nopeaa uusien tuotteiden ja tuotevalmistajien tuotetietojen kehittämisessä, ja se tulee koskettamaan ja vaatimaan uusia ratkaisuja myös uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden tiedon luomisessa, hallinnassa ja rikastamisessa.

12

Työpaja ja lausuntokierrokset sekä kehittämistyö

Hankkeessa tehtiin kirjallisuuskatsauksia ja tiedonhankintaa sekä data- ja laboratorioanalyyskejä ja testattiin sekä kehitettiin tuotettua tietoa hankkeen sisäisissä ja ulkoisissa työpajoissa sekä lausuntokierrosten avulla.

Hankkeen kehittämistyön toteutus perustui tiiviiseen yhteistyöhön hankkeen toteuttajaorganisaatioiden kesken. Jokaisen organisaation sisäinen työskentely tapahtui työryhmissä, ja kehittämisprosessia tukivat hankkeen toteuttajien yhteiset työpajat ja muu yhteiskehittäminen. Iteratiivisen lähestymistavan avulla hankkeessa tuotettuja tietosisältöjä ja hanketuloksena tuotettua opasta ja sen sisältöjä muokattiin ja kehitettiin vaihteittain.

Hankkeessa tuotetun oppaan sisältöä kehitettiin asiantuntijoille järjestetyllä työpajalla maaliskuussa 2024. Työpajoihin kutsuttiin 120 asiantuntijaa ja työpajaan osallistui 64 henkilöä. Työpajojen tulosten perusteella oppaan sisältöjä tarkennettiin ja tarpeen mukaan muutettiin tai korjattiin. Työpaja toteutettiin virtuaalisena ja toteutuksesta vastasivat AFRY Finland Oy:n fasilitaattorit yhdessä hanketoimijoiden kanssa.

Oppaan luonnosversioon tehtiin lisämuokkauksia rajattuihin teemoihin ja rajatun asiantuntijaryhmän kommentointikierroksen perusteella huhtikuussa 2024. Kommentointikierros suunnattiin erityisesti mikrobi- ja altisteasiantuntijoille (10 henkilöä) ja ympäristöministeriön asiantuntijoille (3 henkilöä), jotka tarjosivat aihealueisiin syvällistä osaamistaan.

Seuraavassa vaiheessa oppaan luonnosversio toimitettiin insinööritoimisto IdeaStructura Oy:n asiantuntijoille, joiden kommenttien avulla oppaan sisältöjä

täydennettiin ja täsmennettiin sekä muokattiin lukijaystävällisempään muotoon. Tämän jälkeen opas lähetettiin rakennusvalvontojen (RAVA) TOPTEN-ryhmälle ja heidän nimeämilleen rakennusvalvontojen asiantuntijoille sekä hankkeen ohjausryhmälle (yhteensä 50 henkilöä) kommentoitavaksi kesällä 2024. Kommenttikierros toistettiin rakennusvalvontojen henkilöille (26 henkilöä) syksyllä 2024. Saatujen palautteiden (11 kappaletta) perusteella oppaan sisältöjä kehitettiin ja täsmennettiin edelleen vastaamaan käytännön tarpeita.

Hanketyöryhmä on tehnyt yhteistyötä erityisesti kansallisten muiden teemaan liittyvien tutkimus-kehittämishankkeiden ja hankeasiantuntijoiden kanssa. Yhteistyössä on vaihdettu tietoa hankkeiden välillä sekä keskusteltu muun muassa yhteisen ymmärryksen lisäämiseksi ja terminologian sekä käytänteiden yhtenäistämiseksi.

Viimeinen asiantuntijoille suunnattu lausuntokierros järjestettiin 15.1.–2.2. 2025. Lausuntomahdollisuutta jaettiin muun muassa useiden ammattiliittojen ja järjestöjen sekä yhdistysten ja säätiöiden jäsenkirjeiden yhteydessä sekä rakennusvalvontojen edustajille ja muiden alan jäsenrekistereiden kautta. Lausuntomahdollisuudesta tiedotettiin ja linkkiä lausunnon antamiseksi välitettiin muun muassa Rakennustietosäätiö RTS sr:n verkkosivuilla ja sosiaalisen median kanavissa. Lausunnon vastausaika oli 15.1.–2.2.2025 välisenä aikana.

12.1 Menetelmät

Asiantuntijoille suunnattu työpaja

Hankkeen työpajassa esiteltiin hankkeen taustat ja rajaukset sekä hankkeessa tuotettavan oppaan tarkoitus. Sen jälkeen osallistujat saivat valita itselleen sopivan työpajan teeman mukaan. Teemoja työpajaan oli valittu oppaan sisältöjen perusteella kolme ja ne olivat: 1) tutkiminen, testaaminen ja tuotemäärittely, 2) uudelleenkäytön suunnittelu ja soveltuvuuden osoittaminen ja 3) mikrobitutkimusprosessi. Osallistujat olivat saaneet orientaatiomateriaalin ennen työpajaa.

Teemoittain tehdyissä työpajoissa keskityttiin vain valittuihin teemoihin. Työpajatyöskentely tapahtui verkkovälitteisesti ja Miro-alustalla. Hankkeen työryhmät olivat laatineet Miro-alustalle kutakin teemaa koskevaa materiaalia oppaan luonnosversion sisältöjen mukaisesti. Jokaista työpajateemaa alustettiin ensin lyhyellä esityksellä, jonka jälkeen osallistujia ohjattiin vaiheittain työstämään annettua tehtävää. Tehtävän aikana työpajaosallistujat kirjoittavat havaintojaan ja kehittämisideoitaan tai muita huomioitaan virtuaalisille post-it-lapuille.

Tehdyistä havainnoista ja annetuista ehdotuksista keskusteltiin fasilitaattoreiden johdolla. Työpajatulokset analysoitiin ja niiden avulla oppaan luonnosversiota kehitettiin eteenpäin.

Lausuntokierrokset

Hankkeen ulkopuoleisille toimijoille suunnatut rajatut kommentointi- ja lausuntokierrokset (kesä-heinäkuu 2024 ja lokakuu 2024) järjestettiin Webropol-kyseilyiden avulla. Avoin lausuntokierros järjestettiin verkkokyselynä Microsoft Forms-alustalla 15.1.–2.2.2025.

Vastaajilla oli mahdollisuus vastata kaikkiin tai ainoastaan itseään kiinnostavien osa-alueiden kysymyksiin. Kyselyt toteutettiin anonymisti ja niissä esitettiin monivalintakysymyksiä sekä annettiin mahdollisuus avoimiin vastauksiin.

Kaikki vastaukset käytiin yhdessä läpi hankkeen työryhmässä. Vastauksista ja niiden vaikutuksesta oppaan sisältöön keskusteltiin ja sovittiin kehittämis- ja muutostoimenpiteistä. Lisäksi 15.1.–2.2.2025 tehdyn lausuntokierroksen vastauksista laadittiin tekoälyä hyödyntäen kooste, joka jaettiin oppaan kirjoittajille. Koosteessa painotettiin kommentteja ja näkökulmia, jotka toistuivat vastauksissa. Monivalintakysymyksien vastauksista laadittiin numeraalinen kooste. Lisäksi jokainen kirjoittaja analysoi erikseen oman kirjoitusosuutensa kommentit ja muutostarpeet. Muutokset tarkasteltiin ja tehtiin yhteisymmärryksessä hankeryhmän kanssa.

Lausuntokierroksen monivalintakysymyksissä painotettiin lukujen selkeyttä ja sitä, vastaako sisältö luvun otsikossa ja johdannossa esitettyä. Avoimissa kommenttiosioissa kysyttiin kuinka lukujen sisältöä voisi parantaa.

Hankkeen työryhmien yhteiskehittäminen

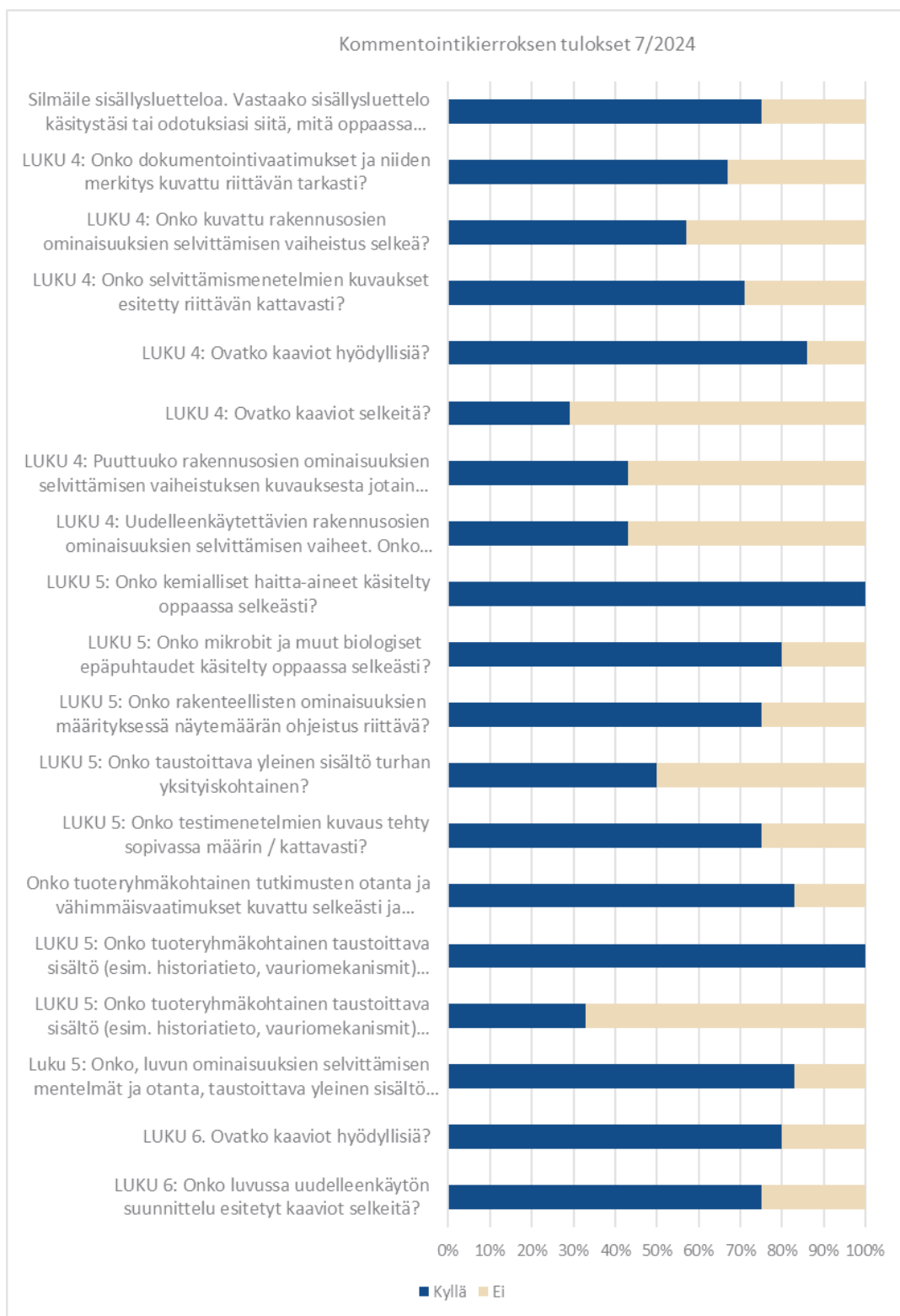
Hanketta toteuttavien organisaatioiden työ perustui ensin organisaatioiden sisäiseen työskentelyyn, joissa työstettävästä teemasta kerättiin ja koottiin asiantuntijatietoa. Tiedon pohjalta oppaan kirjoittajat suuntasivat työtään tiedon hankinnan ja koostamisen näkökulmasta eteenpäin. Tietoa analysoitiin tieteellisistä artikkeleista, opinnäyte- ja väitöskirjatöistä, kansallisista ja kansainvälisistä oppaista, ohjeista ja standardeista. Työterveyslaitoksen ja Aalto-yliopiston työosuuksissa tehtiin myös laboratorio- ja data-analyyseja tukemaan hakkeessa tuotetun tiedon ja sisältöjen kehittämistä.

Hankkeen ja oppaan teemat liittyvät toisiinsa kiinteästi ja siten myös eri organisaatioiden asiantuntijoiden välinen yhteistyö ja -kehittäminen oli tiivistä. Yhteis-

kehittämisen muotoja olivat hankkeen sisäiset työpajat ja yhteiset kokoontumiset, joissa yhteensovitettiin eri organisaatioiden tekemää työtä sekä toisaalta kehitettiin, tarkennettiin ja parannettiin vaiheittain yhteisiä kirjoitus- ja tietosisältöjä oppaaseen.

12.2 Tulokset

Työpajan yhteenveto on esitetty loppuraportin liitteenä. Yhteenvedossa työpajassa saadut vastaukset on analysoitu työpajassa käsiteltyjen teemojen ja niistä satujen vastausten perusteella. Tuloksia on hyödynnetty laajasti oppaan kehittämistyössä. Kohdennettujen asiantuntijalausuntokierrosten (ohjausryhmän ja rakennusvalvontojen sekä ympäristöministeriön asiantuntijat 6–7/2024 ja 10/2024) tuloksia on esitetty Kuviossa 2. Tulokset kuvaavat lausuntokierroksen monivalintakysymysten tuloksia. Näiden rinnalla lausuntokierrokselta saatiin muutamia avoimia vastauksia, jotka liittyivät monivalintakysymyksissä kysyttyjen asioiden kehittämistarpeisiin ja -ehdotuksiin. Vastauksissa saatiin myönteistä palautetta oppaan sisällöstä ja sen selkeydestä. Kehitettävää nähtiin muun muassa oppaan muotoilussa, kaavioiden ja kuvioiden selkeyttämisessä, tekstien ja asiakokonaisuuksien toiston poistamisessa ja tekstin tiivistämisessä. Oppaan laajuutta pidettiin hyvänä, mutta toisaalta myös liian laajana ja perusteellisena.



Kuvio 2. Rakennusvalvontojen TOPTEN-ryhmälle ja rakennusvalvontojen edustajille sekä hankkeen ohjausryhmälle toteutetun kyselyn (6–7/2024) tulokset.

Lausuntokierros 15.1.–2.5.2025, tulokset

Lausuntokierroksella vastauksia saatiin 22 kappaletta. Yhteenvedo vastauksista on esitetty tämän loppuraportin liitteissä. Suurin osa vastaajista oli täysin samaa mieltä tai samaa mieltä (20/22) siitä, että opas kokonaisuudessaan sekä sen eri luvut ovat selkeästi jäsennelty ja niissä on esitetty otsikonmukaiset asiat riittävässä laajuudessa (21/22) ja opas on selkeästi jäsennelty (samaa mieltä tai täysin samaa mieltä 18/22). Lisäksi koettiin, että oppaasta selviää selkeästi, kenelle opas on suunnattu, mitä siinä käsitellään ja mihin se on tarkoitettu (täysin samaa mieltä tai samaa mieltä 22/22).

Kyselyn kautta kerättiin myös avoimia kommentteja. Kommenttien perusteella opasta pidettiin kattavana ja paikoin liian laajana. Oppaan tiivistämistä ja lyhentämistä sekä toistoa toivottiin. Tiivistelmiä, nostoja ja kuvaajia pidettiin selkeinä ja lukemista helpottavina. Lähdeviittauksia pidettiin paikoin vanhentuneina tai puutteellisina. Erityisesti suositeltiin lisäämään viittauksia lähivuosina julkaisuihin uudelleenkäyttöä käsitteleviin julkaisuihin ja hankkeisiin. Lisäksi termien yhtenäistämistä ja selkeyttämistä esimerkiksi rakennustuotteen ja rakennusosien välillä toivottiin. Asiasisältöön saatiin useita yksityiskohtaisia kommentteja.

12.3 Johtopäätökset

Vastausten perusteella opas on riittävän kattava ja pääosin selkeästi jäsennelty. Myös lukujen sisältö koettiin olevan linjassa otsikoiden kanssa ja oppaasta selviää selkeästi, kenelle opas on suunnattu, mitä siinä käsitellään ja mihin se on tarkoitettu. Lausuntokierroksen kaikki vastaukset löytyvät tämän loppuraportin liitteistä.

Lausuntokierroksen tulosten ja erityisesti avointen vastausten pohjalta oppaan luonnosversion todettiin kaipaavan tarkennuksia ja selkeytystä hankkeen rajauksiin erityisesti johdantoluvuissa, jotta lukijalle käy ilmi mitä rakennustuotteita ja mitä uudelleenkäytön vaiheita oppaassa käsitellään syvällisemmin ja mitä ei. Myös termistöön liittyvät epä johdonmukaisuudet käytiin läpi ja sovittiin termien kuten rakennustuote ja rakennusosa käytön yhtenäistämisestä.

Lisäksi opasta korjattiin ja päivitettiin yksittäisten asiasisältöön liittyvien huomioiden ja lähdeviitteiden osalta. Yksittäisenä nostona esimerkiksi säteilyturvallisuuteen liittyvä kappale lisättiin kokonaisuudessaan oppaaseen. Osa oppaan toistosta lukujen välillä todettiin tarpeelliseksi, sillä opas on kirjoitettu käsikirjanomaiseksi eikä oppaan rakennetta muutettu. Lukujen sisäistä turhaa toistoa poistettiin, luvuissa esitettyjä asioita jäsenneltiin selkeyden takia paikoin uusiksi ja tekstejä paranneltiin ja korjattiin.

13

Hankkeen johtopäätökset ja suositukset

UURAKET-hankkeen päätavoitteena oli tehdä opas uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen sekä rakennesuunnitteluun, mikä selkeyttää ja auttaa rakennusosien- ja tuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisessä, uudelleenkäytön suunnittelussa ja rakennuspaikkakohtaisessa varmentamisessa. Tässä loppuraportissa on kuvattu oppaan laatimisessa tehtyä työtä ja käytettyjä menetelmiä sekä oppaaseen tehtyjen valintojen perusteluja.

Opasta on kehitetty vaiheittain ja osallistaen asiantuntijoita, viranomaisia, ohjausryhmää ja muita hankkeesta kiinnostuneita tahoja laajasti koko kehittämistyön ajan. Hankkeessa järjestetyn viimeisien ja laajimman lausuntokierroksen tulokset vahvistavat osaltaan näkemystä siitä, että opas koetaan hyödylliseksi ja tarpeelliseksi rakennustuotteiden uudelleenkäytön eri vaiheissa rakennushankkeissa. Aika tulee näyttämään, kuinka hyvin tämän hankkeen tuotoksena luotu opas tulee jalkautumaan käytäntöön ja kuinka se lopulta palvelee uudelleenkäyttöhankkeissa toimivia tahoja. Kuten todettu, niin rakennustuotteiden uudelleenkäyttö ja siihen liittyvien kokeilujen, tiedon tuottaminen ja kiinnostus uudelleenkäyttöön ovat kasvamassa nopeasti. Tämä luo jatkossakin tarpeita oppaiden ja ohjeiden päivittämiseen.

Tässä luvussa tehdään nostoja hankkeen tärkeimmistä johtopäätöksistä teemoittain ja tuodaan esiin suosituksia ja jatkotutkimus- sekä kehittämistarpeita.

Selvittäminen, tutkiminen ja testaaminen:

- Olemassa olevien rakennusten kuntotutkimuksia varten laaditut oppaat ja ohjeet ovat sovellettavissa myös uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittämiseen.
- Rakennustuotteiden alkuperäiseen valmistamiseen liittyvät testimenetelmät ja standardit ovat monelta osin sovellettavissa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittämisessä.
- Erityisen tärkeää on tunnistaa uudelleenkäytön kannalta selvitettävät ominaisuudet ja jaotella ne kriittisistä vähemmän kriittisiin ominaisuuksiin, jolloin selvitykset voidaan tehdä kustannustehokkaasti ja tarkoituksenmukaisesti edeten kustannuksiltaan alhaisemmista tutkimuksista kustannuksiltaan merkittävimpiin tutkimuksiin.
- Sopivalla tuote- ja käyttökohdevalinnalla voidaan vaikuttaa kelpoisuuden selvittämisen prosessin laajuuteen, aikatauluun ja kustannuksiin.
- Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden olennaisten ominaisuuksien suoritus-
tasojen tulee täyttää käyttökohteessa ominaisuuksille asetetut vaatimustasot.
- Oppaassa esitetyt tutkimusmenetelmät ja otannat pohjautuvat pääosin vakiintuneisiin menetelmiin eikä erityisesti riittävästä otannasta ole vielä juurikaan kokemuksia. Oppaassa on pyritty esittämään menettelyt, joilla voidaan varmistua erityisesti kelpoisuuden ja soveltuvuuden, terveellisyyden ja turvallisuuden kannalta kriittisistä tekijöistä huomioiden myös resurssi- ja kustannustehokkuus. Uudelleenkäytön yleistyessä tarpeenmukaisen testauksen tarve ja sovellettavat tutkimusmenetelmät täsmentyvät.

Jatkokehittämistarpeet ja suositukset:

- Tutkimustiedon karttuessa uudelleenkäyttöselvityksen tutkimussisältöä ja -otantaa voi olla syytä päivittää ja kehittää, mutta ainakaan alkuun sitä ei suositella supistettavan ilman painavia perusteita.
- Uudelleenkäytön yleistyessä ja kansallisten tietokantojen sekä markkina-
paikkojen yleistyessä, uudelleenkäyttöselvityksen eri vaiheita ja niiden sisältöjä tulee täsmentää ja kehittää tarvittaessa.
- Tässä hankkeessa on hyödynnetty pääasiassa kansallisia ja eurooppalaisia tuoteryhmäkohtaisia harmonisoituja standardeja, mutta on syytä varautua siihen, että oppaassa esitetyt vaatimustasoon ja otantoihin liittyviä asioita tulee päivittää tulevaisuudessa, esimerkiksi uuden rakennustuoteasetuksen myötä.
- Uudelleenkäytön yleistyessä rakennusosien ja -tuotteiden kelpoisuuden selvitysten määrä kasvaa, ja tämä nähdään ainutlaatuisena mahdollisuutena luoda

tutkimustuloksista yhteinen tietokanta tai -pankki, joka parantaa tulosten luotettavuutta ja hyödyttää rakennustekniikan tutkimuskenttää suuresti. Erityistä hyötyä nähdään rakennetta rikkovien testaustulosten ja samaa ominaisuutta suoraan tai välillisesti kuvaavien NDT-menetelmien vertailussa betoni-rakenteille ja tiilille, sekä eri aikakausille tyypillisten materiaaliominaisuuksien tilastoimisessa.

- Laajan korrelaatiotiedon kerääminen on mahdollista rakennustuotteiden uudelleenkäytön lisääntyessä, ja tämä tunnistetaan selkeäksi alaa edistäväksi kehityskohteeksi, minkä avulla myöhemmin uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden testaamista voidaan mahdollisesti keventää.
- Erityistä hyötyä nähdään rakennetta rikkovien testaustulosten vertaamisessa alkuperäiseen ilmoitettuun suoritustasoon, sekä samoja ominaisuuksia osaltaan selvittävien NDT-menetelmien vertailussa.
- Liimapuun uudelleenkäyttöselvityksissä ei ole kentälle ultraääneen tai vastaavaan perustuvia NDT-menetelmiä tai niiden soveltamisohjeita yleisesti käytössä Suomessa, kuten betonirakenteilla (kimmovasara, ultraääni). Jatkotutkimustarve edellä mainituille menetelmille on ilmeinen etenkin mekaanisten ominaisuuksien osalta uudelleenkäytettäville rakennneosille, jotka ovat luovuttajarakennuksessa paikallaan uudelleenkäyttökartoitus/-tutkimusvaiheessa.

Haitta-aineet ja epäpuhtaudet:

- Tavanomaisista rakennus- ja käyttökohteista peräisin olevat betoni-, tiili- ja liimapuurakennustuotteet eivät nykytiedon valossa sisällä erityisen ongelmallisia kemiallisia aineita sisäympäristöjen terveellisyyden tai turvallisuuden kannalta. Näitä rakennustuotteita voidaan uudelleenkäyttää, kunhan haitallisia aineita sisältävät liitännäiset materiaalit tai kontaminoituneet osat on tunnistettu ja asianmukaisesti käsitelty.
- Tapauskohtaisesti kemiallisten epäpuhtauksien huomioiminen ja jatkotoimenpiteet voivat vaatia erikoisosaamista, esimerkiksi viihtyisyshaittojen näkökulmasta.
- Mikrobivauriot tulee huomioida uudelleen käytössä. Epävarmuus puhtauteen liittyen voi heikentää uudelleenkäytettävien rakennusosien ja tuotteiden hyväksyttävyyttä.
- Hankkeessa on kehitetty uusi ohjeistus mikrobeiden tutkimiseksi ja siihen liittyvä luokittelu rakennusosien- ja tuotteiden uudelleenkäytössä.
- Uudelleenkäytettävien rakennusosien ja -tuotteiden mikrobeiden tutkimisen painopiste on aistinvaraisessa ja kosteusteknisessä riskien arvioinnissa,

joissa voidaan hyödyntää jo vakiintuneita ja käytössä olevia kuntotutkimusmenetelmiä.

- Mikrobeiden esiintymiseen ja niiden pitoisuuksiin liittyviä suoria juridisia vaatimuksia uudelleenkäytettäville rakennustuotteille ei ole, mutta käytännössä nykylainsäädäntö johtaa siihen, että mikrobivaurioitunutta materiaalia ei voi käyttää sisäilma yhteydessä olevissa rakenteissa.

Jatkokehittämistarpeet ja suositukset:

- Lainsäädännön asettamat reunaehdot, esimerkiksi SVHC-aineiden ja POP-yhdisteiden osalta, on otettava huomioon, kun tuotteita saatetaan markkinoille. Velvoitteiden täyttäminen voi vaatia uudenlaista suhtautumista haitta-ainetutkimuksiin, sillä uudelleenkäyttökelpoisuus tulee arvioida kokonaisvaltaisesti.

Tiedonhallinta:

- Tässä hankkeessa luotu yhtenäinen malli uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden tuotetiedolle voidaan nähdä edellytyksenä myös markkinapaikan syntymiselle
- Hankkeessa kehitetty uudelleenkäyttöselvityksen vaiheet pohjautuvat olemassa oleviin ohjeisiin ja käytäntöihin.
- Uudelleenkäyttöselvityksessä tuotetun tiedon dokumentointimuoto on uudelleenkäytön sujuvuuden kannalta avainasemassa. Eri rakennuksista eri toimijoiden tuottama tieto tulisi dokumentoida yhteneväisesti ja sellaisessa muodossa, että kaikkien toimijoiden on mahdollista hyödyntää tuotettua tietoa kaikissa uudelleenkäytön eri vaiheissa katkeamattomasti.

Jatkokehittämistarpeet ja suositukset:

- Markkinan kasvun edellytyksenä on uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ja rakentamisen yhtenäisen tietosisällön ja esitystavan määrittäminen.
- Uudelleenkäyttökohteissa tulisi kerätä tietoa hankkeessa esitetyn uudelleenkäytön toimintamallin prosessin toimivuudesta, sen sujuvuudesta ja kehitystarpeista. Tämän avulla voidaan jatkossa myös arvioida sitä, miten arvioida uudelleenkäyttöselvityksessä tuotettu tieto on hyödynnettävissä uudelleenkäyttöselvityksen jälkeisissä purkamisen ja ehjänä irrottamisen vaiheissa.

- Yleisesti tunnistettu kehittämistarve on kytkeä tietomalli ja muu rakennushankkeen data yhteen, mukaan lukein rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyvä tuotetieto ja muu tieto.

Vastuut ja sopimusasiat:

- Eri osapuolten tehtävät ja vastuut on tärkeä määritellä rakennushankkeissa hankkeen alussa.

Jatkokehittämistarpeet ja suositukset:

- Sopimusteknisistä malleja tulisi kehittää rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä koskeviin hankkeisiin.

Suunnittelu:

- Tulevassa eurokoodin toisessa sukupolvessa annetaan menetelmiä rakenteiden uudelleenkäytölle, kyseistä osaa eurokoodia ei ole vielä julkaistu, eikä sille ole vielä kansallista liitettä. Tämän lisäksi toisen sukupolven eurokoodeja saa virallisesti käyttää vasta vuonna 2028. Näiden ohjeiden lisäksi, on todennäköistä, että tulevaisuudessa tehdään myös uusia sovelluksia ja uutta tutkimusta rakenteiden ja materiaalien käyttöiän arviointiin.
- Varmalla puolella oleva mitoitustapa yhdistettynä tarkoituksenmukaisiin selvitys- ja tutkimusmenetelmiin on nähty ensisijaisimpana tapana pilotoida ja toteuttaa uudelleenkäyttöä rakennesuunnittelussa.
- Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö ei saa johtaa osaoptimointiin, jossa vähähiilisuuden ja materiaalitehokkuuden nimissä tingitään rakennuskohteen turvallisuudesta ja terveellisyydestä.

Jatkokehittämistarpeet ja suositukset:

- Suunnittelussa selkein jatkotutkimusta vaativa osa-alue on olemassa olevien rakenteiden jäljellä olevan käyttöiän arviointi. Eri materiaaleille löytyy ohjeita käyttöiän arviointiin, mutta kyseiset ohjeet ovat yleisellä tasolla ja yleensä koskevat uusia rakenteita.

Lainsäädännön rajapintahaasteet, jatkokehittämistarpeet ja suositukset:

- Kiertotalouden edistämisessä on tunnistettu jäte-, tuote- ja kemikaalilainsäädännön rajapintahaasteet. Suomen kansallinen lainsäädäntö pohjautuu EU-lainsäädäntöön, joten lainsäädännön muuttaminen soveltuvaksi kiertotalouden mukaisiin toimintamalleihin vaatii laaja-alaista yhteystyötä ja vaikutamista EU-lainsäädäntöön.
- Lainsäädännöllä pitäisi luoda ennakoitava ja kiertotalouden mukaisia toimintamalleja tukeva toimintaympäristö. Suomen, kuten muidenkin jäsenvaltioiden, on kuitenkin mahdollista tehdä kansallisia tulkintalinjauksia ja ohjeistuksia, joilla voitaisiin jo nyt selkeyttää tuotteiden uudelleenkäyttöön liittyviä tulkintahaasteita, joita toiminnanharjoittajat, kiinteistönomistajat sekä myös ympäristöviranomaiset joutuvat kohtaamaan.
- Uudelleenkäyttö edellyttäisi seuraavissa tapauksissa teknisen kelpoisuuden selvittämisen lisäksi myös jätelainsäädännöstä johtuvan jäteluonteen päättymismenettelyn läpäisemistä, jotta tuote voidaan luovuttaa laillisesti seuraavalle käyttäjälle:
 - Erityisesti tilanteissa, joissa ehjänä uudelleenkäyttöön irrotettua rakennustuotetta muutetaan, sitä käytetään alkuperäisestä poikkeavassa käyttötarkoituksessa tai se on siirretty jätteenä ympäristöluvalliseen vastaanottoapaikkaan, kun varmuutta jatkokäytöstä ei purkuhetkellä välttämättä ole, tuotteen uudelleenkäyttö kuuluu jätelainsäädännön tarkoittamaan ”uudelleenkäytön valmistelu” kategoriaan, jolloin tuote on siis jätettä.
- Uudelleenkäytön valmistelun läpikäyneille tuotteille tulisikin luoda nykyistä EEJ-menettelyä kevyempi menettely, joka poistaisi epävarmuutta uudelleenkäyttöön valmisteltavien tuotteiden jäteluonteesta ja siten edistäisi osaltaan uudelleenkäyttömarkkinoiden syntymistä. Tähän menettelyyn liittyen tulisi luoda arviointikriteeristö erityyppisille tuoteryhmille, joiden avulla voidaan varmistaa terveellisyyteen ja turvallisuuteen liittyvät näkökohdat sekä vastuut sekä soveltuvat valvontamenettelyt.

Lähteet

- 305/2011 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/305/oj/eng>.
- 954/2012 Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2012/949>.
- 555/2013 Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2013/555>.
- 545/2015 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2015/545>.
- 592/1991 Säteilylaki. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/1991/592>.
- 978/2021 Valtioneuvoston asetus jätteistä. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2021/978>.
- 1044/2018 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2018/1044>.
- 2024/3110. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2024/3110, annettu 27 päivänä marraskuuta 2024, rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien sääntöjen yhdenmukaistamisesta ja asetuksen (EU) N:o 305/2011 kumoamisesta (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti). Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32024R3110>.
- Anastasiades, K., Goffin, J., Rinke, M., Buyle, M., Audenaert, A., Blom, J. 2021. Standardisation: An essential enabler for the circular reuse of construction components? A trajectory for a cleaner European construction industry. *Journal of Cleaner Production*. Volume 298, 2021, 126864. ISSN 0959-6526. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126864>.
- Anastasiades, K., Dockx, J., van den Berg, M., Rinke, M., Blom, J., Audenaert, A. 2023. Stakeholder perceptions on implementing design for disassembly and standardisation for heterogeneous construction components. *Waste Manag Res*. 2023 Aug;41(8):1372-1381. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/0734242X231154140>.
- ASTM D1101 Standard Test Methods for Integrity of Adhesive Joints in Structural Laminated Wood Products for Exterior Use. 1997.
- ASTM D905-49 Method of test for strength properties in shear by compression loading. 2021.
- Daley, R. 2007. 'Salvage & reuse'. City of Chicago, Green Home Remodeling Series / Healthy Homes for a Healthy Environment
- Devènes, J., Bastien-Masse, M., Fivet, C. 2024. Reusability assessment of reinforced concrete components prior to deconstruction from obsolete buildings. *Journal of Building Engineering*, Vol 84;2024,108584. ISSN 2352-7102. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.108584>.

- Digipurku-hanke. Digitaaliset ratkaisut rakennusten purkamisessa. Verkkosivu. [Viitattu 21.4.2025]. Saatavissa: <https://gnf.fi/fi/gnf/digipurku/>
- EN 386:1995 Glued laminated timber. Performance requirements and minimum production requirements.
- EN 392:1995 Glued laminated timber. Shear test of glue lines.
- EN 408:2010 Timber structures – Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties.
- EN 1168:2005 Precast concrete products – Hollow core slabs.
- EN 140 Timber structures – Glued laminated timber and glued solid timber – Requirements.
- EN 14358 Timber structures. Calculation and verification of characteristic values.
- SFS-EN 12504-1:2019 + AC:2020. Betonin testaus rakenteista. Osa 1: Poratut koekappaleet. Näytteenotto, tutkiminen ja puristuslujuuden testaus. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- Aatos, S. (toim.). 2003. Luonnonkivituotannon elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset. Suomen ympäristö 656. Ympäristöministeriö, Alueidenkäytön osasto. Saatavissa: https://www.suomalainenkivi.fi/vanha/wp-content/uploads/2014/08/Lyke_raportti_2.pdf
- ACI Committee 364. 2007. Guide for Evaluation of Concrete Structures before Rehabilitation (ACI 364.1R-07). American Concrete Institute.
- ACI Committee 364. 2021. Determining the Load Capacity of a Structure when Structural Drawings are Unavailable (ACI PRC-364.4-21). American Concrete Institute.
- ACI Committee 365. 2017. Report on Service Life Prediction (ACI PRC-365.1-17). American Concrete Institute.
- Al-Najjar, A. & Malmqvist, T. 2025. Embodied carbon saving of reusing concrete elements in new buildings: A Swedish pilot study. Resources, Conservation and Recycling. Volume 212, 2025, 107930. ISSN 0921-3449. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107930>.
- Al-Neshamy, F., Ferreira, M., Bohner, E. & Puttonen, J. 2017. NDT Matrix – A tool for selecting non-destructive testing methods for NPP concrete structures. Transactions of the International conference on structural mechanics in reactor technology, vol. 24. Saatavissa: <http://www.lib.ncsu.edu/resolver/1840.20/36187>
- Al-Neshawy, F., Ferreira, M., Bohner, E. & Puttonen, J. 2023. Combined NDT methods to determine the variation on compressive strength throughout concrete structures. Proceedings of the International Conference on Non-destructive Evaluation of Concrete in Nuclear Applications - NDE NucCon 2023. Aalto-yliopisto, p. 368-376 9 p. (Aalto University publication series SCIENCE + TECHNOLOGY; vol. 2023, no. 3). Saatavissa: <https://research.aalto.fi/en/publications/combined-ndt-methods-to-determine-the-variations-in-compressive-s>
- Al-Neshawy, F., Hassan, A. & Puttonen, J. 2021. Defining concrete compressive strength by combining the results of different NDT methods. Research report, Civil Engineering Department, Aalto University. Saatavissa: <https://aaltodoc.aalto.fi/items/3e8e843b-4fd3-416b-930e-439fd2b07b68>
- Andersen, H. V., Gunnarsen, L. B., & Kampmann, K. 2015. Migration of PCBs from sealants to adjacent material. In Healthy Buildings Europe 2015, HB 2015: Europe 2015 (pp. Paper-ID500). International Society of Indoor Air Quality and Climate. [Viitattu 24.1.2025]. Saatavissa: https://vbn.aau.dk/ws/files/226321561/Paper_ID500.pdf
- Asam, C. 2007. 'Recycling prefabricated concrete components—a contribution to sustainable construction'. Institute for Preservation and Modernisation of Buildings, Technical University of Berlin, Berlin, Germany, IEMB Info, 3: 2007.
- Betoni. 2025. Verkkosivu. [Viitattu 20.2.2025]. Saatavissa: <https://betoni.com/>.
- Betoni-lehti. 2012. Perusbetoneille tehtiin emissiomittaukset. [Viitattu 21.4.2025]. Saatavissa: https://betoni.com/lehti/wp-content/uploads/sites/4/2022/10/BET1201_koko-lehti.pdf

- Berg, S., Sandberg, D., Ekevad, M., & Vaziri, M. 2015. Crack influence on load-bearing capacity of glued laminated timber using extended finite element modelling. *Wood Material Science & Engineering*, 10(4), 335–343. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/17480272.2015.1027268>.
- Byggföretagen. 2019. Resource and waste guidelines for construction and demolition. [Viitattu 4.2.2025]. Saatavissa: <https://byggforetagen.se/app/uploads/2020/02/Resource-and-waste-guidelines-2019.pdf>.
- Cavalli, A., Bevilacqua, L., Capecchi, G., Cibeccchini, D., Fioravanti, M., Goli, G., Togni, M., Uzielli, L. 2016b. MOE and MOR assessment of in service and dismantled old structural timber. *Engineering Structures* 125, pp. 294–299. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.06.054>.
- Cavalli, A., Cibeccchini, D., Togni, M., Sousa, H.S. 2016a. A review on the mechanical properties of aged wood and salvaged timber, *Construction and Building Materials*. *Construction and Building Materials* 114, pp. 681-687. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.001>.
- CEAP. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. 2020. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>.
- Çetin, S., Raghu, D., Honic, M., Straub, A., & Gruis, V. 2023. Data requirements and availabilities for material passports: A digitally enabled framework for improving the circularity of existing buildings. *Sustainable Production and Consumption*, 40, pp. 422-437. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.07.011>.
- Girão Coelho, A., Pimentel R., Ungureanu V., Hradil P., Kesti J. 2020. European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings. ECCS – European Convention for Constructional Steelwork, ISBN 978-92-9147-170-6. Saatavissa: https://www.steelconstruct.com/wp-content/uploads/PROGRESS_Design_guide_final-version.pdf.
- Curwell, S. and Cooper, I. 2010. The implications of urban sustainability. 26(1), pp. 17–28. <https://doi.org/10.1080/096132198370074>.
- Da Rocha, C. & Sattler, M. 2009. A discussion on the reuse of building components in Brazil: An analysis of major social, economical and legal factors. *Resources, Conservation and Recycling*. Volume 54, Issue 2, 2009. Pages 104-112. ISSN 0921-3449. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.07.004>.
- Daley, R., 2007. Salvage & reuse. City of Chicago, Green Home Remodeling Series / Healthy Homes for a Healthy Environment. Saatavissa: https://www.chicago.gov/content/dam/city/depts/doe/general/GreenBldgRoofsHomes/GreenRemodeling_SalvageReuse.pdf.
- De Wolf, C., Hoxha, E., Fivet, C. 2020. Comparison of environmental assessment methods when reusing building components: A case study, *Sustainable Cities and Society*. Volume 61, 2020, 102322. ISSN 2210-6707. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102322>.
- De Schutter, G. 2012. *Damage to Concrete Structures* (1st ed.). CRC Press. ISBN 9780429213106.
- Deweerd, M., Mertens, M., Vrijders, J., Poncelet, F., Bernair, C., Scherrier, N., Topalov, H., Billet, M., Perez-Dueñas. Et al. 2020. A guide for identifying the reuse potential of construction products. Draft version. Interreg NWE 739: Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements (FCRBE). Saatavissa: https://vb.nweurope.eu/media/10132/en-fcrbe_wpt2_d12_a_guide_for_identifying_the_reuse_potential_of_construction_products.pdf

- DIN 18007:2022-09. 2022. Demolition works - Concepts, procedures, fields of application.
- DIN SPEC 91484. (2023) Procedure to record building materials as a base to evaluate the potential for a high-quality reutilization prior to demolition and renovation work (pre-demolition audit).
- Durmisevic, E., Beurskens, P., Adrosevic R., Westerdijk, R. 2017. 'Systematic view on reuse of potential building elements, components and systems - comprehensive framework for assessing reuse potential of building elements'. HISER Conference proceedings. Saatavissa: <https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2017/07/Systemic-view-on-Reuse-Potential-of-building-elements-components-and-systems-Comprehensive-Framework-for-assessing-Reuse-Potential-of-Building-Elements.pdf>
- EAD 170005-00-0305 Re-cycled clay masonry units. 2017. Saatavissa: https://www.eota.eu/download?file=/2016/16-17-0005/ead%20for%20ojeu/ead%20170005-00-0305_ojeu2020.pdf.
- ECHA. 2025a. [Viitattu 20.2.2025]. Saatavissa: <https://echa.europa.eu/fi/candidate-list-table>.
- ECHA. 2025b. [Viitattu 20.2.2025]. Saatavissa: <https://echa.europa.eu/fi/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e182439477>.
- ECHA. 2017. Esineissä olevien aineiden vaatimuksia koskevat ohjeet (Versio 4.0), ECHA-17-G-19-FI. doi: 10.2823/222223. Saatavissa: https://www.echa.europa.eu/documents/10162/23036412/articles_fi.pdf/c5681d42-bb3c-65ab-ef69-fd5987c5bd53.
- Ericsson, F., Mjörnell, K., Janson, U. 2024. 'Reuse of building materials: The perspective of Swedish clients'. Cleaner Engineering and Technology, 23, 100848. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100848>.
- EU-komissio. 2025a. [Viitattu 20.2.2025]. Saatavissa: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/eu-lci-subgroup/eu-lci-values_en
- EU-komissio. 2025b. [Viitattu 20.2.2025]. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/meetings/consult?lang=en&meetingId=50757&fromExpertGroups=1656>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY, annettu 19 päivänä marraskuuta 2008, jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti). Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006, annettu 18 päivänä joulukuuta 2006, kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH), Euroopan kemikaaliviraston perustamisesta, direktiivin 1999/45/EY muuttamisesta sekä neuvoston asetuksen (ETY) N:o 793/93, komission asetuksen (EY) N:o 1488/94, neuvoston direktiivin 76/769/ETY ja komission direktiivien 91/155/ETY, 93/67/ETY, 93/105/EY ja 2000/21/EY kumoamisesta. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1907/oj>.
- Ezker, B., Yuan, B., Bohlin-Nizzetto, P., Borgen, A. R., & Wang, T. 2024. Polychlorinated alkanes in indoor environment: A review of levels, sources, exposure, and health implications for chlorinated paraffin mixtures. Chemosphere, 365. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143326>.
- FCRBE-projektin julkaisukokoelma (EU). Verkkosivu. [Viitattu 21.4.2025] Saatavissa: <https://opal.is.eu/en/documentation>
- Gustavsson, L., Pingoud, K., Sathre, R. 2006. Carbon dioxide balance of wood substitution: Comparing concrete- and wood-framed buildings. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 11(3), pp. 667–691. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/S11027-006-7207-1/METRICS>.

- Guy, B. 2006. The optimization of building deconstruction for department of defense facilities: FT. McClellan Deconstruction Project. *Journal of Green Building*, 1, pp. 102–122. Saatavissa: <https://lifecyclebuilding.org/docs/The%20Optimization%20of%20Building%20Deconstruction.pdf>.
- Halonen, T., Räsänen, A., Jonker-Hoffrén, P., Huuhka, S., Malmqvist, T., Al-Najjar, A., Vullings, M.W.F., Wijte, S.N.M., Fischer, J. & Henschel, C. 2023. Legal and technical requirements in reusing precast concrete. The ReCreate project. Saatavissa: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13829044>.
- Halsall, P., 2021. Circular economy during construction. Study on the use of recycled materials in buildings and interiors in the UK. Puurakentamisen kiertotalouden ratkaisut-selvityshanke. Saatavissa: <https://yrjojahanna.fi/wp-content/uploads/2023/01/Circular-economy-during-construction-Pete-Halsall-raportti-4-2021.pdf>.
- Hemmilä, M., Kajander, H. ja Koivusaari, R. 2021. M1-päästöluokitusmittauksiin lähetettyjen rakennusmateriaalinäytteiden VOC-emissiot sekä aistinvaraisten arviointien tulokset eri tuoteryhmissä, Sisäilmastoseminaari 2021. s.291–296. SIY Raportti 39/2021. Sisäilmayhdistys ry.
- Hill, R.C. & Bowen, P.A. 2010. Sustainable construction: principles and a framework for attainment. *Construction Management and Economics*, 15(3), 223–239. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/014461997372971>.
- Holický, M., Návarova, V., Gottfried, R., Kronika, M., Marková, J. Sýkora, M., Kung, K. 2013. Basics for assessment of existing structures. Klokner Institute, Czech Technical University in Prague. Saatavissa: http://www.leonardo.cvut.cz/download/march2014/Basics_Assessment_Existing_Structures_CB.pdf.
- Hopkinson, P., Chen H-M., Zhou, K., Wang, Y., Lam, D. Recovery and reuse of structural products from end-of-life buildings. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability* 2019 172:3, 119-128. Saatavissa: <https://doi.org/10.1680/jensu.18.00007>.
- Hradil, P., Talja, A., Wahlström, M., Huuhka, S., Lahdensivu, J., & Pikkuvirta, J. 2014. Re-use of structural elements: Environmentally efficient recovery of building components. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland. Saatavissa: <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2014/T200.pdf>.
- Huttunen, E. (Toim.) 2021. Kiertotalous rakennetussa ympäristössä. Rakennustieto Oy.
- Huuhka, S. & Hakanen, J. H. 2015a. Potential and barriers for reusing load-bearing building components in Finland. *International Journal for Housing Science and Its Applications*, 39, pp. 215–224. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.017>.
- Huuhka, S., Kaasalainen, T., Hakanen, J. H., & Lahdensivu, J., 2015b. Reusing concrete panels from buildings for building: Potential in Finnish 1970s mass housing. *Resources, Conservation and Recycling*, 101, pp. 105–121. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.017>.
- Huuhka S. & Kolkwitz M., 2021. Stocks and flows of buildings: Analysis of existing, demolished, and constructed buildings in Tampere, Finland, 2000–2018. *J Ind Ecol.*, 25: 948–960. Saatavissa: <https://doi.org/10.1111/jiec.13107>.
- Huuhka, S., Köliö, A., Annala, P., Poti, A. 2018. Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet. Muuttuva rakennettu ympäristö; Nro 4, Rakennetekniikka. Tutkimusraportti Nro 165. Tampere: Tampere University of Technology. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/116548>.
- Häkämies, S., Lähdesmäki-Josefsson, K., Pitkämäki, A. ja Lehtonen, K. 2019. Puupohjaisen rakennus- ja purkujätteen kiertotalous. Gaia Consulting Oy & Ytekki Oy. Saatavissa: <https://puutuoteteollisuus.fi/images/puufaktaa/ymparisto-kiertotalous-yms/Puupohjaisen%20rakennus-%20ja%20purkuj%C3%A4tteen%20kiertotalous.pdf>.

- Höglmeier, K., Weber-Blaschke, G., Richter, K. 2013. Potentials for cascading of recovered wood from building deconstruction—A case study for south-east Germany. *Resources, Conservation and Recycling*, 78, pp. 81–91. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2013.07.004>.
- International Atomic Energy Agency, 2002. Guidebook on non-destructive testing of concrete structures. IAEA, Vienna, Austria.
- Isokääntä, P., Rautiala, S. Lappalainen, S. 2023. Sisäilmastaselvitys ja olosuhdearviointi. Ohje työpaikkojen sisäilmastaselvityksiä ja olosuhdearviointeja tekeville. Työterveyslaitos. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-391-037-9>.
- Jensen, A. A. 2013. Health risks of PCB in the indoor climate in Denmark—background for setting recommended action levels. the Danish Health and Medicines Authority. Saatavissa: <https://www.sst.dk/da/Udgivelser/2013/Health-risks-of-PCB-in-the-indoor-climate-in-Denmark>.
- Juntunen, M., Salmela, A., Jalkanen, K., Hovi, H., Wallenius, K., ja Hyvärinen, A. 2022. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet asunnoissa: Pitoisuustasot, yleisimmät yhdisteet ja terveysvaikutukset. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-343-809-5>.
- Järnström, H. 2007. Reference values for building material emissions and indoor air quality in residential buildings. [Viitattu 24.1.2025]. Saatavissa: <https://publications.vtt.fi/pdf/publications/2007/P672.pdf>.
- Kaarsberg, S. & Kress, L. 2023. Policies enabling the reuse of construction products in the Nordics. *Nordic Innovation*. Saatavissa: <https://pub.norden.org/us2023-441/>.
- Kauppi, S., 2017. Kemikaalien hallinta kiertotaloudessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja; 29/2017. 978-952-11-4874-3. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/225178>.
- Kauppi, S., Bachér, J., Laitinen, S., Kiviranta, H., Suomalainen, K., Turunen, T., Kautto, P., Mannio, J., Räisänen, M., Lautala, K., Porras, S., Rantio, T., Salminen, J., Santonen, T., Seppälä, T., Teittinen, T. & Wahlström, M. 2019. Kestävä ja turvallinen kiertotalous – Selvitys POP-yhdisteiden ja SVHC-aineiden hallinnasta kiertotaloudessa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta 2019:58. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-787-1>.
- Komulainen J., Sekki P., Wuokko P., Leino K., Saarinen A., Torikka-Jalkanen K. 2020. Rakenteisiin imeytyneiden öljyhiilivetyjen vaikutus sisäilman laatuun. Sisäilmayhdistys ry, raportti 38. Sisäilmastoseminaari 2020.
- Komulainen, J., Pitkäranta, M., Sekki, P., Wuokko, P., Helin, A., Parshintsev, E., Santonen, T. 2024. Rakennusmateriaalien sisältämien PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun (PAHSIS). Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-94-8968-8>.
- Koponen, A. 2023. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittaminen. Helsingin kiertotalousklusteri. Saatavissa: <https://testbed.hel.fi/kiertotalous/kirjasto/ehjana-irrotettujen-rakennustuotteiden-uudelleen kaytto-on-nyt-helpompaa/>.
- Kurvinen, A., Saari, A., Heljo, J., Nippala, E. 2021. Modeling Building Stock Development. *Sustainability*. 2021; 13(2):723. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/su13020723>.
- Lahdensivu, J., Huuhka, S., Annala, P., Köliö, A. Pakkala, T. 2015. Betonin uudelleenkäytömahdollisuudet. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3461-4>.
- Lang, T. 2021. Eurocodes: Building the future. CEN/TS 17440:2020 Assessment and retrofitting of existing structures. Artikkel. Saatavissa: <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/news/cents-174402020-assessment-and-retrofitting-existing-structures>.
- Lehtonen, K. 2019. Purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjiille. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:29. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-036-1>.
- Leino, K., Hovi, H. & Parshintsev, E. 2020. Kuinka arvioida materiaaliemissioiden vaikutusta sisäilman kemialliseen laatuun? Sisäilmastoseminaari 2020, s.69–74. SIY Raportti 38/2020. Sisäilmayhdistys ry.

- Liimapuukäsikirja. 2014. Liimapuukäsikirja osat 1–3. ISBN 978-952-99868-4-2. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/liimapuukasikirja/> .
- Lisco, M., Carlos, M., Urban, P. 2021. Challenges facing components reuse in industrialized housing: a literature review. *Environmental Science and Sustainable Development*. *Environmental Science and Sustainable Development*. Vol. 6, no. 2. Saatavissa: <https://doi.org/10.21625/essd.v6i2.839> .
- Lorentzen, J. C., Juran, S. A., Nilsson, M., Nordin, S., & Johanson, G. 2016. Chloroanisoles may explain mold odor and represent a major indoor environment problem in Sweden. *Indoor Air*, 26(2), 207-218. Saatavissa: <https://doi.org/10.1111/ina.12207> .
- Luechinger P., Fischer J., Chrysostomou C., Dieteren G., Landon F., Leivestad S., Malakatas N., Mancini G., Markova J., Matthews S., Nolan T., Nuti C., Osmani E., Ronnow G., Schnell J., Tanner P. 2015. New European Technical Rules for the Assessment and Retrofitting of Existing Structures. EUR 27128. Luxemburg: Publications Office of the European Union. Saatavissa: <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/publications/new-european-technical-rules-assessment-and-retrofitting-existing-structures> .
- Mu, Y. W., Cheng, D., Zhang, C. L., Zhao, X. L., Zeng, T. 2023. The potential health risks of short-chain chlorinated paraffin: A mini-review from a toxicological perspective. *Science of the Total Environment*, 872, 162187. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162187> .
- Nakajima, S. & Russell, M. (Toim.), 2014. Barriers for deconstruction and reuse/recycling of construction materials. CIB Publication 397. Rotterdam: CIB Publications, CIB General Secretariat.
- Nevander, L.E., Elmarsson, B. 2009. Fukt handbok. 3. painos. AB Svensk Byggtjänst och författarna. Mölnlycke: Elanders Sverige AB. 538 s. ISBN 978-91-7333-156-2.
- Niemi, S., & Merikallio, T. 2022. Muovimatolla päällystetyt betonilattiat: Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaaminen. [Viitattu 4.2.2025]. Saatavissa: <https://tilatjaterveys.fi/ohjelma/oppaita-ja-selvityksia> .
- NS 3682:2022 Hollow core slabs for reuse. Standards Norway 2024.
- Oberender A., Fruergaard, T., Witte, S. Camboni, M. Hayleck, M., Akelytè. 2024. European Commission: Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs., EU construction & demolition waste management protocol including guidelines for pre-demolition and pre-renovation audits of construction works – Updated edition 2024. Publications Office of the European Union 2024. Saatavissa: https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications_en .
- NonHazCity 3-projekti. Verkkosivu. [Viitattu 21.4.2025]. Saatavissa: <https://interreg-baltic.eu/project/nonhazcity-3/> .
- Oppl, R. 2014. New European VOC emissions testing method CEN/TS 16516 and CE marking of construction products. *Gefahrstoffe—Reinhaltung der Luft* 74(3): 62-68. [Viitattu 24.1.2025]. Saatavissa: <https://www.eurofins.com/media/1721/gst-2014-x738-oppl-cen-ts-16516.pdf> .
- Ottosen, L., Kunther, W., Ingeman-Nielsen, T., Karatosun, S. 2024. Non-Destructive Testing for Documenting Properties of Structural Concrete for Reuse in New Buildings: A Review. *Materials* 2024, 17, 3814. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/ma17153814> .
- Oulun rakennusvalvonta., 2022. Hirsirakennusten uudelleenkäytön terveellisyyden ja rakennusosien kelpoisuuden arviointi. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/rakennusvalvonta/liitteet> .
- Peng, C.L., Scorpio, D.E., Kibert, C.J. 2010. Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations. *Construction Management and Economics*, 15(1), 49–58. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/014461997373105> .
- Pitkäranta, M. (toim.). 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöopas 2016. Ympäristöministeriö 28.9.2016. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8> .

- Pyy, V. & Lyly, O. 1998. PCB elementtitalojen saumausmassoissa ja pihojen maaperässä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja. 10/98. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-10-98.pdf> .
- Rakennustieto Oy. 2024. Suunnittelun tuotemäärittely rakennustuotteille. [Viitattu 26.3.2025] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/suunnittelun-tuotemaarittely-rakennustuotteille> .
- Rakennustieto Oy. Verkkosivu. [Viitattu 20.2.2025] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/> .
- Rakennusvalvontojen Topten. Verkkosivu. [Viitattu 21.4.2025]. Saatavissa: www.topten-rava.fi .
- Rakhshan, K., Morel, J-C., Alaka, H., Charef, R. 2020. Components reuse in the building sector – A systematic review. Waste Management & Research. 2020;38(4):347-370. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/0734242X20910463> .
- Rameezdeen, R., Chileshe, N., & Hosseini, M. R., 2015. A qualitative examination of major barriers in implementation of reverse logistics within the South Australian construction sector. International Journal of Construction Management, 16, pp. 185–196. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/15623599.2015.11110275> .
- Ranttila, H. 2024. Technical requirements for assessment and certification of existing timber structures for reuse in construction. Diplomityö. Insinööritieteiden korkeakoulu. Aalto-yliopisto. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202406164391> .
- ReCreate-projekti. Verkkosivu. Saatavissa: <https://recreate-project.eu/> .
- Reihlen, A. & Jepsen, D. 2021. Harmonised VOC emission classes for construction products - A tool to achieve healthy buildings. Berlin: Dokumentation 05/2021. Umweltbundesamt. [Viitattu 4.2.2025.] Saatavissa: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/doku_05-2021_voc_emission_classes_0.pdf .
- Rex, G. B. 2019. Inventory and clearance of PCBs in buildings and facilities. [Viitattu 4.2.2025]. Saatavissa: <https://www.naturvardsverket.se/4ac567/contentassets/5f0bcabf23e24c59a2774cd1b362e8b3/978-91-620-6885-1.pdf> .
- Rex, G., Sundahl, M., & Folkesson, I. 2002. Spridning av PCB från fogmassor till angränsande material Rivning och sanering vid rivning© FoU-Väst 2002 ISSN 1402–7410 Sveriges Byggindustrier. Saatavissa: https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/Project-Documents/A7B51EA9-C121-4C9C-91ED-90691611DC10/FinalReport/SBUF_10037_Slutrappport_Spridning%20av%20PCB%20till%20angr%C3%A4nsande%20material.pdf
- RIL 63 1969, 1970, 1973, 1977. Puurakenteiden normit. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 120 1978, 1983, 1986, 1991, 2001, 2004. Puurakenteiden suunnitteluohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 216-2013. Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 244-2007. Puurakenteiden jäykistyksen ja halkeilun hallinta. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RT 103500. 2022. Haitalliset aineet rakentamisessa. Tilaajan ohje. Rakennustieto Oy.
- RT 103501. 2022. Haitalliset aineet rakennuksissa. Tutkijan ohje. Rakennustieto Oy.
- Rose, C.M. & Stegemann, J. 2019. Characterising existing buildings as material banks (E-BAMB) to enable component reuse. Proc. Inst. Civ. Eng.—Eng. Sustain. 172, 129–140. DOI: 10.1680/jensu.17.00074.
- Räsänen, A. 2022. Tiilien uudelleenkäytettävyyden arviointi. Diplomityö. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Tampereen Yliopisto. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01504> .
- Räsänen, A., Huuhka, S., Pakkala, T. & Lahdensivu, J., 2024a. Methods for evaluating the technical performance of reclaimed bricks. Case Studies in Construction Materials, Volume 17, 2022, e01504, ISSN 2214-5095. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01504> .

- Räsänen, A., Lahdensivu, J., Gudmundsson, K., Dervishaj, A., Westerlind, H., Lambrechts, T., Vullings, M., Arnold, V. & Huuhka, S. 2024b. Properties and quality of precast concrete elements deconstructed in ReCreates pilots. The ReCreate project. Saatavissa: Properties and quality of precast concrete elements deconstructed in ReCreate's pilots. DOI: 10.5281/zenodo.13828948.
- Räsänen, A., Lahdensivu, J., Vullings, M., Dervishaj, A., & Huuhka, S. 2024c. Procedure for quality management of reclaimed concrete elements. Reusing precast concrete for a circular economy. Saatavissa: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13828914>.
- Rücker, W., Hille, F. & Rohrmann, R. 2006. SAMCO Final Report 2006 F08a Guideline for the Assessment of Existing Structures. Federal Institute of Materials Research, Testing (BAM), Division VII.2 Buildings, and Structures Unter den Eichen 87, 12205 Berlin.
- Sisäilma ja terveys: potilaiden diagnosointi, hoito ja kuntoutus -työryhmä. 2024. Sisäilmaan liittyvän oireilun ja sairastumisen hoitosuositus Hoitosuositukset ja hoito-ohjeet. Duodecim. Saatavissa: <https://www.terveysportti.fi/apps/dtk/ltk/article/hsu00028>.
- Smeyers, T., Deweerdt, M., Mertens, M. 2022. Reuse toolkit: The reclamation audit—A guide to creating an inventory before demolition of potentially reusable construction products. [Viitattu 20.2.2025].
- Spolia Design Oy. 2023. Tiilien ominaisuuksien todentamisen ainetta rikkomattomat testimenetelmät. Saatavissa: <https://testbed.hel.fi/wp-content/uploads/2024/02/spolia-tiilien-irrotuskokeilu-testimenetelmat-2023.pdf>.
- Suomela, M. & Lehto, A. 2022. Jätkäsaaren kiertotalouskortteli. Kiertotalouden mahdollisuudet puurakentamisessa. Inaro. Saatavissa: https://www.inaro.fi/wp-content/uploads/2021/11/inaro_kiertotalous_raportti-1_2021.pdf.
- Suomen Betoniyhdistys ry. 2019. By42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2019. Suomen Betonitieto Oy.
- Suomen Betoniyhdistys ry. 2021b. By75 Muurattujen ja rapattujen julkisivujen kuntotutkimus 2021. BY-Koulutus Oy.
- Säteilyturvakeskus. 2022. STUK S/6/2022. Säteilyturvakeskuksen määräys luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta. Saatavissa: <https://stuk.fi/stukin-maaraykset>.
- Taivalkangas, A. 2025. Tuoteryhmäpäällikkö, muuratut rakenteet ja maisemabetonituotteet. Rakennustuoteteollisuus RTT ry, Helsinki. Teams-haastattelu 17.3.2025, haastattelijana Laura Virtanen. Tallenne kirjoittajan hallussa.
- Tam, V.W.Y. & Tam, C.M. 2006. Evaluations of existing waste recycling methods: A Hong Kong study', Building and Environment, 41(12), pp. 1649–1660. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2005.06.017>.
- Teräsrakenneyhdistys ry. 2023. Teräsrakenteiden uudelleenkäyttö. Tekniset julkaisut 3–2023. ISBN: 952-9683-49-9. Saatavissa: www.terasrakenneyhdistys.fi.
- Testbed Helsinki, 2025. Työkalu uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden selvittämiseen. [Viitattu 31.3.2025]. Saatavissa: <https://testbed.hel.fi/kiertotalous/kirjasto/tyokalu-uudelleenkaytettavien-rakennustuotteiden-kelpoisuuden-selvittamiseen/>
- Tihinen, H. Suikkanen, T., Pirilä, M., Toorikka, A. 2022. Rakenteiden ja materiaalien ehjänä purkaminen sekä uudelleenkäyttö. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C: Raportteja, 85. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-351-9>
- Tilastokeskus. Ei pvm. Jätetilasto / 12qw – Jätteiden synty toimialoitain, 2017–2022. [Viitattu 9.10.2024].
- Tilastokeskus. Ei pvm. Rakennukset ja mökit-tilasto. [Tulostettu 9.10.2024].
- Tilastokeskus. Ei pvm. Puretut rakennukset 2010–2023. [Tulostettu 19.2.2025].
- Toorikka, A. & Tähtinen, K. 2024. 2024. Kira-alan toimijoidennäkemyksiä rakennusosien uudelleenkäytölle sisäympäristöissä. Teoksessa Sisäilmastoseminaari 2024. Ahola, M. & Merikari, A. (Toim.). SIY Raportti 44. Sisäilmastoseminaari 2024, Messukeskus 12.3.2024. SIY Sisäilmatieto Oy.

- Tracz, T. & Zdeb, T. 2019. Effect of Hydration and Carbonation Progress on the Porosity and Permeability of Cement Pastes. *Materials*, 12(1), 192. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/ma12010192> .
- Tukes. 2025. Verkkosivu. [Viitattu 20.2.2025]. Saatavissa: <https://tukes.fi/etusivu> .
- Turtiainen, T. 2025. Sähköpostiviestit Tuukka Turtiainen – Arto Toorikka 29.1.–27.2.2025.
- Turtiainen, T. 2025a. Säteilyturvakeskus, säteilytoiminnan valvonta. Muistio koskien UURAKET-oppaan lausuntokyselyä. Diaarinumero STUK 10/0202/2025.
- Turtiainen, T., Kojo, K., Laine, J.-P., Holmgren, O., Kurtio, P., Joenvuori-Arsto, J. 2024. Rakennusmateriaalien lähettämän gammasäteilyn aiheuttamat annokset työpaikkarakennuksissa. Säteilyturvakeskuksen julkaisu STUK-B 332. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-309-614-1> .
- Ungureanu, V., Fohl, F., Yang, J., Hechler, O., Rajčić, V., & Buzatu, R. 2024. Recovery and Reuse of Salvaged Products and Building Materials from Existing Structures’. In L. Bragança ym. (Toim.). *Circular Economy Design and Management in the Built Environment*’ (pp. 93-120). Springer. Saatavissa https://doi.org/10.1007/978-3-031-73490-8_5 .
- United Nations Environment Programme. 2022. Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi. Saatavissa: <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction> .
- Valvira. Sosiaali- ja terveystietojen lupa- ja valvontavirasto. 2016. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Valvira ohje 8/2016. Saatavissa: <https://valvira.fi/terveydensuojelu/asumisterveys>
- VTT. 2012a. Testausseloste NRO VTT-S-01129-12. [Viitattu 21.4.2025]. Saatavissa: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23985/VTT-S-01129-12.pdf>
- VTT. 2012b. Testausseloste NRO VTT-S-01963-12. [Viitattu 21.4.2025]. Saatavissa: https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23984/Lattiabetoni_Ammoniakin_emissiomittaus_VTT-S-01963-12.pdf
- Vullings M.W.F., Huuhka, S., Wijte S.N.M., Lambrechts, T., Houtman, J., Landman, M., Salmio, E., Räsänen, A. et al. 2024. Best practice guidelines and recommendations for reuse-optimised deconstruction. The ReCreate project. Saatavissa: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13828737> .
- Vullings, M.W.F., Wijte S.N.M., Huuhka, S. 2022. Guidelines for a BIM-aided pre-deconstruction audit. The ReCreate project. Saatavissa: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13828690> .
- Wahlström, M., Hradil, P., Teittinen, T. ja Lehtonen, K. 2019a. Purkukartoitus – opas laattijalle. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:30. Saatavissa: <https://cris.vtt.fi/en/publications/6e136fe6-5992-4dd3-bc36-57b84f467e16> .
- Wahlström, M., Teittinen, T., Kaartinen, T., van Cauwenberghe, L. 2019b. Hazardous substances in construction products and materials: PARADE. Best practices for Pre-demolition Audits ensuring high quality RAW materials. EIT RawMaterials. [Viitattu 22.4.2025]. Saatavissa: <https://projectsites.vtt.fi/sites/parade/index.html>
- Wallenius, K., Hovi, H., Mahiout, S., Remes, J., Rautiala, S., Jokela, P., Leino, K., Liukkonen, T. 2021. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyyppisissä työympäristöissä: Päästölähteet, mittausmenetelmät, pitoisuustasot ja terveysvaikutukset. Työterveyslaitos. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:9789522619570> .
- Wallenius, K., Korkalainen, M., Porras, S. 1, Hovi, H., Holma, S., Ahtinen, S., Koponen, J., Huttunen, K. ja Rantakokko, P. 2023. Sisäympäristöissä esiintyvät puolihihtuvat orgaaniset yhdisteet (SVOC): Väestön altistuminen ja terveysriskit. Työterveyslaitos. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-391-114-7> .
- Whittaker, M. J., Grigoriadis, K., Soutsos, M., Sha, W., Klinge, A., Paganoni, S. et al. 2019. Novel construction and demolition waste (CDW) treatment and uses to maximize reuse and recycling. *Advances in Building Energy Research*, 15(2), 253–269. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/17512549.2019.1702586> .

- Wilke, O., Horn, W., Richter, M., & Jann, O. 2021. Volatile organic compounds from building products—results from six round robin tests with emission test chambers conducted between 2008 and 2018. *Indoor air*, 31(6), 2049-2057. Saatavissa: <https://doi.org/10.1111/ina.12848>.
- Yahmi A., Nouri M., Tahlaoui M., Khelidj A., Raffin C., Place N., 2023. Mind-Mapping Assessment of Reuse Potential of Glulam: An Experimental Study. *Buildings* 2023, 13, 2929. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/buildings13122929>.
- Ympäristöministeriö. 2023. POP-jätteen tunnistusopas. Ympäristöministeriön julkaisuja 2023:1. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-215-0>.
- Ympäristöministeriö. 2024. POP-jätteen käsittelyopas. Ympäristöministeriön julkaisuja 2024:24. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-191-7>.
- Ympäristöministeriö. 2022. Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on Suomessa mahdollista rakennuspaikkakohtaista varmentamista käyttäen. Tiedote 21.6.2022. Saatavissa: <https://ym.fi/-/rakennustuotteiden-uudelleen kaytto-on-suomessa-mahdollista-rakennuspaikkakohtaista-varmentamista-kayttaen>.
- Ytekki Oy. Päiväämätön. Rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö; kelpoisuuden osoittaminen. Kouvola Innovation.
- Zhu, Y., Lonka, H., Tähtinen K., Anttonen M., Isokääntä P., Knuutila, A., Lahdensivu J., Mahiout S., Mäntylä, A-M., Raimovaara M., Rantio T., Santonen T., Teittinen T. 2022. Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisuuden näkökulmasta. Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:15. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-253-4>.
- Zhu, Y. & Tähtinen, K. 2022. Rakennusosien uudelleenkäytön edellytykset Suomessa. Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan artikkelisarja 20/2022. Saatavissa: <https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=41601>

Liitteet

Liite 1

Työpajakysymykset

Teemassa 1. *Tutkiminen, testaaminen ja tuotemäärittely* esitettiin ominaisuuksien selvittämisen ja dokumentoinnin prosessi. Tässä yhteydessä osallistujilta kysyttiin seuraavia kysymyksiä:

1. Onko tutkimusprosessi sovellettavissa eri tavoin eteneviin uudelleenkäytön hankkeisiin (esim. purku varastoon uudelleenkäyttöä varten tai käyttö suoraan uudessa rakennuskohteessa)?
2. Onko prosessi liian monimutkainen? Missä kohtaa ja miksi?
3. Pitäisikö jotain vaiheita yhdistää ja mitkä ne ovat?
4. Onko esitetty (yksinkertaistettu) kelpoisuuden selvittämisen prosessi selkeä ja toimiiko se käytännön monimuotoisissa hankkeissa?
5. Mikä tuotekortissa on keskeisintä?
6. Onko esitetty dokumentaatio kokonaisuudessaan oleellinen siten, että se tulisi kytkeä tuotekorttiin?

Teemassa 2. *Uudelleenkäytön suunnittelu ja soveltuvuuden osoittaminen* esitettiin uudelleenkäytön suunnittelun vaiheet sidottuina talonrakentamisen hankevaiheisiin. Tässä yhteydessä osallistujilta kysyttiin seuraavia kysymyksiä:

1. Missä vaiheessa uudelleenkäytettävien rakenneosien käytön suunnittelu rakennuskohteessa olisi optimaalisinta oman roolisi kannalta tarkasteltuna?
2. Puuttuuko mielestäsi prosessista jokin olennainen osa?
3. Miten suunnittelijan näkökannalta rakenteiden varmuus tulisi huomioida (materiaalivarmuuseroin, kuormien lisääminen kertoimella ns. K-kerroin tai varmuustason määrittäminen koekuormituksella)?

4. Purkutavalla on merkitystä rakenneosan uudelleenkäytön kannalta. Kuinka se tulisi huomioida liitosdetaljiikassa?
5. Kuinka laajasti erilaisten rakennusosien uudelleenkäyttöä ja käyttökohteita tilaajapuoli tavoittelee?
6. Onko uudelleenkäyttö tarpeeksi laajaa, jos puhutaan vain kuivista sisärakenteista?
7. Onko suunnittelijoille tarpeeksi työkaluja ja ymmärrystä siitä, mitä reunaeh-toja uudelleenkäytön suunnittelussa on?
8. Millaisia tehtäviä hankkeen eri osapuolilla on käyttöiän suhteen?
9. Miten rakennusvalvonta odottaa käyttöiän osoitettavan?
10. Miten käyttöiän arviointitulos todennetaan ja dokumentoidaan? (viranomainen ja suunnittelija)
11. Mitä apuvälineitä suunnittelijalla pitäisi olla? (suunnittelija)
12. Mitä toiveita käyttöiän suhteen olisi? (rakennuttaja)

Teemassa 3. Mikrobitutkimusprosessi esitettiin uudelleenkäytön suunnittelun vaiheet sidottuina talonrakentamisen hankevaiheisiin. Tässä yhteydessä osallistujilta kysyttiin seuraavia kysymyksiä:

- Tuleeko uudelleenkäytettävien rakennusosien mikrobiologisen kunnon vastata asumisterveysasetuksen vaatimuksia?
- Oletetaan, että materiaalin uudelleenkäytön lähtökohdaksi otetaan asumisterveysasetuksen toimenpiderajasta johdettu vaatimus ”sisäilmayhteydessä olevissa materiaaleissa ei lähtökohtaisesti saa olla mikrobikasvustoa”. Missä näissä rakennusosissa sallisit mikrobivaurioriskialttiin tai vaurioituneeksi tiedetyn materiaalin käytön:
 - a) Julkisivuverhoustiilet rankarakenteisessa ulkoseinässä
 - b) Liimapuupalkit ulkovaipan kantavana rakenteena, höyrynsulun takana
 - c) Ontelolaatta ulkovaipparakenteen sisäkuorena, sisäpinta tasoitetaan ja maalataan tai pinnoitetaan.
- Uudelleenkäytettävistä materiaaleista ohjeistetaan lähtökohtaisesti selvittämään seuraavat biologiset tekijät: materiaalin mikrobi- ja lahovauriot; hyönteisvauriot; materiaalin kontaminaatio orgaanisella pölyllä. Tulisiko tarkastelussa huomioida vielä muita biologisia haittatekijöitä? Mitä?
- Onko mikrobiohjeakaaviossa esitetty toimintamalli nähdäksenne toimiva?
- Miten muuttaisitte tai kehittäisitte perusprosessia?
- Onko tutkimusprosessi sovellettavissa eri tavoin eteneviin uudelleenkäytön hankkeisiin (esimerkiksi purku varastoon uudelleenkäyttöä varten tai käyttö suoraan uudessa rakennuskohteessa)? Onko prosessi liian monimutkainen? Missä kohtaa ja miksi? Pitäisikö jotain vaiheita yhdistää ja mitkä ne ovat?

VASTAUKSET Teemassa 1. Tutkiminen, testaaminen ja tuotemäärittely:

- Kaavio on sopivan "monimutkainen" vaativiin kohteisiin. Vähäisessä uudelleenkäytössä olisi toivottavaa kevyempikin prosessi.
- On sovellettavissa, mutta toki roolitukset eri tavoin etenevissä hankkeissa erilaiset ja tunnistavatko eri tahot heille kuuluvat vastuut kaikissa tapauksissa? Eli prosessin toteuttaminen reaalielämässä kuitenkin vaatii roolien ja vastuiden pohdintaa.
- Prosessi etenee hyvin kevyistä toimenpiteistä raskaampiin. On hyvä, että ei heti lähdetä suin päin tekemään mittavia tutkimuksia kaikkiin mahdollisiin rakennusosiin.
- Prosessista tulisi olla minimiversio aina pakollisista asioista, josta lisäpolkuja eri tapaustyyppeihin.
- Onko helpompi/kevyempi prosessi osalle tuotteista?
- Käyttökelpoinen prosessikaavio, jota voitaneen muokata kulloiseenkin tilanteeseen/hankkeeseen sopivaksi (kaikkia laatikoita ei välttämättä tarvita jokaisessa tapauksessa).
- Olisi hyvä olla valmiita sapluunoita eri vaiheiden dokumentaatioon, etenkin tuotekorttiin. Tämä siis siksi, että saadaan aina samat tiedot talteen (soveltuvin osin tietenkin)
- Alustava taloudellinen ja ilmasto-/luontovaikutukset sisältävä tarkastelu olisi hyvä olla mukana.
- Onko uudelleenkäyttökartoituksesta olemassa jokin vähimmäisvaatimusten malli, mitä tulee kartoittaa? Jos seuraava käyttökohde ja -tarkoitus ei ole alussa selvä, kartoitus voi muodostua melko laveaksi ilman raameja.
- Pitäisikö uudelleenkäyttökartoituksessa jo ottaa kantaa ehjänä purettavien rakennusosien kuljetukseen ja varastointiin liittyviin reunaehtoihin? Olisi hyvä määritellä jotain säilytettävyyttä ja kuljetus vaatimuksia.
- Missä on rakennuslupatehtävät?
- Dokumentointivaihe tärkeä eli kirjataan ylös kerättyä tietoa, havaintoja jne.
- Hyvä, että on huomioitu huoltokirjan tekeminen.
- Uudelleenkäyttökartoitus osana purkukartoitusta?
- uudelleenkäyttökartoituksen tarkkuus riippuu kohteesta – jokainen kohde on erilainen ja määrittelee, mikä on sopiva tarkkuus.
- Voita isiinko tässä vaiheessa, kun lanseeraamme ihan uutta ajatusmaailmaa/ palvelua, ohjeistaa vähän rautalankaa vääntämällä?
- Alustavasta kartoituksesta olisi hyvä tulla myös alustavaa tietoa käyttötarkoituksista, mihin tuotetta/rakennusosaa voisi mahdollisesti käyttää.
- Malli mitä raportoitava missäkin vaiheessa vähintään.

- Varastointimahdollisuuksien selvitys tehdään missä vaiheessa? Tulisi olla jo varhaisemmassa vaiheessa kuin mallissa on.
- On huomioitava myös se, että varastoinnin aikanakin voi tulla muutoksia materiaaleihin.
- Miten ohjeistuksessa huomioidaan jatkuvasti kehittyvä lainsäädäntö?
- Tulisiko lujuusominaisuuksia määrittää jo kevyemmällä otannalla varhaisemmassa vaiheessa?
- Vaikutukset sisäilman laatuun ennakoivan arvioinnin kautta, mitä lopputulokselta voi odottaa.
- Laadunvarmistusvaiheessa rakentamisen jälkeen ei tulisi olla haitallisia aineita edes uudelleenkäytettävissä osissa. saati uusissa materiaaleissa.
- Päteväksi katsotun tuotekelpoisuustahot tulisivat olla valtakunnallisesti hyväksyttyjä.
- Koko prosessi vaatii paljon myös rakennusvalvontaviranomaiselta. Minkälaisista osaamista vaaditaan, kun rakennusvalvonta arvioi asiantuntijalausuntoja ja uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoisuutta?
- Miten rakennusvalvonta pystyy arvioimaan asiantuntijan kelpoisuuden? Pitäisikö tästä olla joku listaus osaamisesta?
- Rakennusvalvonta arvioi asiantuntijan kelpoisuuden. Ei tarvitse välttämättä arvioida esim. lausuntojen yksityiskohtia. Lausunnossa pitää kuitenkin todeta (kirjata), että tuote täyttää viranomaisvaatimukset.
- Tuotekorttiin tulisi sisällyttää seuraavia tietoja: suoritettut testit, tutkimukset ja niiden tulokset; tuotteen käyttöön liittyen erityiset ehdot; tuotteen fyysiset mitat; käyttöhistoria ja purkuajankohta; tuotteen varastointiolosuhteet, sijainti yms.; työturvallisuuteen liittyvät asiat tuotteen käyttäjälle, kuten uusien tuotteiden tuotekortissa; käyttöikä; käyttömahdollisuudet tai niiden raja; kuka tuotteen on hyväksynyt uudelleenkäyttöön (vastuut); hiilijalanjälki/luonnon monimuotoisuuden jalanjälki tai kädenjälki.

VASTAUKSET Teemassa 2. Uudelleenkäytön suunnittelu ja soveltuvuuden osoittaminen:

Missä vaiheessa uudelleenkäytettävien rakenneosien käytön suunnittelu rakennuskohteessa olisi optimaalisinta oman roolisi kannalta tarkasteltuna? Puuttuuko mielestäsi prosessista jokin olennainen osa?

Tarveselvitysvaihe:

- Markkinavuoropuhelu suuren kiinteistösalkun yhtiöllä voi parhaassa tapauksessa löytyä purettavan kiinteistön rakennusosille oma käyttökohde.

- Rakennushankkeeseen ryhtyvän, arkikielessä tilaajan päätös tavoitella uudelleenkäytön periaatteita projektissaan on olennainen tekijä, jota ilman tätä ei uudelleenkäytön edistämisen ratkaisuja tapahdu muissakaan hankevaiheissa.
- Kiertotaloustavoitteiden asettaminen uudelleenkäytön osalta tässä vaiheessa, tarvittavien toimenpiteiden määrittäminen ja tarvittavien toimijoiden kartoittaminen.

Hankesuunnitelma:

- Päätetään viimeistään mitä tavoitellaan, sitoutetaan suunnittelijat, huomioidaan kustannuslaskennassa.
- Tässä vaiheessa olisi jo hyvä määrittää uudelleenkäytettävien rakenneosien osuus.
- Arkkitehtisuunnittelussa olisi hyvä huomioida jo tässä vaiheessa saatavilla olevat materiaalit ja tilaajan hankkia ne, jos mahdollista.
- Tässä vaiheessa olisi hyvä käydä ennakkokeskustelu rakennusvalvontaviranomaisen kanssa.
- Rakennusta ei voisi suunnitella, jollei tiedetä, mistä se rakennetaan. Asiointi viranomaisen kanssa on mahdotonta, jolleivät rakennusosat ole tiedossa.
- Tässä vaiheessa tilaajan tavoite ja motivointi.
- Optimaalisesti, uudelleenkäytössä rakennusosien käytön suunnittelu alkaa varhaisessa vaiheessa ja jatkuu projektin elinkaaren ajan, syventyen ja tarkentuen projektin edetessä.
- Vaikka yksityiskohtaiset rakennusosat eivät ole hankesuunnitteluvaiheen pääpainopiste, tietynlainen uudelleenkäytetty osa voi vaikuttaa muihin ratkaisuihin, joten se on huomioitava alusta alkaen. Jos uudelleenkäytettävä osa on merkittävä visuaalinen osa rakennusta (esimerkiksi patina näkyy), tämäkin on huomioitava jo yhteistyön alkumetreillä.
- Rakennesuunnittelun kannalta optimaalista on tietää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tilaajan tavoitteet rakennusosien uudelleen käytölle. Onko purkukohde ja purkukartoitus tiedossa? Vaikutukset suunnitteluprosessiin ja aikatauluun. Suunnitteluprosessi saattaa olla osin käänteinen.
- Uudelleen käytettävien rakennusosien käyttö vaikuttaa suunnittelu- ja rakennuskustannuksiin sekä hankkeen aikatauluun, joten mitä varhaisemmassa vaiheessa asia otetaan huomioon, sitä ennustettavampi prosessin kulku ja lopputulos kaikkien kannalta on.
- Mitä tarkemmin uudelleenkäytettäväksi haluttujen osien ominaisuudet ovat tiedossa, sitä myöhempään vaiheeseen asia toki voidaan jättää. Tämä voisi

tapahtua esim. jonkinlaisella rakennusosapankilla (parhaimmassa tapauksessa tietomallipohjainen), jossa olevien tuotteiden kaikki mahdolliset ominaisuudet on etukäteen jonkun toisen tahon puolesta selvitetty ja jopa tietynlaiseen käyttöön hyväksytetty. Tästä "osapankista" ARK ja RAK voisivat yhteistyössä ehdotussuunnitteluvaiheessa osia "valita". Tällöinkin toki uudelleenkäytön vaikutukset koko hankkeen aikatauluun, prosessiin ja hinnoitteluun on pitänyt jo huomioida.

- Tavoitetaso asettaminen (mitä halutaan uudelleenkäyttää, missä laajuudessa) sekä huomioida aikatauluun ja budjettiin (kiertotalouskonsultti).
- Koko suunnitteluprosessi perustuu uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden tarjontaan, jolta pohjalta suunnittelutehtävän mukaisesti määräytyy keskeinen suunnitteluvaihe.
- Suunnittelun lähtökohta tulee mielestäni olla selkeä ja tällöin käytettävät/uudelleen käytettävät tuotteet myös. Viranomaisena tulee tähän mukaan myöhemmin, mutta selvitystä voisi tehdä jo ennakoon viranomaisen kanssa.

Ehdotussuunnittelu:

- Parhaassa tapauksessa olemassa olevien kierrätettävien rakenteiden dimensiot ja muut ominaisuudet ohjaavat arkkitehdin luonnossuunnittelu (rakenne-suunnittelijan antamalla ohjeilla).
- Miten huomioidaan uudelleenkäytettävän osan mahdollinen muokausprosessi, joka voi sisältää esimerkiksi koon mittaamista, pintakäsittelyä, käsitteilyn poistamista. Kohdentunee hankesuunnittelun ja toteutussuunnittelun välimaastoon?
- Tuotteiden hyväksynnät varmistetaan.
- Ehdotussuunnitteluvaiheessa on hyvä käydä ennakoneuvottelu rakennusvalvontaviranomaisten kanssa.

Yleissuunnittelu:

- Asuntotuotannossa on kaksi vaihtoehtoa: 1) uudelleen käytettävä kohde on heti alkuun tiedossa, jolloin se voidaan speksata suunnitelmiin alusta alkaen, 2) uudelleen käyttö pitää ostaa markkinoilta, jolloin tilanne pitää lopullisesti lukita tarjolla olevan markkinan mukaan.

Rakennuslupatehtävät:

- Esitetään rakennusluvassa uudelleenkäytettävät rakennusosat.
- Viranomaisennakkoneuvotteluvaiheessa suunnittelun tulee olla jo pitkällä. Tarkastusinsinöörin tehtävät alkavat tästä.

Toteutussuunnittelu:

- Miten uudelleenkäytettävät tuotteet saadaan oikeasti työmaalle ja asennettua?
- Miten uudelleenkäytettävät tuotteet hankitaan, kenellä on vastuu niiden kelpoisuudesta?
- Jos rakennusosta tulee omasta purkuhankkeesta: Purkusuunnittelu, ehjänä purkaminen, ohjeet puhdistamiselle, kunnostukselle, varastoinnille, urakoitsijalle vaatimukset.
- Tarkennetaan suunnittelua, kelpoisuus.
- Toteutussuunnitteluvaiheessa tulee määrittää lopulliset tuotemäärittelyt, joten tässä vaiheessa viimeistään tulisi tietää, jos halutaan käyttää rakennustuotteita uudelleen. Parempi olisi kuitenkin tietää asiasta ennen toteutussuunnittelua.

Rakentaminen:

- Rakentamisvaiheessa riittävä dokumentointi ja mm. jäljellä oleva käyttöikä varmistetaan ja dokumentoidaan (käyttö- ja huolto-ohje).

Muut kommentit:

- Olisi hyvä myös kuvata uudelleen koko prosessi niin, että se ottaisi paremmin huomioon uudelleenkäytön aikataulu- ja kustannusvaikutukset. Aikataulusta ja kustannuksista puhuttaessa on hyvä huomioida, ettei prosessi välttämättä hidastu eikä tule kalliimmaksi (toivottavasti päin vastoin), mutta aikaa ja rahaa kuluu aiempaan verrattuna eri vaiheissa prosessia, todennäköisesti hieman aiemmin, kun tähän asti.
- Tämän pohjalta uudelleenkäyttöä voisi jäsentää hankkeen käyttötarkoituksen/vaativuuden perusteella (vrt betonielementtikerrostalo - puinen talousrakennus).
- Keskeinen asia on myös suunnittelutehtävä; voidaanko nähdä, että tietyt rakennustyyppit/ käyttötarkoitukset ovat otollisempia uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden hyödyntämiseen (esim. vaativuuden/kelpoisuudenosoittamisen näkökulmasta).
- Kaaviossa olisi hyvä olla näkyvissä myös tuotteiden tarjontapuoli.
- Esim. korjaushankkeissa olisi hyvä olla poissulkematta uudelleenkäytön mahdollisuutta missään hankevaiheessa. Tilanne suunnitteluvaiheessa on monesti eri kuin mitä sitten kohteesta rakennusvaiheessa paljastuu.
- Purkuhankkeiden liittyminen rakennushankkeen prosessiin?
- Uudelleen käytettävien rakennusosien "Modifiointi"-tarve kohteeseen?
- Herkästi vaurioituvien tuotteiden suojaus ja varastoinnin olosuhteiden varmistaminen.

- Korjaussuunnittelussa vaiheistus erilainen ja ei välttämättä toimi tällaisenaan.
- Vaihtelua alueellisesti viranomaisen ohjeistuksissa, mikä on käyttökelpoista ja mikä ei?
- Sisäolosuhteiden tulee täyttää määräykset.
- Ehjänä purkamisen toteutussuunnittelu: tuennat, nostot, välivarastointi, uudelleen varustelu.
- Pitäisikö käyttöikäsuunnittelu tehdä jo Yleissuunnitteluvaiheessa?

VASTAUKSET Teemassa 3. Mikrobi:

Tehtävä 1. Tuleeko uudelleenkäytettävien rakennusosien mikrobiologisen kunnan vastata asumisterveysasetuksen vaatimuksia? (Sisäilmayhteydessä olevassa rakennusosassa ei lähtökohtaisesti saa olla korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota tai normaalista poikkeavaa mikrobikasvustoa).

KYLLÄ, aina:

- Lähtökohtaisesti uudisrakentamisessa käytettyjen tuotteiden tulisi olla uudenveroisia.

KYLLÄ, mutta vain kun kyseessä on asunto tai muu rakennus, johon sovelletaan asetusta (lisää lapulle mahdolliset perustelut):

- Sellaiset tila jossa aktiivisesti työskennellään, oleskellaan, asutaan tai varastoidaan asioita, jotka tulisi olla puhtaita epäpuhtauksista.
- Pois voidaan sulkea sellaiset tilat, joissa työskentely on vähäistä. Rakennusosien kohdalla tulisi näissä tilanteissa miettiä, voiko altistumista vähentää esimerkiksi pinnoittamalla tai ilmayhteyden katkaisemisella.
- Varastot ym - ei tarve; pohdittava kuitenkin mahdollista käyttötarpeen muutosta. Myös varaston käyttötarkoitus: elintarviketilat.
- Miten huomioidaan esimerkiksi maaperän aiheuttama kontaminaatio? Jos materiaali joka tapauksessa tulee "saastumaan" tarviiko sen olla ehdottoman puhtasta asennettaessa?
- Sisäilmayhteys on tässäkin tapauksessa isossa roolissa. Eli ilmavuotoreitit ja painesuhteet tulee huomioida suhteessa puhtaaseen tuloilman määrään.

Ei (lisää lapulle mahdolliset perustelut):

- Ei, koska asumisterveysasetus koskee vain käytön aikaa. Suunnittelu- ja rakennusvaihe tarvitsisi oman asetuksen "rakennusterveysasetus". Asumisterveysasetuksen mikrobitoimenpiderajat eivät ole terveysperusteisia.

Tehtävä 2. Oletetaan, että materiaalin uudelleenkäytön lähtökohdaksi otetaan asumisterveysasetuksen toimenpiderajasta johdettu vaatimus sisäilmayhteydessä olevissa materiaaleissa ei lähtökohtaisesti saa olla mikrobikasvustoa.

Missä näissä rakennusosissa sallisit mikrobivaurioriskialttiin tai vauriotuneeksi tiedetyn materiaalin käytön? Merkkaa rasti valitsemaasi vaihtoehtoon:

Vaihtoehto 1: Julkisivuverhoustiilet rankarakenteisessa ulkoseinässä:

Kyllä: 9 kpl; Ei 0 kpl; En ota kantaa 0 kpl.

Vapaa kommentti: Tuuletusraon ulkopuolella

Vaihtoehto 2: Liimapuupalkit ulkovaipan kantavana rakenteena, höyrynsulun takana:

Kyllä: 4 kpl; Ei 4 kpl; En ota kantaa 1 kpl.

Vapaa kommentti: 1. Ei toki saa olla vaurioita, jotka heikentää rakenteen kantavuutta. Ja höyrynsulun tulee olla toimiva ja tiivis 2. Mikäli rakenne on ilmatiivis, voisin tämän hyväksyä. Rakenteen vauriosietokyky tosin heikkenee esimerkiksi uudessa kosteusvauriotilanteessa., 3. Miten varmistettaisiin palkin kantavuus uudessa käytössä?, 4. Voiko höyrynsulun takana olla näkyvä mikrobivaurio esim. asunnoissa? Vaaditaanko silloin jokin ilmatiivistaso höyrynsululle? Palkista tulisi poistaa näkyvät vauriot mekaanisesti ennen uudelleen käyttöä., 5. Miten lahovaurion es. poissuljetaan ; mikroporaus toimii, kuinka kattavasti ?; Lievä harmaus (sinistymä) pinnassa ei haittaa., 6. Kantavassa puurakenteessa ei saa olla lujuutta heikentävää lahoa., 7. Puussa on antibakteerisia ominaisuuksia. Ajan oloon vähäiset mikrobihavainnot häviävät. Ehkä.

Vaihtoehto 3: Ontelolaatta ulkovaipparakenteen sisäkuorena, sisäpinta tasoitetaan ja maalataan tai pinnoitetaan:

Kyllä: 3 kpl; Ei 6 kpl; En ota kantaa 2 kpl.

Vapaat kommentit: 1. Tässäkin vaurion vakavuus on iso tekijä. Ja kun seinä tasoitetaan ja maalataan / pinnoitetaan on todellinen sisäilmayhteys vähäine. Varsinkin jos ilmanvaihto tasapainotetaan oikein., 2. Tästä huonoja keissejä, (ontelon sisällä oleva aktinokasvusto) onko ne olleet pahimpia mahdollisia, en tiedä., 3. Tilanne sama, mikäli ontelotila saadaan ilmatiiviiksi ja pinnat umpeen, olisi käyttö mahdollista., 4. Perusteellisen puhdistamisen jälkeen ehkä. Tarvitaan riskien arviointi ja tarkat laadunvarmistustoimenpiteet sekä RR riskinkantokykyä.

Tarvittaisiin myös yliopistotason lisätutkimusta terveysvaikutuksista. 5. Työmaan kosteudenhallinta - tiukemmat vaatimukset kun käytetään uudellen materiaaleja.

Tehtävä 3. Uudelleenkäytettävistä materiaaleista ohjeistetaan lähtökohtaisesti selvittämään seuraavat biologiset haittatekijät: a) materiaalin mikrobi- ja lahovauriot, b) hyönteisvauriot ja c) materiaalin merkittävä kontaminaatio orgaanisella pölyllä (puu-, jauho- tmv. pöly). Tulisiko tarkastelussa huomioida vielä muita biologisia haittatekijöitä?

KYLLÄ, mitä tekijöitä?

- Tetrakloorianisoli hajut. Hajun siirtyminen viereisiin materiaaleisiin.
- Haisevat yhdisteet.
- Tuhoeläinperäiset jätökset (rotat yms).
- Lattiasieni joooooooo - mutta milloin sellainen talo tuolee uudelleen käyttöön? Varastoinnissa riski.
- Rakennusmateriaaleissa esiintyvät hajut, kuten betonirakenteeseen tai varsinkin tiilimateriaaleihin imeytyneet hajut. Nämä ei oikeastaan taida asetuksen menetelmillä selvitä.
- Lattiasieni? Millä reunaehdoilla testaus? Jos lahoa palkeissa, lattiasienianalyysi.

Tehtävä 4. Mikrobiluokitus ja prosessi: Onko tämänkaltainen malli nähdäksenne toimiva? Miten muuttaisitte/kehittäisitte perusprosessia? Jos aikaa jää, voitte keskittyä johonkin vaiheeseen ja kommentoida sitä tarkemmin.:

- Taloudelliset seikat. Uusi halvempaa.
- Kuka verifioi puhtauskriteerien tulokset? Onko tarpeeksi tekijöitä siihen?
- Kuka on pätevä tekemään luokituksen ja määrittämään tutkimustarpeen?
- Riittääkö ulkoinen ribaus / silmämääräinen veivi olla säilytetty.
- A ja C, epäjatkuvat ei hirmu käyttöisiä. A-luokka ehjänä irti, kiinni jäänyttä? B? C – roskapönttöön / korjaaminen ei kannata.
- Systemaattinen ja selkeä prosessi, selkeä roolitus.
- Hyväksyntä: ei riitä että tuote ei sisällä.....vaan pitää osoittaa, että se on soveltuva käyttökohteeseen....ja että se täyttää rakentamista koskevat vaatimukset.
- Vaikka elementti olisi ehjä → pitää osoittaa sen olevan kelpoinen → käyttökohteen vaatimukset.
- Rakennuslupa- ja lupakäsittelyyn liittyvät vaatimukset ja käytännöt tulisi olla selvät (esim. edellytetäänkö selvityksiä rakennusluvassa?).

- Vastuut kysymysmerkki t. Rakennesuunnitt. → tilaajan suuri vastuu, kuka haluaa sen ottaa omalle vastuulle?
- Uudelleenkäytettävälle materiaalille useita eri ominaisuuksia, jotka pitää selvittää. Kuinka on tarpeeksi pätevä määrittämään tutkimuskatselman kaikista näkökulmista?
- Todentaminen, mihin tulokseen pohjautuu kunto/luokitus?
- Tutkimukset eivät kerro missä kunnossa materiaali on nyt, vaan mitä se on ollut joskus.
- ReCreate-hanke ei testannut säilytysolosuhteiden vaikutusta → miten tämä huomioidaan tuloksissa? (Säilytysolosuhteet ja aika vaikuttavat).
- Jos on säilytetty ulkona, voi olla riski → mikä olosuhde vastaa tuotteen käytön aikaista olosuhdetta?
- Pitääkö ulkona säilytetty tuote testata eri tavalla kuin sisällä säilytetty?
- ReCreate-hankkeessa noin 100 betonielementtiä Kangasalan betonielementtitehtaan ulkovarastossa säilytyksessä. Varastoinnin vaikutusta päästöihin voisi siellä tutkia.
- ReCreate-elementit odottavat ulkoisia olosuhteita. Pilottina Ulrikan hankkeeseen?
- Voiko altistuvat osat uusia?
- Varastointi ja sen vaikutus näkyviin
- Varastointiaika tyypillisesti 2–3 vuotta, olosuhteet täytyy määritellä. Materiaalipankki.
- Varastointiolosuhteiden määrittely homehtumisherkkien luokan mukaan?

Liite 2

Vastaukset lausuntokierros 6–7/2024 ja 10/2024

kyselyn avoimiin kysymyksiin saadut vastaukset ovat ryhmitelty teeman mukaisesti ja samantapaiset vastaukset on yhdistetty. Kirjatut asiat eivät ole vastaajien suoria kommentteja.

Kommenttien sisältö teemoiteltuna:

- Sisältö vaikuttaa kattavalta.
- Sisältö on perusteellista, mutta ei sovellu oppaaksi.
- Opas on liian perusteellinen ja pitkä sekä liian yleisluontoista ja uudelleenkäytön kannalta esitetään epäolennaisia asioita.
- Alan ammattilaisille itsestään selviä asioita on avattu tekstiksi.
- Oppaan nimessä olisi tarpeen tuoda esille, että oppaan sisällöt koskevat vain irrotettavia ja uudelleenkäytettäviä talonrakennusmateriaaleja.
- Oppaan sisällöt ovat sovellettavissa myös muihinkin uudelleenkäytettäviin rakennusosiin.
- Oppaassa tulisi käsitellä muitakin rakennusosia ja -materiaaleja kuin valitut rakenteelliset rakennusosat.
- Lukujen otsikoita sekä sisältöä tulisi järjestellä uudestaan ja poistaa päällekkäisyyksiä.
- Kaaviot tulisi muokata lukijaystävällisempään muotoon.
- Oppaan visuaalista ilmettä ja tekstin korostamista tulisi muokata tai parantaa.
- Terminologiaan tulisi kiinnittää huomioita.
- Oppaassa tulisi ottaa kantaa tutkimusten tekijöiden kelpoisuuteen.
- Purkutyön suunnittelun ja purkutyön jälkeisen dokumentoinnin välistä puuttuu varsinainen purkaminen.
- Täyden mittakaavan koestuksista saa kuvan, että se pitäisi aina tehdä, vaikka näin ei ole.
- Seuranta ei missään tapauksessa pidä olla säännöllinen toimi, vaan erikseen suunniteltava toimi, mikäli epävarmuutta kaikista toimista huolimatta jää.
- Selvitysten vaiheita kuvaavissa luvuissa ei ole purkukartoitusta.
- Selvitysten vaiheet tulisi sitoa hankevaiheisiin.
- Selvitysten vaiheistuksista puuttuu päätepiste. Ominaisuuksien selvittäminen ei voi olla loputun prosessi.
- Tulipalojen sammutusvesien vaikutus rakenteisiin tulisi ottaa huomioon.
- Selvitysmenetelmiä on selitetty liiankin kattavasti.

- Osa tarkastuksia käsittelevistä luvuista ei kuvaa ollenkaan rakenteiden tarkastuksia.
- Näytteiden (betonirakenteet) minimiotantaa ei pidä esittää, nämä riippuvat niin paljon kohteesta. Osa tiedoista on tarpeettomia.
- Tulee tuoda vahvemmin esiin, että mahdolliset näytteet ja testit määritellään tapauskohtaisesti.
- Paljon määritelty tietoja, joiden tieteellinen perusta on epäselvä, kuten näytemäärät.
- Varastoinnin merkitystä materiaalien ominaisuuksien säilymiseen tulisi korostaa.
- Ainetta rikkova näytteenotto ja muu tutkimus sekä kuljetukseen ja varastointiin liittyvät tarkastukset puuttuvat.
- Keskeisiin teknisiin riskeihin, eli vaatimuksiin tulisi lisätä kaikki olennaiset tekniset vaatimukset, kuten palo ja akustiikka.
- Mikrobien osalta riskiluokitus tulisi miettiä uudelleen, matalan riskin luokkaan ei pääse mikään rakennusosa. Kriteeristö on liian tiukka.
- Haitta-aineista on kirjattu kaikki mahdolliset skenaariot ilman oikeaa tutkimustietoa. Olennaisia ovat haitta-aineet, jotka ovat käytön kannalta haitallisia ja jotka nyt tunnetaan. Tässäkin on noudatettava voimassa olevaa lainsäädäntöä.

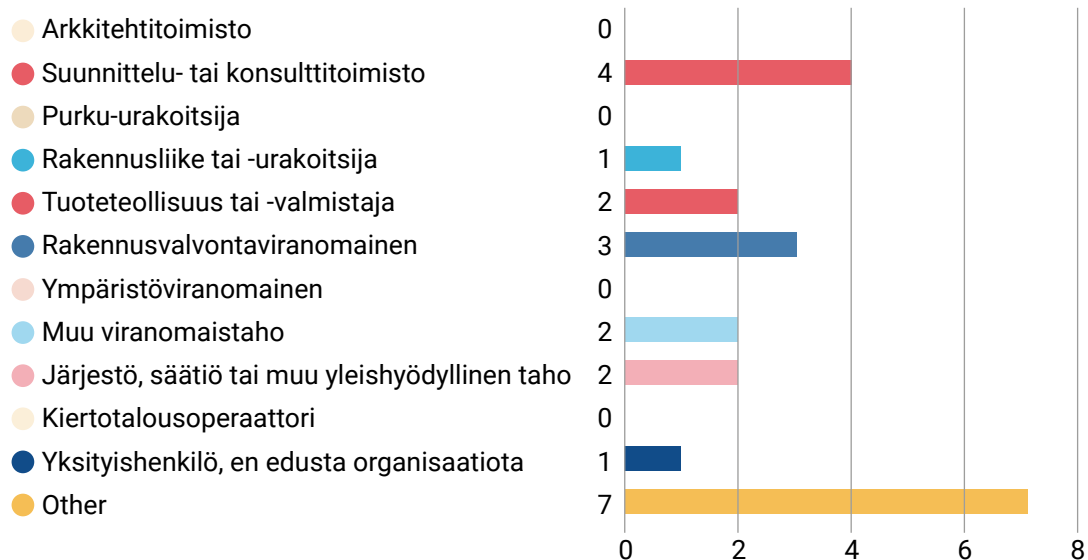
Liite 3

Vastaukset lausuntokierros 15.1.–2.2.2025

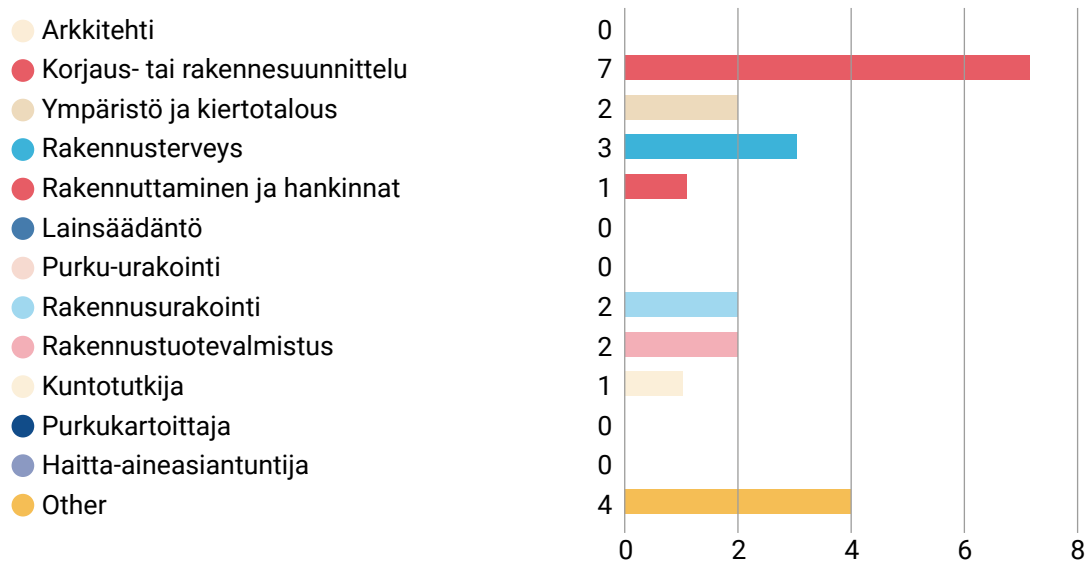
Lausuntokierroksella vastauksia saatiin Forms-kyselyyn 22 kpl. Lisäksi sähköpostitse saatiin kolme lausuntoa sekä kaksi kommentoitua PDF-versiota luonnoksesta. Alla on esitetty kyselyn otsikkotasojen alle koottuna vastaukset tilastollisesti, sekä nostoja avoimista vastauksista:

Vastaajien taustatiedot

1. Edustamasi organisaation tyyppi (valitse parhaiten kuvaava)

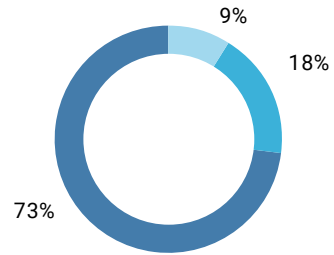


2. Osaamistaustasi (pääasiallinen)



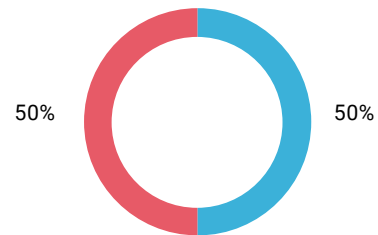
3. Työkokemus pääasiallisesta osaamistaustasi

0...3 vuotta	2
4...9 vuotta	4
10 vuotta tai enemmän	16



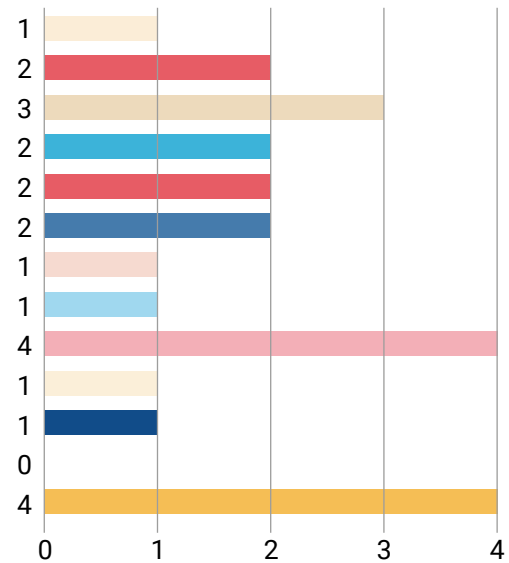
4. Vastaatko kyselyyn yrityksen tai muutoin useamman henkilön puolesta

Kyllä	11
En	11



5. Edustamasi ryhmittymän osaamistausta (voit valita useamman)

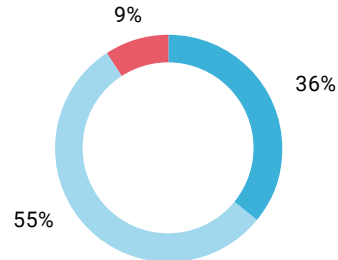
Arkkitehti	1
Korjaus- tai rakennesuunnittelu	2
Ympäristö ja kiertotalous	3
Rakennusterveys	2
Rakennuttaminen ja hankinnat	2
Lainsäädäntö	2
Purku-urakointi	1
Rakennusurakointi	1
Rakennustuotevalmistus	4
Kuntotutkija	1
Purukartoittaja	1
Haitta-aineasiantuntija	0
Other	4



Opas kokonaisuudessaan

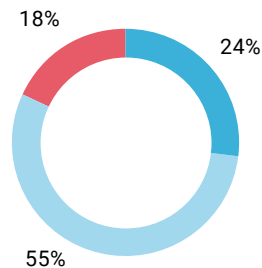
41. Opas on kokonaisuudessaan riittävän kattava

● Täysin samaa mieltä	8
● Samaa mieltä	12
● Eri mieltä	2
● Täysin eri mieltä	0



42. Opas on kokonaisuudessaan selkeä.

● Täysin samaa mieltä	6
● Samaa mieltä	12
● Eri mieltä	4
● Täysin eri mieltä	0

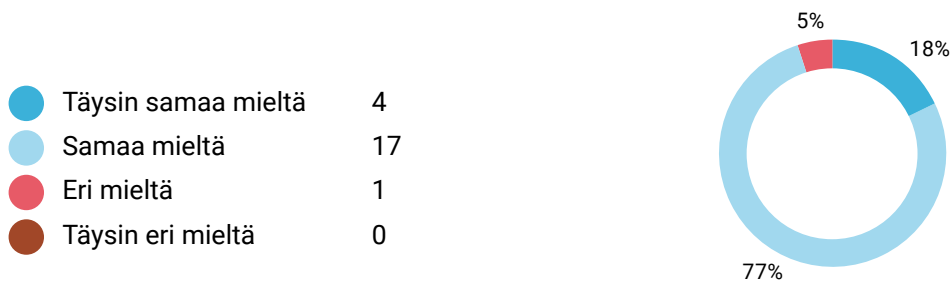


- Mielestäni opas on kattava, lisättävää en keksi. Opas on jopa liian laaja, se tulisi käydä läpi ja miettiä kriittisesti onko opasta mahdollista tiivistää nykyisestäään menettämättä arvokasta informaatiota.
- "Kiitos hyvästä ja perinpohjaisesta työstä!"
- Näillä tiedoilla mitä käytettävissä on, opas on kattava. Tarvittaisiin opasta myös muiden materiaalien uudelleenkäytöstä. Toivottavasti järjestätte oppaan käyttökoulutusta.
- Itse oppaan kommentointi oli haastavaa, koska antamiani vastauksia ei voinut tallentaa ja jouduin aloittamaan useamman kerran koko projektin alusta, koska en pystynyt pyhittämään erillistä yhtä kokonaista työpäivää tähän. Olisi ollut kiva ehtiä lukemaan opas kokonaisuudessaan läpi, kiitos kun annoitte mahdollisuuden kommentointiin.
- Toivottavasti tieto ei lisää tuskan määrää, vaan päin vastoin kannustaa eri toimijoita materiaalien uudelleenkäyttöön :)
- Tekstin tiivistäminen virkkeitä lyhentämällä tai jakamalla helpottaisi pitkien tekstiosuuksien lukemista asiasisällön siitä kärsimättä. Tiivistelmät, nostot, kuvat ja taulukot ovat selkeitä, mutta eivät yksin riitä. Hyvä luettavuus parantaa ohjeen jalkautumista käytäntöön, mikä on kaikkien etu.

- Teknisesti on paljon parannettavaa.
- Oppaan lähteet ovat aika kevyet, esim. olemassa olevia ja julkaistuja selvityksiä, ohjeita ja materiaaleja käynnissä olevista hankkeista ei ole käytetty ja lähdeviitteet ovat puutteellisia.
- Käytössä ovat sekaisin termit rakennustuote, rakennusosa ja rakennusmateriaali. Ehdotan käytettäväksi termiä rakennustuote aina silloin, kun kyse on rakennustuotteesta.
- Rakennushankkeissa toimijoita ajatellen 200 sivuinen opas on liian pitkä ja sitä olisi tarpeen lyhentää. Ainakin asioiden turhaa toistoa on syytä välttää.

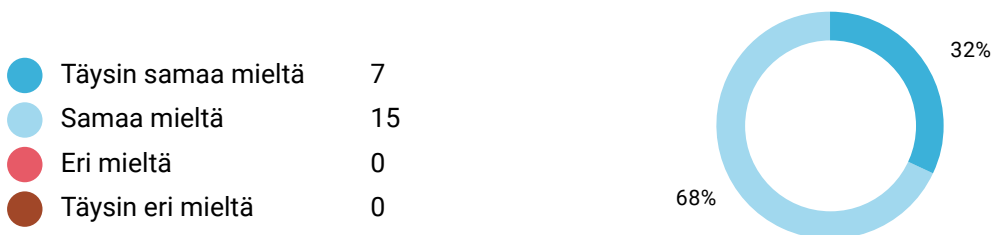
Sisällysluettelo

6. Oppaan jäsentely on selkeä ja sisällysluettelosta löytää helposti haluamansa.



Luku 1 Lukijalle

7. Luvusta selviää kenelle opas on tehty, mitä oppaassa käsitellään ja mihin se on tarkoitettu.

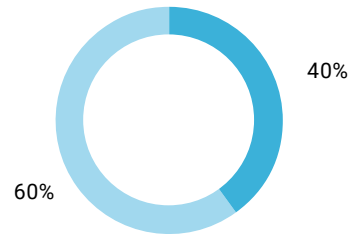


- Uudelleenkäytön hyötyjä ympäristölle voisi tuoda enemmän esiin. Lisäättehän sisällysluetteloon pikalinkit, jotta otsikkoa klikkaamalla pääsee suoraan haluamaansa lukuun?
- Sisätila -termin selitys, ettei jää epäselväksi missä olleita rakennusosia opas käsittelee (julkisivutiili? terassin pilari? ulkoseinän palkki?). Virkkeiden lyhentäminen max. 2 rivisiksi parantaisi luettavuutta.

Luku 2 Johdanto

10. Luvussa on selkeästi esitetty taustat ja perustelut oppaan laatimiselle sekä miksi rakennusosien uudelleenkäyttö on kestävän rakentamisen kannalta oleellista.

● Täysin samaa mieltä	4
● Samaa mieltä	6
● Eri mieltä	0
● Täysin eri mieltä	0

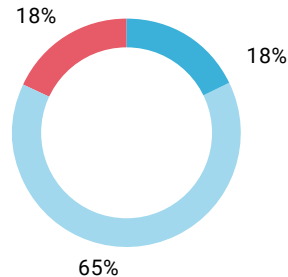


- Jätelain etusijajärjestysperiaatetta, jonka mukaan jätteen määrän syntymistä pitäisi ensisijaisesti pyrkiä estämään pitäisi tuoda enemmän esiin ja uudelleenkäytöstä aiheutuvia ympäristöhyötyjä, kuten luonnon monimuotoisuuden paraneminen ja resurssitehokkuus.
- Uudelleenkäyttö tulisi nähdä ennen kaikkea menetelmänä vähentää rakentamisesta syntyvää jätettä. Kiertotalous rakentamisessa olisi todellisuudessa mahdollista vasta, kun rakentamisen ja purkamisen volyymit vastaavat toisiaan (uudelleenkäytön hyötysuhde huomioiden).

Luku 3 Rakennusosien uudelleenkäytön edellytyksen Suomessa

13. Luvussa on selkeästi esitetty uudelleenkäytön edellytykset ja niihin vaikuttavat seikat kuten lainsäädäntö Suomessa.

● Täysin samaa mieltä	3
● Samaa mieltä	11
● Eri mieltä	3
● Täysin eri mieltä	0



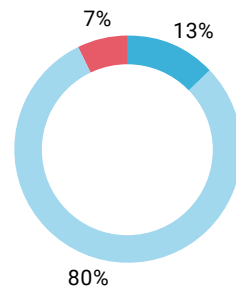
- Vastuunäkökulmaa ei ole tekstissä juurikaan käsitelty. Lähtökohtaisesti rakennustuotteen omistaja vastaa tuotteesta ja sen ominaisuuksista. Se, kuka haluaa käyttää rakennushankkeessa uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita, vastaa siitä, että ne ovat kelpoisia.
- ”Ympäristöministeriön antama lausunto uudelleenkäytettyjen tuotteiden jäte-tulkinnasta toimii tukena, vaikka ei ole oikeudellisesti sitova. Eikö tämä voida tuoda positiivisemmassa valossa esiin, että se antaa taustatukea paikalliselle viranomaiselle tehdä tulkintaa?Tässä luvussa ei käsitellä lainkaan uudelleenkäytettävien tuotteiden käsittelyyn vaadittavia lupia.”

- s. 17 Rakennustuoteasetuksen revisioin myötä aukeaa mahdollisuus sille, että uudelleenkäytetyt tuotteet tulevat osaksi harmonisoituja tuotestandardeja. Kyse on mahdollisuudesta, ei automatiikasta, kuten oppaan nykyinen sanamuoto antaa ymmärtää.

Luku 4 Uudelleenkäytettävien rakennusosien ominaisuuksien selvittäminen

16. Luvussa on selkeästi esitetty uudelleenkäytettävien rakennusosien selvittämisen prosessi.

● Täysin samaa mieltä	2
● Samaa mieltä	12
● Eri mieltä	1
● Täysin eri mieltä	0



- 4.2.6 Kokonaisen rakenneosan koestuksella saadaan tuloksia yksittäisistä, rikotuista kappaleista. Jotta tulokset voitaisiin yleistää muihin vastaaviin kappaleisiin tulee useampi kokonainen rakenneosa rikkoo. Näin ollen esimerkiksi kantavien rakenteiden koestus on kallista eikä kuormituskokeesta välttämättä saada sen arvokkaampaa tietoa kuin ainetta rikkomattomilla menetelmillä on mahdollista saada.
- Vastuunäkökulmaa ei ole tekstissä juurikaan käsitelty. Lähtökohtaisesti rakennustuotteen omistaja vastaa tuotteesta ja sen ominaisuuksista. Se, kuka haluaa käyttää rakennushankkeessa uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita, vastaa siitä, että ne ovat kelpoisia.
- "Helsingin kaupunki on tehnyt kiertotalouteen liittyen jo seuraavat työkalut ominaisuuksien selvittämiseen ja niiden toteamiseen: <https://testbed.hel.fi/kiertotalous/kirjasto/>"

Luku 5 Uudelleenkäytettävien rakennusosien ominaisuuksien selvittämisen menetelmät ja otanta

19. Luvussa on selkeästi ja riittävällä laajuudella esitetty ominaisuuksien ja soveltevuuden selvittämisessä käytettävät menetelmät



20. Luvussa on esitetty selkeästi oppaassa käsiteltyjen rakennusosien (betonielementit, tiilet, liimapuu) uudelleenkäytön kannalta selvitettävä ominaisuus



21. Luvussa on esitetty selkeästi mikrobien vaikutus uudelleenkäyttöön.



22. Luvussa on esitetty selkeästi haitta-aineiden vaikutus uudelleenkäyttöön.

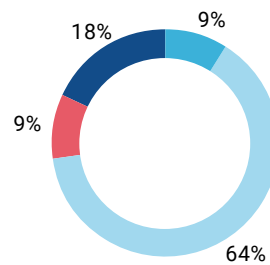


- Yleisesti luku 5: Luku on kovin pitkä, harkitsisin vakavasti informaation tiivistämistä. Esimerkiksi kohta ”Puristus-, veto- ja leikkauslujuus” sisältää aivan perustietoa rakenteiden mekaniikasta. Tämä tieto niin perustietoa että sen voisi jopa jättää pois ottaen huomioon että opas on suunnattu rakennusalan ammattilaisille. Tiiviimmät luvut selkeyttäisivät opasta lukijan näkökulmasta.
- Rakennustuotteiden lähettämän gammasäteilyn käsittely puuttuu luvusta.

Luku 6 Uudelleenkäytön suunnittelu

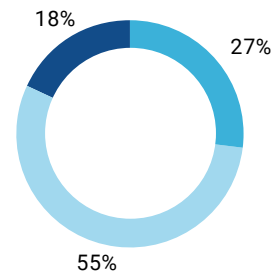
25. Luvussa on esitetty selkeästi uudelleenkäytön suunnittelun edellytyksen ja vanhojen suunnittelumääräysten ja ohjeiden tulkinta.

Täysin samaa mieltä	1
Samaa mieltä	7
Eri mieltä	1
Täysin eri mieltä	0
En ole perehtynyt tähän osuuteen luvussa tai halua vastata kysymykseen	2



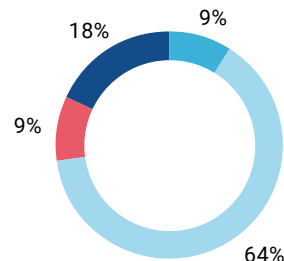
26. Luvussa on esitetty uudelleenkäytettävien rakennusosien suunnitteluprosessi

Täysin samaa mieltä	3
Samaa mieltä	6
Eri mieltä	0
Täysin eri mieltä	0
En ole perehtynyt tähän osuuteen luvussa tai halua vastata kysymykseen	2



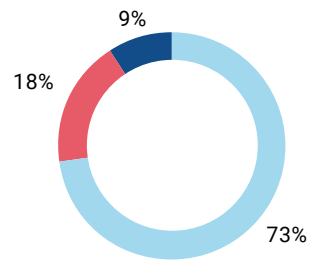
27. Luvussa on esitetty uudelleenkäytettävien rakennusosien materiaali-/rakennusosakohtainen suunnittelu

Täysin samaa mieltä	1
Samaa mieltä	7
Eri mieltä	1
Täysin eri mieltä	0
En ole perehtynyt tähän osuuteen luvussa tai halua vastata kysymykseen	2



28. Luvussa on esitetty selkeästi uudelleenkäytön huomioivan purkus suunnittelun edellytykset rakennushankkeeseen.

Täysin samaa mieltä	0
Samaa mieltä	8
Eri mieltä	2
Täysin eri mieltä	0
En ole perehtynyt tähän osuuteen luvussa tai halua vastata kysymykseen	1

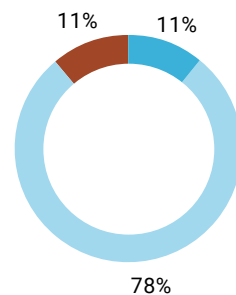


- "Kantavien rakennusosien uudelleenkäytöstä on jo aika paljon kokemusta ja Saksasta ohjeitakin. Haasteissa kuvailtu normaalia korjaussuunnittelun osaamista, jonka osaamistarvetta olisi parempi tuoda esiin, kun maalailla asiaa ongelmana. Uudelleenkäytön yhteydessä eri suunnitteluosa-alueiden laadunvarmistus on tuotu esiin haaste-luvussa.

Luku 7 Tuotekortti

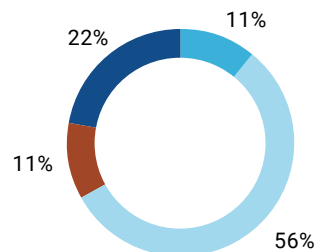
31. Luvussa on esitetty selkeästi uudelleenkäytettävistä rakennusosista laadittavan tuotekortin sisältö ja käyttötarkoitus.

Täysin samaa mieltä	1
Samaa mieltä	7
Eri mieltä	0
Täysin eri mieltä	1



32. Luvussa käsitellyt tuotekortin sisältövaatimukset ovat tarkoituksenmukaisia ja niitä on käsitelty riittävästi muualla oppaassa.

Täysin samaa mieltä	1
Samaa mieltä	5
Eri mieltä	0
Täysin eri mieltä	1
En ole perehtynyt tähän osuuteen luvussa tai halua vastata kysymykseen	2



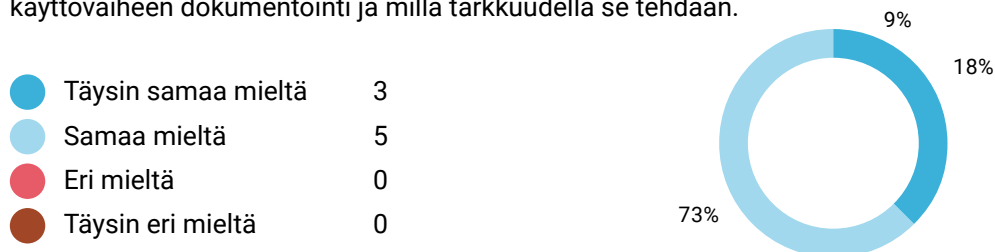
33. Tuotekortissa esitettävien olennaisten ominaisuuksien selvittämismenetelmät sekä selvittämisen otanta tulee määrittää tapauskohtaisesti laadittavan tutkimussuunitelman perusteella. Tämä on sopiva vaatimus.



- Miten tuotekortti ja juuri uusittu rakennustuoteasetus toimivat keskenään? Voiko digital passport -ajattelua hyödyntää tuotekortin teossa?
- Voisiko kortissa olla mukana myös mahdolliset päästötiedot, esim. purkutyömenekit?
- Onko tarkoituksen mukaista että tuotekorteissa ei ole huomioitu haitta-aineita.

Luku 8 Kelpoisuuden ja soveltuvuuden vaiheiden dokumentointi

36. Luvussa on esitetty selkeästi uudelleenkäytöselvityksen, ehjänä irrottamisen, kuljetuksen ja varastoinnin, suunnittelun ja rakentamisen käyttövaiheen dokumentointi ja millä tarkkuudella se tehdään.

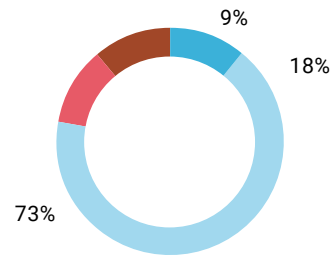


- Vastuunäkökulmaa ei ole tekstissä juurikaan käsitelty. Lähtökohtaisesti rakennustuotteen omistaja vastaa tuotteesta ja sen ominaisuuksista. Se, kuka haluaa käyttää rakennushankkeessa uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita, vastaa siitä, että ne ovat kelpoisia.

Luku 9 Kelpoisuuden ja soveltuvuuden dokumentointi

39. Luvussa on esitetty selkeästi mitä kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvitysten dokumentin tulee sisältää

● Täysin samaa mieltä	1
● Samaa mieltä	6
● Eri mieltä	1
● Täysin eri mieltä	1



- Otsikko ja sisältö eivät täsmää, ei sisältöä, pelkkien symbolien ja lyhenteiden selityksiä.
- Kommentti: Symboliluettelossa symbolit fb ja fum koskevat pelkästään muurauskappaleita (tiiliä). Tämä pitäisi selventää. Miksi betonin ja liimapuun vastaavia symboleja ei luettelossa esitetä?
- Eikö tuotekortti ole kelpoisuuden ja soveltuvuuden dokumentti?? Sitä ei mainita koko luvussa ollenkaan. Aika ympärööräksi jää, kun koko asia on kuitattu kahdella bulletilla.