

**TAL  
TECH**

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Ehituse ja arhitektuuri instituut

Iceland   
Liechtenstein  
Norway grants

## **EHITUSMATERJALIDE OMADUSTE TÕENDAMINE RINGKASUTUSES**

Uurimisprojekti „Tartu ringrenoveerimine“  
Tallinna Tehnikaülikooli tegevuste lõpparuanne

Rahastaja: SA Keskkonnainvesteeringute Keskus  
Projekti vastutav täitja: Professor Targo Kalamees  
(kuupäev digiallkirjas)  
*allkirjastatud digitaalselt*

Tallinn, 30.04.2024

<b>1. Sisukord</b>	
<b>1. Sisukord</b>	<b>2</b>
<b>2. Eessõna</b>	<b>3</b>
<b>3. Lähteolukord ja probleemistik</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Ehitussektori jäätmete</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Olemasolevad regulatsioonid ja juhendid, mis kohalduvad materjalide ringkasutuse korral</b>	<b>5</b>
3.2.1 Olulised õigusaktid	5
3.2.2 Ehitusmaterjalide standardid	5
<b>3.3 Tartu ringrenoveerimise projekti raames läbiviidava teadus- ja arendustöö eesmärgi realiseerumine</b>	<b>5</b>
<b>4. Meetodid ringkasutatavate ehitusmaterjalide omaduste tõendamiseks</b>	<b>6</b>
<b>4.1 Renoveerimisel- ja lammutamisel tekkivate ehitusmaterjalide kasutatavuse tõendamise meetodite ülevaade ja Eestisse sobivad lahendused (20.1)</b>	<b>6</b>
4.1.1 Meetodite ülevaade (puidupõhised materjalid)	6
4.1.2 Meetodite ülevaade (mineraalsed materjalid)	6
4.1.3 Riskianalüüsid	7
4.1.4 Materjalipassid BIMis	7
<b>4.2 Eramuehitusele kohalduvad meetodid (tegevus 20.2)</b>	<b>9</b>
4.2.1 Puitmaterjalid	10
4.2.2 Isolatsioonmaterjalid, plaadid, kattmaterjalid	10
4.2.3 Isolatsioonmaterjalide, plaatide, kattmaterjalide hindamine	13
4.2.4 Jätkutegevused	16
<b>4.3 Suurehituse meetodid (tegevus 20.3)</b>	<b>17</b>
4.3.1 Mineraalsed materjalid	18
4.3.2 Puitmaterjalid	24
4.3.3 Isolatsioonmaterjalid, plaadid, kattmaterjalid	26
4.3.4 Plaat- ja rullsoojustus	27
4.3.5 Katusekivid	28
4.3.6 Katuseplaadid	29
4.3.7 Metall	29
4.3.8 Rullhüdrolatsioonmaterjalid	30
4.3.9 Fassaadiplaadid	30
4.3.10 Ehitusmaterjalide resertifitseerimise standardiseerimise ettepanek	31
<b>5. Soovitused kohalikule omavalitsusele (20.4)</b>	<b>33</b>
<b>5.1 Suundumused Euroopas</b>	<b>33</b>
<b>5.2 Tartu projektid</b>	<b>33</b>
5.2.1 Karlova kool	33
5.2.2 Helliku lasteaed	35
5.2.3 Kokkuvõtte ja ettepanekud	36
<b>6. Täitematerjalide asendamine ja püsivus</b>	<b>39</b>
<b>7. Vana puidu laboratoorsete katsete tulemused</b>	<b>46</b>
<b>8. Kasutatud kirjandus</b>	<b>47</b>

## 2. Eessõna

Renoveerimine pidurdab olemuslikult ehitussektori jäätmeteket, pikendab olemasoleva hoonefondi eluiga ning parandab hoonete funktsionaalsust ja kvaliteeti. Renoveerides ja hoone kasutamise otstarvet kohandades ei ole vaja olemasolevaid hooned asendada uutega. Renoveerimise ja ehitusmaterjalide korduskasutuse seosed on tihedalt põimitud Kliimaministeeriumi juhitas teadus-arendusprojekti LIFE IP BUILDEST projekti (2021-2028), mille kaasprojekt on ka Norra Finantsmeetmest rahastatud projekt „Tartu Ringrenoveerimine“.

Tartu Ringrenoveerimise projekti eesmärgiks oli piloteerida lahendusi, mis tõendavad ehitusmaterjalide korduskasutuse potentsiaali, meie tähelepanu keskpunktis on ringmajanduse põhimõtete integreerimine Tartu linna piires toimuva hoonete renoveerimismaratonini – **Tartu renoveerib** protsessi.

Projektiga lahendati tehnoloogilisi barjääre, analüüsiti regulatiivseid takistusi ja uuriti võimalust turupõhiste lahenduste loomiseks eelnimetatud väljakutsete ületamiseks. Käesolev aruanne on koostatud Tallinna Tehnikaülikooli poolt projektis läbiviidud uuringute põhjal, mille eesmärgiks oli **meetodite väljatöötamine ringkasutatavate ehitusmaterjalide omaduste tõendamiseks**.

Käesolev raport koosneb 3 osast:

1. Probleemistik ja lähteolukord: sh ehitussektori jäätmetekke ülevaade ja lühikirjeldus olemasolevate regulatsioonidest ja standarditest, mis kohalduvad ehitusmaterjalide ringkasutuses;
2. Meetodid ringkasutatavate ehitusmaterjalide omaduste tõendamiseks: sh lühiülevaade;
3. Lühikokkuvõte TalTech tegevustest projektis.

Projektis osalenud TalTechi teadlased koosseisus Targo Kalamees, Simo Ilomets, Paul Klõšeiko, Tanel Tuisk, Eero Tuhkanen, Martin Talvik, Tiina Hain, Kristo Paalandi, Priit Peterson ja Murel Truu tänavad projekti rahastajat SA Keskkonnainvesteeringute Keskust ning projektis osalenud partnereid: Tartu Linnavalitsus (koordinaator), Eesti Ringmajandusettevõtete Liit, Säästva Renoveerimise Infokeskus, Trondheim Kommune (Norra) ja SINTEF (Norra).



### 3. Lähteolukord ja probleemistik

#### 3.1 Ehitussektori jäätmete

Ehitussektor on Eestis nn. põlevkivitööstuse järel jäätmetekitajana teisel kohal, tekitades 2022.aastal 29% kõigist jäätmetest [1]. Sama statistika kohaselt on ehitus- ja lammutusjäätmete hulgas kõige suuremas koguses pinnast, kive ja süvenduspinnast (64%), betooni-, tellise ja plaadijäätmeid (17%), metalle (7%) ning bituumenitaolisi segusid ja tõrvasaadusi (4%).

Viimastel aastatel püsivalt kõrge ehitusmaterjalide taaskasutusmäär (2022. aastal 93%) väljendub senini valdavalt madalakvaliteedilises taaskasutuses. Ehitus- ja lammutusjäätmete taaskasutus toimub reeglina pinnase tagasitäiteks, karjääride korrastamiseks või maa-alade tasapinna tõstmiseks. Kuigi taaskasutuse määr viimastel aastatel on kõrge, ca 80-90%, on tegemist väheväärtusliku taaskasutusega, kus jäätmete potentsiaal materjalina jääb suuresti kasutamata. Jäätmete kõrge väärtusega ringlussevõtu (ehitusvaldkonnas väljendub kõrgeim võimalik väärtus ringlussevõtul: korduskasutuseks ettevalmistamine ehk jäätmete taaskasutamistoimingud R3k, R5k) kogus on püsivalt madal – 2019.aastal moodustas kõrge väärtusega ringlusse võetud materjal vaid 0,7% ehitus- ja lammutusjäätmete kogutekkest. 2022. aastal on see suhtarv kahjuks langenud, jäädes 0,2% juurde.

Samal ajal vajatakse ehitusmaterjalide tootmiseks jätkuvalt suurtes kogustes esmast tooret ja energiat, mistõttu on juba pikemat aega juhitud tähelepanu vajadusele suurendada ehitusmaterjalide taaskasutuspotentsiaali ja vähendada ehitusest- ja lammutusest tulenevat jäätmeteket. Ka ehitusjäätmete ladestamine prügilates kasvab, 2020. aastal ladestati prügilates 87 690 t ehitusjäätmeid (3% kogujäätmetekkest), 2022. aastal 152830 t (4.7% kogujäätmetekkest) [2]. Sektorist pärinev jäätme hulk on ajas pidevalt suurenenud, kõrgekvaliteedilise taaskasutuse ja ringlussevõtu mahud on jäänud stabiilselt madalaks.

Ehitusmaterjalide kõrgekvaliteedilise taaskasutuse saavutamiseks on üks olulisemaid barjääre sobivate meetodite puudumine, mis aitaks kiirelt ja kuluefektiivselt tõendada ringkasutatava materjali omadused. On teada, et ehitusmaterjalidele on põhjendatult kehtestatud ranged nõuded. Eestis reguleerib ehitusmaterjalide kasutust Majandus- ja kommunikatsiooniministri 26.07.2013 määrus nr 49, Ehitusmaterjalidele ja -toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord [3], millega sätestatakse järgitavad vastavussüsteemid ning põhimõtted materjalide toimivuse püsivuse hindamiseks ja kontrollimiseks. Antud määrus näeb ette, et ehitustootega peab kaasas olema teave selle omaduste ning kasutusala ja -viiside kohta, näiteks kasutus- ja paigaldusjuhend. Antud nõudestik on igati põhjendatud, et tagada ehitatud keskkonna ohutus, vastupidavus ja keskkonnakaitse eesmärgid. Küll aga saavad need põhimõtted takistuseks ehituse ringmajanduses, kuna puuduvad meetodid ja praktikad lammutus- ja renoveerimisobjektidel tekkivate ehitusmaterjalide re-sertifitseerimiseks ja/või ohutuse tõendamiseks.

Tänase praktika kohaselt korduskasutatakse ehitustoodetest kõige enam avatäiteid ilma otsekatsetusteta, samuti võetakse kasutusele erinevaid vanasid või väärtuslikke detaile. Selliseid ehitustooteid hinnatakse visuaalselt, kogemustele toetudes ilma üheseid kriteeriume järgimata.

Materjalide kordus- ja taaskasutusel rakenduvad täna nõuded, mis on välja töötatud lähtudes uute ehitustoodete spetsiifikast.

Selle vajaku täitmiseks uuris Tallinna Tehnikaülikool Tartu Ringrenoveerimise projektis Renoveerimis- ja lammutusprojektidest tekkivate ehitusmaterjalide kasutatavuse tõendamise võimalusi ja arendus sobilikud meetodid nii väikeehituses „iseehitajate“ tarbeks kui analüüsis ja pakkus välja ka suurehitusele sobilikke meetodeid.

## 3.2 Olemasolevad regulatsioonid ja juhendid, mis kohalduvad materjalide ringkasutuse korral

### 3.2.1 Olulised õigusaktid

- Eesti Vabariigi [Põhiseadus](#) (§ 5. Eesti loodusvarad ja loodusressursid on rahvuslik rikkus, mida tuleb kasutada säästlikult)
- Euroopa parlamendi ja nõukogu määrus nr [CPR 305/2011](#) (Construction Products Regulation)
- [Ehitusseadustik](#)
- [Jäätmeseadus](#)
- [Toote nõuetele vastavuse seadus](#)
- Majandus- ja kommunikatsiooniministri 26.07.2013 [määrus nr 49](#), Ehitusmaterjalidele ja -toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord

### 3.2.2 Ehitusmaterjalide standardid

Ehitusmaterjalide taaskasutusega seotud automaatselt kohanduvad standardid (EN standardid) on erineva otstarbega täitematerjalide standardid. Toodete (mitte täitematerjalide) standardides käsitletakse ainult tsemendi, betoonisegu ja betoonvalmistoodete standardites taaskasutatavate toormaterjalide kasutamist. Teistes ehitustoodete standardites (müürimaterjalid, soojus-, -heli, ja hüdroisolatsioon jne) materjalide taaskasutatavust ei käsitleta ning tootjale jäetakse vabadsus toormaterjalide valikukriteeriumide määratlemiseks.

## 3.3 Tartu ringrenoveerimise projekti raames läbiviidava teadus- ja arendustöö eesmärgi realiseerumine

Tartu ringrenoveerimise projektis oli Tallinna Tehnikaülikooli ülesandeks töötada välja renoveerimis- ja lammutusprojektidest tekkivate ehitusmaterjalide tarbeks põhimõttelised lahendused ja kiirmeetodid materjali omaduste ja seeläbi kasutatavuse nõuetekohaseks tõendamiseks. Järgnevalt on esitatud projekti nelja alamtegevuse lühikokkuvõte:

- 1) **Renoveerimisel- ja lammutamisel tekkivate ehitusmaterjalide kasutatavuse tõendamise meetodite ülevaade ja Eestisse sobivad lahendused:** Antud ülesande raames analüüsiti teaduskirjanduse-, tõendatud parimate praktikate, kehtivate standarditega (EVS, EN, ISO jne) rakendatavate meetodite kasutatavust renoveerimis- ja lammutusjäätmete ohutuse, toimivuse ja võimaliku uuskasutuse hindamiseks. Hindamismeetodite arendamine sisaldas riskianalüüsi, pakkudes kompromissi ja suunavat kasutamist viisil, mis arvestaks meetodi keerukust, hindaja pädevust ning ohutuse tagamist ehitise tulevaste kasutajate elule ja tervisele aga ka keskkonnale.
- 2) **Eramuehituses kasutatavate tõendamismeetodite arendus:** Iseehitaja sihtgrupi tarvis töötati välja lihtsustatud lähenemise alusel (CPR 305/2011 punktid 34, 36, 39) üheksa nn rohekaarti Eesti hoonefondis levinud materjalile/tootele materjalist sõltuvate kriteeriumite alusel. Valimisse kaasati 2 puidupõhist, 5 mineraalset päritolu ning 2 katusekatte materjali.
- 3) **Suurehituses rakendatavate tõendamismeetodite arendus:** Töö käigus kaardistati olemasolevad ehitustoodete ja täitematerjalide standardid ning koostati loend puuduvate kuid vajalike standardite koostamiseks. Kirjeldati kogu ehitus- ja lammutusjäätmete materjalina ringlussevõtu protsessi ning pakuti välja standardi väljatöötamiskavatsus (sisuliselt uue standardi toorik) ühe materjali näitel.
- 4) **Meetodite kohaldamine avaliku sektori (kohaliku omavalitsuse) korraldatavates renoveerimishangetes.** Koostöös Tartu linnaga analüüsiti seniste hangete praktikad ning projekti tulemuste rakendamise võimalusi ringse ehitamise suunas.

## **4. Meetodid ringkasutatavate ehitusmaterjalide omaduste tõendamiseks**

Eesti hoonefondi renoveerimise ja/või lammutamise tulemusel tekib suurtes kogustes tänase seadusandluse kohaselt erinevaid ehitus- ja lammutusjätmeid, millele kohanduvad jäätmekäitluse nõuded. Samas omab suur osa saadaolevaid materjale märkimisväärset ringkasutuse potentsiaali, kui suudetaks tagada nende ohutus, kvaliteet (s.t vastavus ootustele), tehnilised omadused ja nende tõendamiseks kohaldatav meetod. Tehtud töö tulemusel töötati kutsepädevusega ehitusinseneride ning ehitusmaterjalide spetsialistide abil välja ringset ehitussektorit toetavad nn rohekaardid levinumate ehitusmaterjali kohta erinevate asjakohaste kriteeriumite alusel.

### **4.1 Renoveerimisel- ja lammutamisel tekkivate ehitusmaterjalide kasutatavuse tõendamise meetodite ülevaade ja Eestisse sobivad lahendused (20.1)**

#### **4.1.1 Meetodite ülevaade (puidupõhised materjalid)**

Eesti hoonefondi renoveerimise ja lammutamise tulemusel tekib suuretes koguses ringlussevõtu potentsiaaliga materjali, peamiselt palgid ning erinevad saematerjalid. Ressursitõhususe ning jäätmetekke vältimise ja vähendamise seisukohalt oleks mõistlik saadaolevat puitmaterjali käsitleda potentsiaalselt korduskasutatavana, mis juhul ei kohalduks neile jäätmekäitluse toimingud. Korduskasutuseks ettevalmistuse puhul on tegemist [Jäätmeseaduse](#) reguleerimisalasse jääva jäätmekäitlustoiminguga, kuid käesoleva töö tulemusel on pakutud välja võimalused selle jätkuvaks ringseks kasutamiseks ehituselemendina. See võiks olla keskkonnahoiu, süsiniku sidumise ning uue ehituspuidu raiemahtude vähendamiseks mõistlik seda enam, et valdav osa saadaolevaid elemente on töötlemata. Konstruksioonipuidu tugevusklassi on võimalik hinnata nii visuaalselt kui ka mehaaniliste purustavate ning mittepurustavate katsetega. Järjest enam arendatakse ka erinevaid skaneerimismeetodeid - kompuutertomograafia, looduslikul atmosfäärikiirgusel baseeruv tomograafia. Visuaalset ja masinsorteerimist käsitlev standardite seeria EVS-EN 14081 (kõik osad) on ette nähtud uue puitmaterjali sorteerimiseks, kuid vana puidu kohta vastav standard puudub. Siiski on riigiti arendatud rahvuslikul tasandil standardeid, mis käsitlevad vana puidu tugevuse hindamist, nt. Itaalia UNI 11119 [4] ja UNI 11035 [5], Skandinaavia INSTA 142 [6] ning Norra standardi eelnõu prNS-3691-3 [7]. Käesoleva raporti meetodite väljatöötamisel leiti seoseid nimetatud standardites toodud visuaalselt vaadeldavate omaduste ning purustavate ja mittepurustavate katsete tulemuste vahel. Isehitaja jaoks on antud selle alusel vastavad soovitusel, et konstruktsiooni kandevõime oleks piisava usaldusväärsusega tagatud. Suurehitaja võib neid soovitusi rakendada materjali taaskasutuspotentsiaali hindamiseks, kuid peaks visuaalset hindamist kombineerima mehaaniliste katsetega saadud tulemustega. Käesoleva töö raames osutus uudseks ning uurimispotentsiaaliga valdkonnaks vana puidu püsivusomadust parandamine läbi termotöötamise, mida mille kohta infot teaduskirjandusest napib ning mida pole Eestis ega lähiriikides tööstuslikus skaalas seni tehtud.

#### **4.1.2 Meetodite ülevaade (mineraalsed materjalid)**

Domineeriv osa Eestis tekkivatest ehitus- ja lammutusjätmetest on mineraalset päritolu (betoon, silikaatkivid, keraamilised kivid, kergbetoon jms), mis kasutatakse üldjuhul tagasitäiteks, nt karjäärade taastamine, pinnasetäide, ehitusplatsid, ajutised teed jms, jättes nende ringse kasutamise potentsiaali realiseerimata. Osade mineraalsete materjalide puhul on meetodi

rakendamisel diferentseeritud korduskasutamise (eelistatud) või materjalina ringlussevõtu potentsiaali, pürgimaks jäätmehierarhia kõrgemate tasemete suunas. Meetodite väljatöötamisel lähtuti materjalide tüüpomadustest, tänapäeva ehitamise kriteeriumitest ja võimalustest Eestist, selle eripärast. Mineraalsete materjalide puhul on isehitajal enim puutumust erinevate müürikividega, eelkõige silikaatkivi ja keraamilised tellised, mida võib õnnestuda teatud juhtudel korduskasutada (vt. vastavad rohekaardid). Kuigi rohekaart kasutamiseks eelkõige isehitaja sihtgrupile on koostatud ka suuremate, raskemate, keerulisemate ehituselementide ja materjalide kohta, ei ole need ilmselt renoveerimis-, ehitus-, või lammutustööde iseloomust tulenevalt kuigi suures ulatuses ilma vastava pädevusega spetsialisti või ehitustehnikat kasutamata rakendatavad. Nii isehitaja kui ka suurehitaja puhul on olulised mineraalsete materjalide suur mass ja kogused, mis transpordist tuleneva liiklus- ja keskkonnamoormuse vähendamiseks tuleks uuskasutada senisele asukohale võimalikult lähedal.

Kahe erineva sihtgrupi loomise tingis asjaolu, et isehitaja risk on väiksem kui suurehitajal. Isehitaajalt eeldatakse, et taaskasutatud materjalidest ehitise või selle osa kasutajaks saab olema isehitaja isiklikult. Vastutuse annab ning võtab isehitaja ainuisikuliselt. Suurehitaja korral suurenevad riskid märgatavalt ja tuleb tagada kolmandate isikute ohutus. Sellisel juhul tuleb materjalide taaskasutuse hindamiselt kasutada põhjalikemaid meetodeid ja hindamist võib teha eriala spetsialist.

Isehitaajale on loodud materjali hindamiseks lihtne töövahend „Rohekaart“, mille kasutamisega saab hakkama ka ilma tehnilise erihariduseta inimene. „Rohekaardi“ kasutamise tulemiks eeldatakse lihtsaid, vähem koormatud konstruktsioonid. Sarnane lähenemine on olnud ka 27 osalejaga 6-st erinevast riigist uurimisasutuse ühisel uurimistööl [8]. Töö tulemusel on valminud .xlsx fail [9] kuhu saab kanda taaskasutusega seotud olulise informatsiooni

Suurehitajale on loodud ülevaade ja etapid taaskasutuse realiseerimiseks. Suurehitaja eri objektide erisusest tulenevalt ei ole pakutud tüüplahendusi vaid on kirjeldatud erinevate etappidega seonduvaid asjaolusid.

#### **4.1.3 Riskianalüüsid**

Materjalide kasutatavuse tõendamise meetodite arendamise oluline osa käesoleva uurimistöös raames oli riskianalüüs, tagamaks CPR 305/2011 ning ehitusseadustikust tulenevad ehitustoodetele ning ehitistele esitatavad nõuded. Riskianalüüsi meetodid võivad aidata tõestada ehitusmaterjalide omadusi, hinnates erinevaid tagajärgi, mis erinevate nõuetele mittevastavus materjalide kasutamisel kaasa tuua saab. Need meetodid hõlmasid materjali mittetoimivuse tagajärgede hindamist ja selle esinemise tõenäosust. Liechtensteinis tehtud uuringu [10] tulemusel on kaardistatud riskid alates põhjavee kvaliteedi muutumise kuni maksumuseni koos lahendustega.

#### **4.1.4 Materjalipassid BIMis**

BIM-põhised materjalipassid võivad aidata tõestada materjalide omadusi, pakkudes üksikasjalikku teavet ehitusmaterjalide koostise ja omaduste kohta. Materjalipassis on võimalik näidata materjalide kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid omadusi ja dokumenteerida nende kasutuseaegset muutumist. See hõlbustab tõendada hiljem nende ringlussevõetavust ja keskkonnamõju [11].

Kasutades hooneinfo modelleerimist (BIM) teadmiste baasina geomeetria ja materjalide omaduste jaoks ning andmebaasidega ökoloogilise jalajälje hindamiseks, võimaldavad materjalipassid hoonekavandite optimeerimist ressursside kasutamise ja materjalide dokumenteerimise osas [12]. Passid toimivad ka kavandite optimeerimise tööriistadena, võimaldades variantide genereerimist ja võrdlust otsustusprotsesside toetamiseks [13]. Lisaks võimaldab materjaliteabe integreerimine BIM-mudelitesse läbi laserskaneerimise ja maapinna läbitungiva radariga (GPR) BIM teostusmodelite genereerimist ja materjalipasside koostamist olemasolevatele hoonetele, hõlbustades vastava potentsiaaliga elementide korduskasutust või materjalina ringlussevõttu [14].

Selekteeriva demonteeriva käigus saadavad piirded ja vahelaeplaadid oleksid tõenäoliselt korduskasutatavad pärast nende vastavuse tõendamist. Hetkel sellised meetodid puuduvad ja

korduskasutus asendub reeglina taaskasutusena läbi purustamise, paremal juhul (vastavalt Jäätmehierarhiale [15]) võetakse ringlusse materjalina. Seina, vundamendi ja vahelagede raudbetoonelementide korduskasutus omab perspektiivi vähekeeruliste ehitiste püstitamisel. Selle tarbeks tuleks luua toodete standardne kontrollmehhanism ja luua eeldused korduskasutuse motiveerimiseks. Kontrollmehhanism on teostatav tänapäevaste portatiivsete katseseadmetega lammutataval/demonteeritaval objektil. Selliselt on võimalik teha faktiline selekteerimine korduskasutatavate versus purustamisele minevate elementide osas. Kuivõrd selekteeriv demontaaž ei ole hetkel (veel) majanduslikult otstarbekas, tuleks luua toetusmeede motiveerimaks ettevõtteid toodete korduskasutuseks. Sellesse paketti peaks kaasama projekteerijad, kontrollkatsetusi teostavad laboratooriumid, demonteerimise ja taasmonteerimisega tegelevad ettevõtted.

Puitmaterjalide korduskasutus omab potentsiaali ennekõike väikemajade püstitamisel, seda nii kande- kui ka piirdekonstruktsioonides. Puitmaterjali ümbertöötlemine avab võimalused uute toodete (nt liimpuit, ristkihtliimpuit) loomiseks, millel on rakendus ka korruselamutes või muudes insenerirajatistes.

Materjalide kasutatavuse tõendamise meetodite arendamisel oli oluline osa riskianalüüsil, tagamaks CPR 305/2011 ning ehitusseadustikust tulenevad ehitustoodetele ning ehitistele esitatavad nõuded. Käesoleva töö tulemustes on proovitud selle aspektiga arvestada, seostades rohekaardina pakutud meetodi keerukuse ja töömahu riski suurusega. Eelkõige arvestati uuesti kasutamise juures ohutusega seotud aspekte, sealhulgas tervise- ja keskkonnohutus. Muuhulgas hinnati ehituselemendis või materjalis mõjuvaid sisejõudusid, soosides näiteks pigem survele kui paindele töötavaid elemente (kuna vanade materjalide hajuvus survetugevuses osas on väiksem ning võimalik tagajärg kergem, võrreldes nt vana raudbetoonist silluse või tala terasarmatuuri tüübi, läbimõõdu, seisukorra, ankurduse jms ehitusinseneeria spetsiifiliste aspektidega).

Uuritavate materjalide ringkasutuse potentsiaali analüüsimisel lähtuti kahest põhimõttest:

- Esiteks need, mida on Eesti hoonefondi ehitamisel ajalooliselt peamiselt ja seega suurtes kogustes saadaval (peamiselt raudbetoon, tellised, silikaatkivid, puit, poorbetoon, looduskiivid jms) ning
- Teiseks materjalid, millede tootmine olemasolevate hoonete ehitamiseks on juba tekitatud suure keskkonnamõju, eelkõige (raud)betoon, teras, tellised ja silikaatkivid.



## 4.2 Eramuehitusele kohalduvad meetodid (tegevus 20.2)

Toimivuse hindamise kriteeriumiteks valiti tugevus, kandevõime, kahjustused ning erinevad arvutusteks ning modelleerimiseks vajalikud materjalide omadused.

Nii nagu ka uute ehitustoodete puhul, tuleb ka vanade materjalidega ehitustegevuse puhul tutvuda ja juhendada [Ehitusseadustiku](#) [16] Lisast 1 (ehitusloa, ehitusteatisse ja ehitusprojekti kohustuslikkus). Ehitustegevusele eelneb projekteerimine oma objektist sõltuvate tegevustega, näiteks:

Eeltööna olemasoleva info kogumine, eelkõige (loetelu ei pruugi olla lõplik):

- olemasolevad ehitusprojektid ja varasemate ehitustööde info kogumine;
- renoveerimisvajaduse kaardistamine;
- olemasoleva projektdokumentatsiooni ja tegeliku olukorra projektdokumentatsioonile vastavuse hindamine (visuaalne hinnang, mõõtude kontrollimine ja/või mõõdistamine ning vajadusel kandekonstruktsioonide/piirdetarindite avamine);
- Ehitise põhinõuetele vastavuse hindamine (Ehitusseadustik § 11, lõige 2).

Samades tingimustes (s.t. tööolukorras ja koormusega) olemasolevad ehituselemendid on käesoleva uurimistöo teostajate hinnangul korduskasutatavad, kui need on nõuetele vastavas tehnilises seisundis. Eesti ehituskultuuri ja materjale arvestades puudutab see peamiselt puidust ehituselemente nagu palgid, prussid, talad, sarikad jms. Renoveerimise kavandamise puhul hinnata ehitusliku lahenduse vastavust tänastele nõuetele ja koormustele, kuna tüüpiliselt on küll tagatud kande- kuid mitte kasutuspiiriseisund, soovituslik on konsulteerida pädeva isikuga.

Eramuehituses rakendatavate lihtsustatud meetodite (iseehitaja sihtgrupp) arendamine jaotati olemasolevate hoonete ehitustehnilistest lahendustest ning materjaliomaduste erisustest tulenevalt puidupõhisteks ning mineraalseteks materjalideks. Olemasoleva hoonefondi analüüsi käigus tuvastati peamised ringlusse võetavad materjalid ning määrati toimivuse hindamise kriteeriumid. Valiti lihtsustatud tõendamismeetodite aluseks olevate laboratoorsed katsemeetodid ja uuritavad parameetrid ning teostati laboratoorsed katsed.

Iseehitajale ja väikeehituses sobivad meetodid on kirjeldatud käesoleva raporti lisana materjalipõhiste nn rohekaartidena (ehk juhised), mis kirjeldavad iga materjali puhul kõige olulisemaid omadusi. Materjalipõhised kaardid on jaotatud kolme materjalitüübi alla:

- Puitmaterjalid (2 tk)
- Mineraalsed materjalid (5 tk)
- Soojustus-, isolatsioon- ja plaatmaterjalid (2 tk)

Rohekaartidel on lisaks muule infole esitatud selle päises ka alternatiivse uue ehitusmaterjali CO<sub>2</sub> jalajälg, mis näitab kui palju keskkonnamõju jääb potentsiaalselt tekitamata, kuna uus ehitusmaterjal jääb tootmata. Samuti on igal rohekaardil hinnatud selle koostaja poolt meetodi usaldusväärtust (5-astmelisel skaalal) ja katsetamise kiirust (6-astmelisel skaalal) ning võimalikke kasutamise piirangut. Iga rohekaardi lõpus on proovitud pakkuda lihtne kuid informatiivne nõu nipp materjali hindamiseks.

## 4.2.1 Puitmaterjalid

### Fassaadi- ja põrandalaudis

Fassaadilaudis võib olla ristküliku kujulise ristlõikega või kujuhööveldatud. Esimesel juhul paigaldatakse laudis vertikaalselt, veetiheduse saavutamiseks malekorras ülekattega või kaetakse kahe laua vaheline vuuk peensaetud liistuga. Kujuhööveldatud laudis võivad olla paigaldatud nii vertikaalselt kui ka horisontaalselt ning veetihedus saavutatakse serva sulundi või ülekattega. Fassaadilaudise paksus varieerub 18-32 mm-ni.

Põrandalauad on hööveldatud ristküliku kujulised serva sulundiga. Laua paksus varieerub vahemikus 22-33 mm, laius 58-120 mm, enimlevinud mõõdud on 28x58, 28x70, 28x120, 33x95 ja 33x120 mm.



Foto 1 Fassaadilaudis

### Puitroov (liist)

Puitroov on ristkülikukujulise ristlõikega hööveldatud puitmaterjal mõõtudega alla 75x75 mm. Enamlevinud roovide paksused on 25, 32 ja 45 mm. Vanadel, sajandivanustel hoonetel on levinud ka tahatud, ebakorrapärase ristlõikega roovitus.



Foto 2 Katuseroovitus

## 4.2.2 Isolatsioonmaterjalid, plaadid, kattematerjalid

### Saepurusoojustus

Saepuru koosneb puidutööstuse saepuru ja hõvellaastu segust millele lisati ~10% kustutatud lupja, vahest lisati ka liiva. Saepurusoojustus on võrdlemisi suure tihedusega niiskusaldis puistesoojustus. Saepurusoojustust on kasutatud nii karkassente kui ka lagede soojustamiseks.



Foto 3 Saepuru

### Turvas

Turvas oli sarnaselt saepurusoojustusele kasutuses nii seinte kui ka lagede soojustamiseks. Peenestatud turbale lisati tulekindluse ja näriliste tõrjeks ~5% kustutatud lupja. Nii saepuru kui turba puhul seinte täidiseks on iseloomulik materjali vajumine aja jooksul, millest tulenevalt võivad seinte ülaosad olla tühjad.

### Plaat- ja rullsoojustus

Soojustusplaatidena on tüüpiliselt kasutuses olnud rooplaadid, mipoor, mineraalvill (mineraalvatt) ja tsementfibroliit plaadid. Hilisemal perioodil (alates 1980.-ndad) tuli kasutusele ka mullplast plaadid.

### Pillirooplaat

Pillirooplaat on ühesuunaliselt asetatud pilliroo kiht kokkusurutud olekus, mis on fikseeritud terastraadiga tüüpiliselt ~15 cm vahedega. Rooplaate kasutati karkass-seinte, katuste jm soojustamiseks ning vaheseinte isoleerimiseks. Orgaanilise materjalina läheb pillirooplaat niiskes keskkonnas kergesti hallitama.



Foto 4 Pillirooplaat

### Mipoor

Mipoor on valge karbamiidformaldehüüdvaigu tardunud poorne vaik, mis on väikese tugevusega, kergelt murenev, üsna habras ja praktiliselt mittepõlev materjal, ehkki sulab ja ~200°C juures söestub.

### Fenoolvaht

Fenoolvaht on roosakaspunaka tooniga paberiga kaetud poorne vaik. Fenoolvaht on väikese tugevusega, kergelt murenev ja suhteliselt suure veeimavusega soojustusmaterjal.



Foto 5 Fenoolvahtplaat

### Mineraalvill

Mineraalvill on pruuni kuni kollase tooniga kiulised elastsed plaadid või rullsoojustused. Mineraalvilla (ja -vatti) toodeti nii klaasist (klaasvill) kui ka kivist (kivivill). Eestis (Kohtla-Järvel) toodeti mineraalvillasid põlevkivipoolkoksist ja telliskivijäätmetest.



Foto 6  
Tsementfibroliit

### Tsementfibroliit

TEP plaat– tuldtõkestav ehitusplaat on hall puitnarmastest või linaluudest pressitud plaat, mis on seotud tsemendiga. TEP plaatide tüüpilised mõõtmed on 2000x500x50 mm (pikkus-laius-paksus). Paksus võis varieeruda – 25; 50; 75 ja 100 mm.

### Mullpolüstüreen

Mullpolüstüreen on valgete poorsete polüstüreengraanulitest ( $\varnothing \sim 3-6$  mm) valmistatud plaat. Plaadid on kerged, väikese tiheduse kohta suhteliselt suure tugevusega.



Foto 7  
Mullpolüstüreen

### Katusekivi

Betoonkatusekivid on sarnased keraamilistele katusekividega eristusega tema koostises. Kivid on valmistatud tsemendi ja liiva segust, millesse on lisatud pigmente soovitud värvitooni saamiseks.

### Rullhüdrosolatsioonmaterjalid

Ruberoid on kergelt sulava bituumeniga immutatud toorpapp (puuvilla-, lina-, villa jms jäätmetest), millele on kantud raskelt sulav bituumen. Ruberoid on tüüpiliselt liivapuistega kaetud rullmaterjal.

Pärgamiin on sarnane ruberoidile kuid ilma raskelt sulava bituumeni ja liivapuisteta. Pärgamiini kasutati tavapäraselt ruberoidi aluskihina.

Tõrvapapp on kvisöe-tõrva ja -pigiga immutatud toorpapp. Tõrvapappi toodeti mõlemalt küljelt liivapuistega kaetuna ja ilma.



Foto 8 Ruberoid

Tõrvapapp ei ole nii suure ilmastikukindlusega kui ruberoid. Papp rebeneb kergesti ja tõrv muutus ilmastiku käes rabadaks.

### **Fassaadiplaadid**

Fassaadiplaatidena kasutati tüüpiliselt looduskivist (settekivimid, massiivsed tardkivimid) väljalõigatud plaate. Harvem olid kasutusel keraamilised plaadid.

Dolomiidi või tiheda lubjakivi (settekivimid) tunneb ära heledast hallist värvitoonist milles võivad eristuda erineva aja setete kihid. Plaadid on fassaadile kinnitatud reeglina metallist ankrute ja lisaks mördipadjakestega. Plaatide pinnad võivad olla lihvitud, voldilise, rihveldatud või saetud pinnaga.

Graniidi, dioriidi, gabro või basaldi (tardkivimid) tunneb ära kivimi tihedast ja värvilisest struktuurist. Tardkividele on iseloomulik suur tugevus. Plaatide pinnad on rihveldatud, voldilise või lihvitud faktuuriga.

Keraamilised plaadid on tavapäraselt pruuni/punaka tooniga. Plaadid võivad olla kaetud glasuuriga.

## 4.2.3 Isolatsioonmaterjalide, plaatide, kattematerjalide hindamine

### **Puistesoojustus**

#### Puhtus, saastatus

Puistesoojustust kasutatakse reeglina pööningute ja puitkarkass-seinte soojustusena kuhu pääsevad ka närilised, pööningule vahest ka linnud. Loomade ja lindude tegevuse tulemusel võib soojustus olla saastatud väljaheidete ja pesaehitusmaterjalidega. Pesaehitusmaterjalideks kasutatakse reeglina pehmeid kiulisi materjale, mida saastavaks materjaliks lugeda ei saa. Loomade, eriti lindude väljaheidete on saastavad ja ühtlasi ka inimese tervisele ohtlikud. Suure kogusega kuivanud ekskrementidega saastatud kinnises ruumis lenduvad väljaheidete osakesed õhus ja põhjustavad bronhide ärritust. Seal võib levida seenhaigusi nagu histoplasmoos või krüptokokkoos. Kopsu- või muude tervisehäiretega inimesed peaksid vältima kokkupuudet lindude väljaheidetega.

Lindude väljaheidetega saastunud soojustust uuesti kasutada ei saa. Selle jäätmekäitlusele tuleb kasutusele võtta tõhusad isikukaitsevahendid.

#### Bioloogiline lagunemine

Puistesoojustuse üheks komponendiks on olnud traditsiooniliselt looduslik orgaaniline materjal, näiteks saepuru. Selle materjali niiskumisest on oht bioloogiliseks lagunemiseks. Lagunemine on silmaga märgatav erinevate hallituste kolooniate tekkena.

Bioloogiliselt saastunud või lagunenuid soojuste kasutamine ei ole mõeldav kuna soodsate keskkonnatingimuste korras toimub lagunemine edasi. Lagunenud soojustuse eemaldamisel tuleb olla ettevaatlik, et seeneosad ei lenduks kogu ala peale laiali. Kindlasti tuleb tööde teostamisel kasutada isikukaitsevahendeid.

### **Plaat- ja rullsoojustus:**

#### **Roogplaadid**

Roogplaadid on tihedalt kimpu seotud kõrred millesse võivad pesa teha närilised. Näriliste elutegevuse tulemusel hävib plaat lokaalselt ja näriliste väljaheidete võivad plaate saastada. Kahjustunud ja saastunud plaate uuesti kasutada ei saa kuna nende efektiivsus on oluliselt vähenenud ja on oht bioloogilisele lagunemisele ning toksilisusele. Roogplaadi niiskumisest on oht bioloogiliseks saastumiseks või lagunemiseks. Lagunemine on silmaga märgatav erinevate hallituste kolooniate tekke ning värvitooni muutusena.

Bioloogiliselt lagunenuid soojuste uuesti kasutamine ei ole mõeldav kuna soodsate keskkonnatingimuste korras toimub lagunemine edasi. Lagunenud soojustuse eemaldamisel tuleb olla ettevaatlik, et seeneosad ei lenduks ülejäänud materjalidele. Kindlasti tuleb tööde teostamisel kasutada isikukaitsevahendeid.

Roogplaadid on suhteliselt jäigad ja elastsed kuid piisava koormuse korral deformeeritavad. Vähe deformeerunud plaatide kuju on võimalik taastada ja plaate saab uuesti kasutada. Suurte deformatsioonide korral kõrred murduvad ja irduvad plaadist, vähendades selliselt plaadi tihedust, tugevust ja soojapidavust. Oluliselt deformeerunud plaatide kasutamine ümbertöödeldult on teostatav.

#### **Mipoor**

Mipoori lahtine kapillaarpoorsus on suhteliselt suur ja on seetõttu suure veeimavusega. Vesi võib soojustust pehmenada. Märgunud mipoor ei ole uuesti kasutatav tema vähesel tugevusel ja hapruse tõttu. Kasutamisel ümbertöödeldult puistematerjaliks suurendatakse oluliselt õhus sisalduvate karbamiidformaldehüüdosiidide sisaldust, mida peetakse siseõhu suuremaks reostusallikaks kui tekstiilid.

Väikese tugevuse ja hapruse tõttu on plaadid tihti murenenud ja uuesti kasutamine ei ole mõeldav.

### **Fenoolvahtplaadid**

Tüüpiliselt olid varased fenoolvahud avatud lahtise poorsusega ja seetõttu ka suure veeimavusega. Sünteetilistele plastidele omaselt ei allu need bioloogilisele lagunemisele kui pehmenevad. Nagu mipoor ei ole fenoolvahtplaadid uuesti kasutatavad vähese tugevuse ja hapruse tõttu.

Väikese tugevuse ja hapruse tõttu on plaadid tihti murenenud ja uuesti kasutamine ei ole mõeldav.

### **Mineraalvillad**

Mineraalvillade saastumine toimub reeglina sinna pesa teinud näriliste poolt. Saastunud kohtasid on villast lihtne eemaldada kuid kui saastumine on rohke, tuleb kaaluda puhastamise otstarbekust.

Olenevalt saastumise määrast on villad uuesti kasutatavad või kasutatavad ümbertöödeldult.

Mineraalvillade lühiajaline märgumine ei mõjuta villa omadusi märgatavalt. Orgaaniliste ainete vähesuse tõttu ei ole villad bioloogilisele lagunemisele nii aldis kui saepuru- või roogplaatsoojustus.

Pikaajaline kontakt veega lahustab villa kiudude vahel olevat fenoolformaldehüüd vaiku ja kiudude sidusus väheneb, millega võib kaasna ebameeldiva lõhna eritumine. Lõpptulemusel võib villa elastsus ja kohevus kaduda ning vill ei ole uuesti kasutatav.

Villade kujususe ja elastsuse tagab kiudude vahel olev vaik. Niiskuskahjustusteta villade elastsus ja kuju ei muutu ning tooted on uuesti kasutatavad.

Oluliselt deformeerunud villad on ringlussevõetavad ümbertöödeldult puistesoojustusena.

### **Tsementfibroliit**

Tsementfibroliidi saastumine toimub reeglina väliskeskkonnas lenduva saastega ja villadele sarnast bioloogilist saastet reeglina ei esine.

Plaatides olevad puidu narmad on kaetud tsemendiga ja sellega on suhteliselt hästi takistatud puidunarmaste bioloogiline lagunemine. Pideva niiskuse ja soodsa temperatuuri ning liikumatu õhu korral laguneb materjal aja möödudes puidule kohaselt.

Bioloogiliselt lagunenud plaadid ei ole uuesti kasutatavad sarnaselt teisele puidupõhistele ehitusmaterjalidele.

Suure urbsusega on tagatud märgunud plaatide kiirendatud väljakuivamine. Kiudude vahel oleva tühimike kaudu saab siseneda vesi nõrguda ja puidu narmad kuivada. Lühiajaline märgumine kuiva plaadi omadusi oluliselt ei muuda.

Veega pikalt kontaktis oleval plaadil on soodumus bioloogilisele lagunemisele ja need plaadid ei ole uuesti kasutatavad.

Õhukese elastse puidu tugevust suurendab oluliselt kiudude vahel olev tsementsideaine. Plaadid on väga suure survetugevusega. Probleeme esineb plaatide nurkade murdumiste, ümardumistega. Samuti on plaatide külgede sirguse hälve suhteliselt suur. Tsementfibroliitplaadid on reeglina uuesti kasutatavad. Tähelepanu tuleb osutada plaadi vuukide ja nurkade tihendamisele.

### **Mullpolüstüreen**

Vähese lahtise poorsuse tõttu mullplastid ei saastu märkimisväärsel määral. Bioloogilise komponendi puudumise tõttu mullplastid ei lagune bioloogiliselt, samuti puuduvad niiskuskahjustused.

Plaadid koosnevad polüstürooli graanulistest, mis on liitunud omavahel kujusaks plaadiks. Graanulite nake oleneb graanuli ja plaadi tihedusest. Väikese tiheduse ja nakkega graanulid põhjustavad plaadi servade ja nurkade irdumisi.

Plaatide uuesti kasutamisel tuleb pöörata tähelepanu plaadi vuukide ja servade tihendamisele. Ümbertöödeldult puistesoojustuseks on mõeldav kohtades kus kerge, lenduv puiste on piiritletud, kaetud kõigist kuuest küljest.

Päikese ultraviolettkiirgus on polüstüreenile pöördumatult lagundava toimega. Laguneb UV kiirgusele avatud pind, muutudes valgest toonist kollaseks-helepruuniks.

UV kahjustustega plaadid on uuesti kasutatavad pärast lagunenu pinna mehaanilist puhastamist näiteks suureteralise liivapaberi ja spetsiaalsete metallist ehitusriividega.

### **Metall(id)**

Metalli korrosiooni tunneb ära pindmise värvi- ja reljeefimuutusega. Terasel on omane pruuni oksüdatsioonikihi teke. Rohke korrosiooni tulemusel kattub detaili pind tiheda ja suhteliselt kõva uusmoodustisega. Vähesel korrosiooni tulemusel tekkivat tolmat oksüdatsiooni kihti on lihtne kuiva tekstiilist lapiga eemaldada. Vähesel korrosiooniga detailid ja konstruktsioonid on korduskasutatavad pärast puhastamist ja korrosioonikaitse vahenditega töötlemist. Rohkelt korrodeerunud metalltooted ei ole korduskasutatavad kuid on ringlusse võetavad ümber sulatades.

Metallpindasid kaetakse eelkõige keskkonnakindluse suurendamise eesmärgil. Tüüpiliselt kaetakse terast niisketes keskkondades korrosiooni vastu kuid metallpindasid kaetakse ka näiteks tulepüsivist suurendavate kattevärvidega.

Metallid on mingi piirini elastsed (s.t deformatsioon on pöörduv) ja sellest edasi plastsed, s.t. detaili kuju muutus on pöördumatu. Kuju on võimalik taastada kui teda kattev pinne ei ole kahjustunud ja on tehniliselt teostatav. Kuju taastamisel tuleb silmas pidada kahjustunud pinnakatte taastamist. Pinnakatte taastamine hõlmab reeglina kahjustunud pinde eemaldamist kahjustuse lähiümbruses, pinna karestamises ja uue korrosioonikaitsevahendi peale kandmist. Taastamatu kujuga metallidetaile on võimalik ringlusse võtta ümber sulatades.

### **Rullhüdrosolatsioonmaterjalid**

Kleebitud rullhüdrosolatsioonmaterjalide uuesti kasutamine ei ole mõeldav, kuna nende eemaldamine vanast ehitisest rikub nende struktuuri ja kuju. Rullhüdrosolatsioonmaterjalid kuuluvad nõuetekohaselt käideldavate ehitus- ja lammutusjäätmete hulka.

### **Fassaadiplaadid**

Fassaadiplaadid on reeglina metallist või mineraalsed, vähesel määral ka plastikust. Kahe viimast tüüpi plaatide esmasel kahjustused ilmnevad pragunemisega. Praod ei ole pindmised võrkpraod vaid läbivad joonpraod. Praod tekivad kas mehaanilistest mõjutustest (löögid), deformatsioonidest (siirded) või keskkonna lagundavast (külmakahjustus, temperatuuri muutustest tingitud mahumuutused) mõjust.

Pragunenud plaatide korduskasutus on teostatav ainult kahjustumata plaadi ulatuses, plaadi mõõte vahendades. Pragunenud mineraalsed plaadid on ümbertöödeldavad täitematerjaliks.

Plaatide olulisim tugevus on paindetugevus. Selle kontrollimiseks on võimalik painutada kahtlustatavat plaati ja kahjustuseta plaati võrdlevana. Paindejõu erisuse korral on põhjust välja praakida kõik sarnaste visuaalsete kahjustusega ja kasutuskohas olevad plaadid.

Plaatide jäädavad deformatsioonid võivad olla põhjustatud ebatasasest aluskonstruktsioonist. Piisavalt suured plaadid on küllalt elastsed, et neid mehaaniliste kinnitusvahenditega tasapinnalisel konstruktsioonil sirgestada. Mineraalsed ebatasased väikesemõõdulised plaadid on ümber töödeldavad täitematerjaliks. Plastikust ebatasased väikese mõõdulised plaadid on reeglina korduskasutatavad.

Plastikplaatidel pinnakahjustusi ja tükide irdumisi ei esine. Plastikust plaadid on vastuvõtlikumad abrasiivsele erosioonile (liivarohked piirkonnad) ja UV kiirgusele. Kulunud plastikplaadid on

korduskasutatavad mõõtude vähendamisel, kulunud piirkondade eemaldamisel. Rohkete kahjustusega termoplastsed plaadid on ringlusse võetavad ümbersulatatuna uute plastiktoodete valmistamisel.

Mineraalsete plaatide tüüpilised pinnakahjustused on seotud floora juurestikuga. Plaatide puhastamist sammaldumisest on võimalik teha kõrgsurve veega. Mineraalsetele plaatidele ei ole iseloomulik tükide irdumisi ega erosiooni juhul kui plaatide sisemine struktuur ei ole külmakahjustuste tulemusel lagunenu.

Mineraalsed fassaadiplaadid on tüüpiliselt suhteliselt suure külmakindlusega. Külmakahjustused ilmnevad plaatide pinnale ~3-5 mm läbimõõduga kraatrite tekkega, jäätuv vesi on plaadi pinnast koonilise tüki välja lükanud. Kui väljalöögid ei ole plaati läbivad, siis külmakahjustusega plaatide vee- ja tuulepidavus ei koheselt ammendunud aga nende plaatide külmakahjustumine võib olla progresseeruv. Külmakahjustustega plaatide korduskasutus ei ole otstarbekas. Plaat saab taaskasutada purustades täitematerjaliks.

#### **4.2.4 Jätkutegevused**

Käesolevas peatükis 4.2 ning rohekaartidel esitatud käsitlus on koostatud lähtuvalt isehitaja sihtgrupist, s.t. inimest (ja tema abilisi), kes asjatundlikkuse põhimõttest lähtuvalt teostab väikesemahulisi tegevusi enda ehitiste juures, mis ei paigutu loakohustusliku ehitustegevuse alla. Suuremate ja keerulisemate ehitustööde puhul võib tekkida Ehitusseadustikust (ja selle Lisa 1) tulenev nõue pädeva isiku kaasamiseks ning kohaliku omavalitsuse teavitamisest (ehitusteatis) või ehitustegevuseks loa küsimist (ehitusluba). Sellisel juhul oleks asjakohased jätkutegevused järgnevas loendis esitatud järjekorras:

- Projekteerimine
- Olemasoleva hoone lammutamise/demonteerimise eelne audit
- Suhtlus KOV-ga
- Ehitusõigus
- Ehitamine ja selle järelevalve
- Ehituse dokumenteerimine ja vastuvõtmine



### 4.3 Suurehituse meetodid (tegevus 20.3)

Ehitiste demonteerimisel ja lammutamisel saadavad ehitusmaterjalid kuuluvad ehitus- ja lammutusjäätmete alla vastavalt Jäätmeseaduse § 72. Seadus ei klassifitseeri lammutamisel tekkivaid korduskasutatavaid tooteid või nende komponente jäätmeteks juhul, kui neid kasutatakse esialgsel otstarbel. Taaskasutatava lammutus- lammutusjäätme staatus muutub, kui jääde saab olema ehitusmaterjal või ehitustoode, s.t. lakkab olemast jääde. Ehitusmaterjale ja -toote kasutust reguleerib Ehitusseadustik. Seadustikuga lubatakse ehitisse jäädavalt paigalda tooteid, mis vastavad Toote nõuetele vastavuse seadusele. Ehitusmaterjaliks või -tooteks klassifitseeruvad materjalid või tooted, mille vastavus on tõendatud. Vastavuse tõendamist tehakse võimaluse korral Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse CPR 305/2011 nõudeid täites. Juhul, kui määruse nr 305 kohaseid tehnilisi tingimusi (harmoneeritud standardeid) ei eksisteeri, tuleb lähtuda harmoneerimata või algupärastest standarditest. Harmoneeritud standardid on leitavad Euroopa Komisjoni „[Official Journal](#)“ [publikatsioonides](#). Harmoneerimata ja algupärased standardid on kättesaadavad [Eesti Standardimis- ja akrediteerimiskeskusest](#).

Käesoleval hetkel (lõppraporti koostamise ajal 2024. aasta alguses) on standarditega kaetud:

- betooni täitematerjalid (EN 12620);
- mörtide täitematerjali (EN 13139);
- pinnase täitematerjalid (EN 13242);
- teede täitematerjalid (EVS-EN 13285);
- raudtee täitematerjalid (EN 13450);
- asfaltbetooni täitematerjal (EN 13043);
- ehituspuit (EN14081-1)

Antud töö raames kaardistati lisaks olemasolevatele standarditele ka puuduvate, kuid ringse ehitamise seisukohalt vajalike standardite ülevaade ning standardid puuduvad alltoodud materjalidel:

- mineraalvill puistesoojustusena;
- EPS puistesoojustusena;
- XPS puistesoojustusena;
- PUR ja PIR puistesoojustusena;
- EPS, XPS täitematerjaliga PUR ja PIR soojustus;
- betoonist vundamendielemendid, õõnespaneelid, ribipaneelid, varraselemendid, seinaelemendid;
- betoonist, silikaadist, poorbetoonist ja keraamilised müürikivid;
- poorbetoonist lõigatud müürikivid ja seinaelemendid;
- hüdroisolatsioonide bituumen sideainena;
- puitlaudis ja puidupõhised plaadid;
- avatäited;

Puuduolevate (kuid käesoleva töö autorite hinnangul tulevikus vajalike) standardite koostamiseks on MTÜ Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskusel (edaspidi EVS) pädevus erinevate tehniliste komiteede näol:

- EVS/TK 2 Tsement ja lubi
- EVS/TK 7 Betoon ja betoontooted
- EVS/TK 9 Täitematerjalid
- EVS/TK 14 Ehitiste soojuslik toimivus
- EVS/TK 18 Müüritis
- EVS/TK 20 Plaat- ja tükk-katusematerjalid
- EVS/TK 31 Teedeala

EVS'il puudub tehniline komitee puitmaterjalide valdkonnas, mille loomine on vajalik lähtuvalt puidu eripäradest.

Standardite koostamisel arvestatakse riiklike, tootjate ja teadlaste huve. Need on esindatud kõikides komiteedes erinevate esindajate poolt.

Standardite eesmärk on ühtlustada arusaamisi esemete ohutu kasutuse kohta. Selle tarbeks antakse uue standardi loomisel sisend erinevate osapoolte poolt. Sisenditeks on:

- juriidiline sidusus;
- esemete omadused;
- esemete tootmise iseärasused;
- esemete kasutuse iseärasused;
- jne.

Ülal loetletud materjalide sisendite kogumine on töömahukas protsess, millesse peaks olema kaastatud:

- EVS ja riigi esindaja loodavate standardite rakendamise seotud asjaolude lahendamiseks;
- teadusasutused ja katselaboratooriumid materjalide taaskasutuse võimalustega seotud küsimuste lahendamiseks lähtudes ehitistele esitatud põhinõuetest:
  - mehhaaniline vastupidavus ja stabiilsus;
  - tuleohutus;
  - hügieen, tervis ja keskkond;
  - kasutamise ohutus ja juurdepääs;
  - kaitse müra eest;
  - energiasäästlikkus ja soojapidavus;
  - loodusvarade säästev kasutamine.
- ehitusmaterjalide tootjad haldamaks taastootmisega seotud küsimusi;
- ehitus/lammutusettevõtted taaskasutustehnoloogiate rakendamise küsimuste lahendamiseks.

Eelnimetud sisendile näitlikustamiseks on koostati antud töö raames standardi väljatöötamise kava esialgse standardi ettepanekuna (taaskasutatava silikaatkivi näitel), mis on esitatud käesoleva lõppraporti lisana.

#### **4.3.1 Mineraalsed materjalid**

- **Betoon**

Betoon võib praguneda ka ilma väliste koormusteta aja möödudes kivinemise käigus või sisemiste reaktsioonide tulemusel. Tekkinud praod võivad osutada määravaks betooni taaskasutusel (korduskasutuseks ettevalmistamine või ümbertöötlus). Pragude hindamisel tuleb selgitada prao tekke põhjus. Pragunenud betoonelementide korduskasutuse hindamist peavad hindama arvutuslikult vastava pädevusega insenerid. Pragunenud betooni taaskasutus ümbertöödeldud kujul on teostatav väheste nõuetega kohtades. Kõrgendatud nõuetega kohtades kasutamiseks tuleb betooni ümbertöötlusvõimalusi uurida laboratoorselt. Joint Research Centre uuringust [17] selgub, et kui betooni kasutada taas kaubabetooni tootmiseks siis on taaskasutuse määr 100% aga korduskasutuse korral on määr vastavalt 50%.

Konstruksioonis oleva betooni survetugevuse hindamine peab toimuma vastavalt standardile EVS-EN 13791 „Betooni survetugevuse hindamine konstruktsioonides ja valmistoodetes“. Survetugevust saab katsetada portatiivsete mittepurustavate seadmetega ja konstruktsioonist katsekehade võtmisega. Harvemini teostatakse konstruktsiooni proovikoormamisi. Mittepurustava meetodina on survetugevuse katsetamiseks Eestis enamasti kasutusel pörkevasar (Schmidt haamer). Katse meetod on kirjeldatud standardis EVS-EN 12504-2:2021 „Konstruktsiooni betooni

katsetamine. Osa 2: Mittepurustav katsetamine. Põrkearvu määramine“. Purustava meetodina puuritakse betoonelemendist välja silindriline keha silinderpuuriga, mida katsetatakse laboratooriumis betooni survepressiga. Purustava meetodina katsetamine peab toimuma vastavalt standardile EVS-EN 12504-1 „Konstruktsiooni betooni katsetamine. Osa 1: Puursüdamikud. Võtmine, ülevaatus ja survekats“.

Betoonelementide gabariitmõõtmete omadused määratakse pikkusmõõtevahenditega (nihik, joonlaud, mõõdulint jne), rihtlattide, pingul nõõride, laserkiirte jm sarnastega.

Detaili sobilikkus gabariitmõõtmetest tulenevalt oleneb detaili kasutusotstarbest ja -kohast.

Pinnakahjustused võivad olla tingitud betooni reageerimisest ümbritseva keskkonna agressiivsete kemikaalidega jne. Tüüpiline pinnakahjustus on betooni karboniseerumine. Karboniseerumist katsetatakse vastavalt standardile EVS-EN 12390-10:2018 „Kivistunud betooni katsetamine. Osa 10: Betooni karboniseerumiskindluse määramine süsinikdioksiidi atmosfääritasemel“

Betoonist tükkide irdumine võib olla seotud betoonpinna mehaanilisest vigastusest, sarruse korrodeerumisest, etringiidi kasvust, leelisränni reaktsioonist või külmakahjustusest. Kahjustuse olemus ja ulatus tuleb hinnata enne otsuste tegemist ja vajadusel tuleb kaasata eriala spetsialistid. Erosioon võib olla tingitud abrasiivse puiste pideva kulutamise või liiklemisest tingitud kulumisega.

Kandevõimet mitte mõjutavad pinnakahjustused on parandatavad betooni parandussegudega (EN 1504-3 R1 ja R2 klassi tooted). Betooni kandevõimet mõjutavate kahjustuste parandamiseks tohib kasutada ainult standardi EN 1504-3 R3 või R4 klassi betooniparandussegusid.

Mehaanilistest kahjustustest tingitud ärälööke on võimalik taastada samuti betooni parandussegudega (EN 1504-3 R3 või R4 klassi tooted). Kindlasti ei ole sobilik väljalööke plommimine tavabetooniga.

Külmakahjustusest tingitud irdumist ei ole võimalik paranda ja kahjustunud betooni ei ole sobilik taaskasutada väliskeskkonnas vee eest kaitsmata kujul ei korduskasutusena ega ümbertöödelduna.

Abrasioonist kulunud betooni taaskasutus oleneb korduskasutuse eesmärkidest ja kohast. Erosioon ei piira betooni ümbertöötlust. Oluliseks võib osutada kasutuskoha valiku juures betooni vastupidavus uues kasutuskeskkonna destruktiivsele mõjule.

Betooni külmakahjustust on võimalik hinnata visuaalselt betooni pinda vaadeldes. Kahjustunud betooni pinnale tekivad esialgu väiksemad väljalöögid ja hiljem suuremad ning suuremas mahus. Irdumised võivad olla kas betooni täitematerjali pinnalt (laguneb killustik ja tsementkivi jääb terveks) või tsementkivi seest (laguneb tsementkivi ja killustik jääb terveks). Harva esineb ka juhuseid kui lagunevad mõlemad, täitematerjal ja tsementkivi. Tulemuseks on betooni ebatasane pind, mikropragudega väikese tugevusega betoon.

Betooni jääkülmakindlust on võimalik hinnata puurides elemendist välja silindrilised katsekehad ja katsetades vastavalt standardile EVS 814.

Külmakahjustusega betooni korduskasutus väliskeskkonnas on välistatud. Olenevalt elemendile osutuvast koormusest saab neid kasutada ehitise sise tingimustes. Arvestama peab, et kahjustunud pinna tugevus on oluliselt vähenenud ja viimistlusmaterjalide kleepimine sellele on väiksema nakketugevusega kui kahjustumata betoonil. Ümbertöödeldud külmakahjustustega betooni taaskasutus ei võimalik väliskeskkonnas edasiste lagunemiste tõttu.

Sarruse koguse, läbimõõdu ja korrosiooni hindamiseks kasutatakse asjakohaseid katseseadmeid. Sarruse kogust ja läbimõõtu on võimalik määrata erinevate skanneritega. Sarruse korrosiooni hindamiseks kasutatakse elektrijuhtivuse mõõteseadmeid. Kõik nimetatud meetodid ei ole betooni purustavad.

Sarruse koguse ja seisukorra mõõtetulemuste tõlgendamist saab teostada ainult ehitusprojekti olemasolu korral või piisava pädevusega inseneri kaasates.

Sarruse taaskasutus ümbertöötlemise tulemusel saab toimuda üksnes eemaldades sarruselt võõrkehad (betoon, mört). Betooni seest eemaldatud sarrust korduskasutada ei saa.

Betooni ümbertöötlemisel täitematerjaliks esitatakse nõuded vastavates täitematerjalide spetsifikatsiooni standardites.

### **Silikaatkivid koos mördiga**

Silikaatkividel esineb kahte sorti pragusid; pinnapealsed võrkpraod ja läbivad tasapinnalised praod.

Pinnapealsete pragude olemasolu viitab keskkonna tingimustest põhjustatud kivi pealmise kihi lagunemisele. Tüüpiliselt on pinnapealsed praod arenenud ka kivi sisemistesse kihtidesse. Pindmiste pragudega kivide korduskasutus ei mõeldav kuna kahjustunud kivide gabariitmõõtmed on varieeruvad ja kivide survetugevus on oluliselt vähenenud. Kivide taaskasutus ümbertöödeldud kujul on mõeldav juhul kui saadavale materjalile ei esitata mehaaniliste omaduste kõrgendatud kriteeriume ja kasutatakse kuivades keskkondades.

Läbivate pragudega kivid on korduskasutatavad mittekandvates konstruktsioonides. Kivide gabariitmõõtmed võivad pragulisuse tõttu varieeruda ja seetõttu võib laotava müüri tasapinnalisus olla muutuv. Läbivate pragudega silikaatkivid on taaskasutatavad ümbertöödeldud kujul (näiteks täitematerjal) ka koormusi vastuvõtvates konstruktsioonides.

Üldises plaanis ei ole silikaatkividest valmistatud täitematerjalid kasutatavad kulumiskoormatud (sõidetavad teed/parklad) keskkondades vähese kulumiskindluse tõttu. Silikaatkivid ja nendest ümbertöödeldud materjalid ei ole märguvates kandvates konstruktsioonides reeglina kasutatavad neile iseloomulikult suure pehmenemise tõttu märgades keskkondades.

Silikaatkivide survetugevused kõiguvad vahemikus 20-30 N/mm<sup>2</sup>. Silikaatkivide survetugevust saab katsetada vastavalt standardile EVS-EN 772-1 „Müürikivide katsemeetodid. Osa 1: Survetugevuse määramine“. Silikaatkivide tugevuse spetsifikatsioon on esitatud standardis EVS-EN 771-2 „Müürikivide spetsifikatsioon. Osa 2: Silikaatmüürikivid“.

Kahjustumata silikaatkivide tasapinnalisus on piisavalt väike, et kividest tasapinnalisi puhasvuuk müüritisi laduda. Kivide tasapinnalisus muutub varieeruvaks kivide külmakahjustuse või erosioonist tingitud mõjutustest. Kivide taaskasutamisel ei ole kivide tasapinnalisus määravaks kriteeriumiks juhul kui laotav müüritis krohvitakse või kaetakse plaatidega.

Ebatasaste kivide taaskasutus ümbertöödeldult on võimalik ilma täiendavate tööde või kuludeta.

Pinnakahjustused on seotud väliskeskkonna mõjutustega. Silikaatkivid on soodsad alupinnad floora tekkele piisava niiskuse ja temperatuuri korral vähese õhuliikumisega kohtades. Kivides on piisa suurusega poorid millesse erinevate taimede juurestiku siirduvad. Taimkattega kivide puhastamine saab olla ainult pinnapealne ja nende kivide taaskasutus niisketes vähese tuulega kohtades ei ole otstarbekas. Küll saab neid kive korduskasutada kuivades keskkondades müüritiste ladumisel.

Sammaldunud kividest täitematerjalide valmistamine betoonide tegemiseks ei ole sobilik huumussisalduse tõttu. Piisavalt suure huumussisaldusega täitematerjalid takistavad tsementide tardumis/kivinemisprotsesse.

Kividest tükkide irdumine võib toimuda mehaaniliste löökide tagajärjel aga ka külmakahjustuse tõttu. Kui väljalöögid on tingitud mehaanilistest mõjutustest siis need kivi on nii taaskasutatavad korduvkasutatavana kui ka ümbertöödeldud kujul.

Erosiooni tulemusel muutub sileda pinnaga kivi pind krobelseks. Tüüpiliselt eraldub jämedamate liivaterade vahelt lubisideaine ja kivi pind muutub karedapinnaliseks. Kare pind soodustab peale kantavate (krohv/pahtel/värv) materjalide nakketugevust. Taaskasutuse negatiivse ajaoluluna võib välja tuua kivide suuremat viimistlusvajadust. Ümbertöödeldud kivide kasutusvõimalusi erosioon ei piira.

Kivide külmakahjustuste olemasolu saab teatud ulatuses hinnata välise vaatlusega. Külmakahjustuste puudumise kohta tuleb teha katsed esinduslikust valimist. Kui kivide pinnast eralduvad kivi kihid laastudena siis on tegemist suure tõenäolisusega külmakahjustusega. Kui kivid on läbivad võrkpraod siis need võivad olla tekkinud külmakahjustuse kui ka kivi sisemiste keemiliste protsesside tulemusel.

Külmakahjustustega kive ei saa korduskasutada ega taaskasutada ümbertöödeldult kandvates konstruktsioonides kuna ka kivide sisemine struktuur on nõrgestatud.

Silikaatkivide ümbertöötlemisel täitematerjaliks esitatakse nõuded vastavates täitematerjalide spetsifikatsiooni standardites.

### **Poorbetoon müürikivid koos mördiga**

Poorbetoonidel on tüüpiliselt läbivad praod. Praod tekivad tavapäraselt kuivamiskahanemisest. Müüritise ladumisel on kasutatud märgasid müüriplokke või lastud müüritisel märguda sademetega.

Pragunenud poorbetooni taaskasutust ei piira niivõrd kivi tugevuse vähenemine kuna reeglina poorbetooni müüritise tugevus ei pea olema suur. Pragunenud müürikive ei ole otstarbekas taaskasutada kuna müüritise heli-, soojus-, ja õhupidavus vähenevad oluliselt.

Ümbertöödeldult, purustatuna on poorbetoon kasutatav kuivades keskkondades täitematerjalina, näiteks pinnasel oleva põranda aluse täitena.

Poorbetoon on oma olemuselt juba algselt suhteliselt väikese tugevusega, survetugevus 2,0-5,0 N/mm<sup>2</sup>. Poorbetooni survetugevust saab katsetada vastavalt standardile EVS-EN 772-1 „Müürikivide katsemeetodid. Osa 1: Survetugevuse määramine“. Poorbetoonist müürikivide tugevuse spetsifikatsioon on esitatud standardis EVS-EN 771-4 „Müürikivide spetsifikatsioon. Osa 4: Autoklaavitud poorbetoonist müürikivid“.

kivide tasapinnalisus on erineva ajajärguga kivil erinev. Kivide tasapinnalisus muutub varieeruvaks kivide külmakahjustuse või erosioonist tingitud mõjutustest. Kivide taaskasutamisel ei ole kivide tasapinnalisus määravaks kriteeriumiks juhul kui laotav müüritis krohvatakse või kaetakse plaatidega.

Ebatasaste kivide taaskasutus ümbertöödeldult on võimalik ilma täiendavate tööde või kuludeta.

Pinnakahjustused on seotud väliskeskonna mõjutustega. Poorbetoonid on soodsad aluspinnad flora tekkele piisava niiskuse ja temperatuuri korral vähese õhuliikumisega kohtades. Kividest on piisa suurusega poorid millesse erinevate taimede juurestiku siirduvad. Taimkattega kivide puhastamine saab olla ainult pinnapealne ja nende kivide taaskasutus niisketes vähese tuulega kohtades ei ole otstarbekas. Küll saab neid kive korduskasutada kuivades keskkondades müüritiste ladumisel.

Sammaldunud kividest täitematerjalide valmistamine betoonide tegemiseks ei ole sobilik huumussisalduse tõttu. Piisavalt suure huumussisaldusega täitematerjalid takistavad tsementide tardumise/kivinemisprotsesse.

Kividest tükkide irdumine võib toimuda mehaaniliste löökide tagajärjel aga ka külmakahjustuse tõttu. Kui väljalöögid on tingitud mehaanilistest mõjutustest siis need kivid on nii taaskasutatavad korduvkasutatavana kui ka ümbertöödeldud kujul.

Erosiooni tulemusel muutub tasapinnaline kivi ebatasaseks ja kivide nurgad ümarduvad. Ebatasaste kivide korduskasutus on probleemivaba kui kivid tasandatakse krohvi või pahtliga või kaetakse plaatidega. Ümbertöödeldud kivide kasutusvõimalusi erosioon ei piira.

Poorbetooni suure mullilise poorsuse tõttu on kivid suhteliselt suure külmakindlusega. Poorbetooni külmakindlust hinnatakse Eestis tavaliselt survetugevuse kaudu vastavalt standardile GOST 31359.

Poorbetooni ümbertöötlemisel täitematerjaliks esitatakse nõuded vastavates täitematerjalide spetsifikatsiooni standardites.

### **Poorbetoon elemendid**

Poorbetoonidel on tüüpiliselt läbivad praod. Praod tekivad tavapäraselt kuivamiskahanemisest või elementide ülekoormusest. Välispiirde ehitamisel on kasutatud märgasid elemente või on müüritis märgunud sademetega.

Elementide korduskasutust saab arvutuslikult hinnata vastava pädevusega ehitusinsener kaasates selleks vajadusel suuremõõtmeliste elementide laboratoorsed katsetused.

Übertöödeldult, purustatuna on poorbetoon kasutatav kuivades keskkondades täitematerjalina, näiteks pinnasel oleva põranda aluse täitena.

Poorbetoon on oma olemuselt juba algselt suhteliselt väikese tugevusega, survetugevus 2,0-5,0 N/mm<sup>2</sup>. Poorbetooni survetugevuse katsetamiseks eraldiseisvat katsestandardit ei eksisteeri. Seetõttu on survetugevuse katsetamiseks mõistlik kasutada normaalbetooni katsestandardit EVS-EN 12504-1 „Konstruktsiooni betooni katsetamine. Osa 1: Puursüdamikud. Võtmine, ülevaatus ja survekatsed“.

Elementide korduskasutust saab arvutuslikult hinnata vastava pädevusega ehitusinsener kaasates selleks vajadusel suuremõõtmeliste elementide laboratoorsed katsetused.

Elementide tasapinnalisus muutub varieeruvaks külmakahjustusest või erosioonist tingitud mõjutustest. Elementide taaskasutamisel ei ole tasapinnalisus määravaks kriteeriumiks juhul kui sein krohvitakse või kaetakse plaatidega.

Ebatasaste elementide taaskasutus ümbertöödeldult on võimalik ilma täiendavate tööde või kuludeta.

Pinnakahjustused on seotud väliskeskkonna mõjutustega. Poorbetoonid on soodsad aluspinnad floora tekkele piisava niiskuse ja temperatuuri korral vähese õhuliikumisega kohtades. Kivides on piisa suurusega poorid millesse erinevate taimede juurestiku siirduvad. Taimkattega elementide puhastamine saab olla ainult pinnapealne ja nende taaskasutus niisketes vähese tuulega kohtades ei ole otstarbekas. Küll saab neid kive korduskasutada kuivades keskkondades seinte ehitamiseks.

Sammaldunud elementidest täitematerjalide valmistamine betoonide tegemiseks ei ole sobilik huumussisalduse tõttu. Piisavalt suure huumussisaldusega täitematerjalid takistavad tsementide tardumis/kivinemisprotsesse.

Elementidest tükkide irdumine võib toimuda mehaaniliste löökide tagajärjel aga ka külmakahjustuse tõttu. Kui väljalöögid on tingitud mehaanilistest mõjutustest siis need elemendid on nii taaskasutatavad korduvkasutatavana kui ka ümbertöödeldud kujul. Murdunud osadega elementide korduskasutusel tuleb väljalöögid parandada EN 1504-3 R2 või R3 klassi betooni parandussegudega.

Erosiooni tulemusel muutub tasapinnaline element ebatasaseks ja elemendi nurgad ümarduvad. Ebatasaste elementide korduskasutus on probleemivaba kui elemendid tasandatakse krohvi või pahtliga või kaetakse plaadiga. Ümbertöödeldud elementide kasutusvõimalusi erosioon ei piira.

Külmakahjustusega elemendid on eristuvad läbivate võrkpragude ja elementide ümardunud nurkadega, kohati irdub elemendist märgatav osa. Poorbetooni külmakindlust hinnatakse Eestis tavaliselt survetugevuse kao kaudu vastavalt standardile GOST 31359.

poorbetoonielementide mehaaniline vastupidavus on elementidel tagatud selles paikneva sarrusega.

Sarruse seisukorda elemendis ei ole võimalik visuaalselt hinnata. Selleks kasutatakse asjakohaseid katseeadmeid. Sarruse kogust ja läbimõõtu on võimalik määrata erinevate skanneritega. Sarruse

korrosiooni hindamiseks kasutatakse elektrijuhtivuse mõõteseadmeid. Kõik nimetatud meetodid ei ole elementi purustavad.

Sarruse koguse ja seisukorra mõõtetulemuste tõlgendamist saab teostada ainult ehitusprojekti olemasolu korral või ehituseksperti kaasates.

Sarruse taaskasutus ümbertöötlemise tulemusel saab toimuda üksnes eemaldades sarruselt võõrkehad (poorbeton, mört). Elemendi seest eemaldatud sarrust korduskasutada ei saa kuna eemaldamise käigus muutub sarruse kuju.

Poorbetooni ümbertöötlemisel täitematerjaliks esitatakse nõuded vastavates täitematerjalide spetsifikatsiooni standardites.

### **Keraamilised kivid koos mördiga**

Keraamilistel kividel esinevad reeglina läbivad tasapinnalised praod. Välispinnaga paralleelsete pragude olemasolu viitab külmakahjustusest põhjustatud kivi pealmise kihi lagunemisele. Selliste pragudega kivide korduskasutus ei mõeldav kuna kahjustunud kivide gabariitmõõtmed on varieeruvad ja kivide tugevus on oluliselt vähenenud. Kivide taaskasutus ümbertöödeldud kujul on mõeldav juhul kui saadavale materjalile ei esitata mehaaniliste omaduste kõrgendatud kriteeriume ja kasutatakse kuivades keskkondades.

Läbivate risti pinnaga pragudega kivid on korduskasutatavad mittekandvates konstruktsioonides. Kivide gabariitmõõtmed võivad pragulisuse tõttu varieeruda ja seetõttu võib laotava müüri tasapinnalisus olla muutuv. Läbivate pragudega keraamilised kivid on taaskasutatavad ümbertöödeldud kujul (näiteks täitematerjal) ka koormusi vastuvõtvates konstruktsioonides.

Üldises plaanis ei ole keraamilistest kividest valmistatud täitematerjalid kasutatavad kulumiskoormatud (sõidetavad teed/parklad) keskkondades vähese kulumiskindluse tõttu. Väiksemate koormustega erateede ehitamiseks sobivad suurema tugevusega külmakahjustusteta keraamilistest kividest valmistatud täitematerjal.

Keraamiliste kivide survetugevused kõiguvad vahemikus 10-40 N/mm<sup>2</sup>. Keraamiliste kivide survetugevust saab katsetada vastavalt standardile EVS-EN 772-1 „Müürikivide katsemeetodid. Osa 1: Survetugevuse määramine“. Keraamiliste kivide tugevuse spetsifikatsioon on esitatud standardis EVS-EN 771-1 „Müürikivide spetsifikatsioon. Osa 1: Keraamilised müürikivid“.

Keraamilistele kividetele on omane pinna vähene ebatasasus tootmise hetkest. Kasutusest tingitud tasapinnalisuse muutusi keraamilistel kividel ei esine tema hapruse tõttu. Kui kivil esinevad deformatsioonid siis need põhjustavad kivide pragunemise.

Pinnakahjustused on seotud väliskeskkonna mõjutustega. Öönsad keraamilised kivid on soodsad alupinnad floora tekkele piisava niiskuse ja temperatuuri korral vähese õhuliikumisega kohtades. Taimede juurestik ankurduv pigem kivi õõnsustesse või kahjustustest tingitud pragudesse. Kahjustamata täistelliste poorsus on reeglina piisavalt väike, et taimed saaks sinna juurduda. Kui taimed on juurdunud kahjustustest tingitud pragusesse siis need kivid ei ole korduvkasutatavad niiskete ja koormatud seinte ladumiseks.

Keraamiliste kivide pinnakahjustuse alla liigitatakse ka pinnal olevat valget härmatis. Härmatis on müürimördist migreeruv sool, mis ladestud kivi välisel pinnal. Nimetatud nähtus ei muuda kivi füüsikalisi ega mehaanilisi omadusi vaid võib osutada visuaalselt häirivaks. Härmatis võib ilmned kõikidel toonidel kividel aga märgatav on tumedate toonidega kividel. Härmatise eemaldamist saab teha mehaanilise puhastusega aga ka mitmekordse märgpuhastusega.

Kividest tükkide irdumine võib toimuda mehaaniliste löökide tagajärjel aga ka külmakahjustuse tõttu. Kui väljalöögid on tingitud mehaanilistest mõjutustest siis need kivi ei ole taaskasutatavad korduvkasutatavana kandvates konstruktsioonides. Ümbertöödeldud kujul on võimalik neid kasutada näiteks betooni täitematerjaliks sisetingimustes kasutamiseks.

Erosioon kahjustamata keraamilisi kive reeglina ei mõjuta. Kivide kõvadus on piisav, et vastu seista keskkonna kulutavale toimele.

Kivide külmakindlust saab hinnata välise vaatlusega. Kui kivide pinnast eralduvad kivi kihid laastudena siis on tegemist külmakahjustusega. Kui kivides on läbivad võrkpraod siis need võivad olla tekkinud külmakahjustustest kui ka mahumuutustest tingitud pingetest.

Külmakahjustustega kive ei saa korduskasutada ega taaskasutada ümbertöödeldult kandvates konstruktsioonides kuna ka kivide sisemine struktuur on nõrgestatud.

Kivide jääkkülmakindlust saab katsetada vastavalt standardile SFS 5513 või GOST 7025.

Keraamiliste kivide ümbertöötlemisel täitematerjaliks esitatakse nõuded vastavates täitematerjalide spetsifikatsiooni standardites.

### 4.3.2 Puitmaterjalid

#### Karkass- ja palkpuit

bioloogilised kahjustused (hallitus, pehkimine, mädanik, seenkahjustus, majavamm);

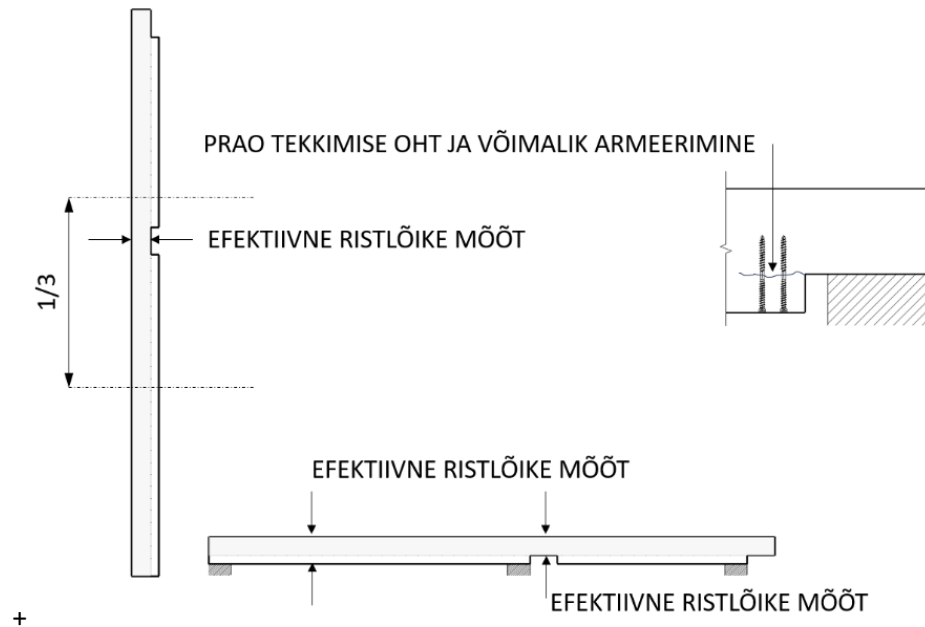
Bioloogiliselt kahjustatud puitu ei tohi korduskasutada välja arvatud juhul, kus kahjustatud osa on mehaaniliselt eemaldatud (saagimine, hõõveldamine) või töödeldud selliselt, et edasine kahjustuse edasine areng on takistatud. Korduskasutatav puidu niiskus peab jääma vahemikku 8-16 %. Bioloogiliste kahjustuste täpsemaks hindamiseks tuleks teostada pinna- või materjaliproovi laboratoorne analüüs, võimalusel ka õhuanalüüs doonorehitise sisekeskkonnas (enne korduvkasutuse planeerimist).

Väiksemad mehaanilised vigastused nagu kriimustused ja täkked karkasspuidu korduskasutamist kandekonstruktsioonides ei mõjuta, küll aga mõjutavad seda väljalõiked, tapid ja avad. Väljalõiked asuvad tavaliselt postide ülemises otsas vöötala toetamiseks või posti keskosas, kui jäigastusdiagonaali välispinna viimiseks postiga samasse tasapinda on see sisse tapitud. Posti ristlõike kandevõimet tuleks hinnata nõrgestatud koha järgi, nõtkumisele avaldab mõju nõrgestus mis asub posti keskmisel kolmandikul. Posti uuskasutamisel talana tuleks samuti arvestada ristlõike nõrgestustega (sh palkide nurgatapid) ning toetus aluskonstruktsioonile peaks toimuma täisristlõikest alates. Toetamine sisselõike kohast võib põhjustada puidu lõhestumist. Talaelementides on nõrgestatud kohti (sisselõiked toel, avade ümbrus) võimalik armeerida täiskeermekruvide või sisse liimitavate metall- või komposiitmaterjalist varrastega.



Foto 9 Sisselõikega prussid





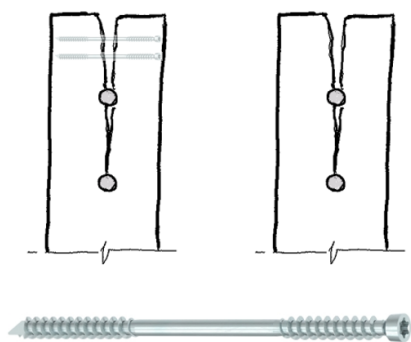
Joonis 1 Sisselõigetega tala võimalik kasutusviis

Bioloogiliselt kahjustamata palgid on korduskasutatavad ennekõike oma esialgsel otstarbel (hoone lammutamine/demonteerimine ning püstitamine uues asukohas). Konstruksioonelemendina sobivad palgid toepostideks või suuremate ruumide vahe- ja katuslagedes peataladeks, millele toetuvad abitalad.

puidu kuivamispraod on loomulik nähtus ning kui need ei ole ristlõiget läbivad, ei mõjuta need oluliselt elemendi kandevõimet survel (postid) ja paindel (talad). Siiski tuleks elemendi uuskasutamisel vältida suuri pragusid talade tugede lähedal, suurte koondatud koormuste all ning lõikele töötavates naagelliidetes (naaglid, poldid, naelad, kruvid). Võimalik on ka liite armeerimine täiskeermekruvidega. Sellekohaseid arvutusmeetodeid leiab kirjandusest, nt [18]



Foto 10 Pikipragu talas kuni toeni



Joonis 2 Pragunenud liite võimalik armeerimine täiskeermekruvidega

Oksakohad mõjutavad ennekõike puidu tõmbetugevust ning elemendi uuskasutamisel tuleks ennekõike vältida oksakoha sattumist painutatud tala tõmmatud tsooni (vahelae tala puhul alumine külg). Samuti tuleks vältida suurte oksakohtade sattumist elementide liitekohtadesse, kuna oksakohas olev oluliselt tihedam puit võib viia liite hapra purunemiseni.

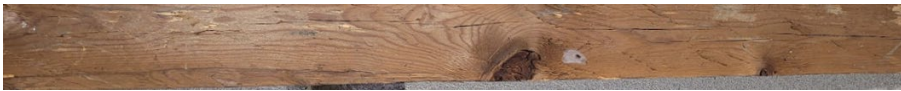


Foto 11 Oksakohad prussi keskel ja servas

Vana puidu tugevuse visuaalseks hindamiseks Eestis 2024.a seisuga standard puudub. Puidu tugevusele on võimalik ligikaudne hinnang anda mittepurustavate meetoditega – ultraheli defektoskoopia, vastupanu mikropuurimine ning tiheduse määramine röntgentomograafia abil. Täpsema hinnangu saab anda purustavate paindekatsete kaudu vastavalt standardile „EVS-EN 408:2010 Puitkonstruktsioonid. Ehituspuit ja liimpuit. Mõnede füüsikaliste ja mehaaniliste omaduste määramine“. Viimase meetodi miinuseks on asjaolu, et potentsiaalselt kasutuseks sobiv element purustatakse.

Konservatiivselt lähenedes võib suuremate vigadeta (oksakohad tõmbetsoonis, praod tugede lähedal) puitprusside paindetugevuseks arvutustes võtta 16-18 N/mm<sup>2</sup>.

Bioloogilistelt ning mehaaniliselt kahjustamata puitlaudis ja roovitis on uuskasutatav samal otstarbel. Vajadusel tuleb need puhastada ning uuendada pinnatöötlust või viimistlust.

### 4.3.3 Isolatsioonmaterjalid, plaadid, kattematerjalid

puistesoojustust kasutatakse reeglina pööningute ja puitkarkass-seinte soojustusena kuhu pääsevad ka närilised, pööningule vahest ka linnud. Loomade ja lindude tegevuse tulemusel võib soojustus olla saastatud väljaheidete ja pesaehitusmaterjalidega. Pesaehitusmaterjalideks kasutatakse reeglina pehmeid kiulise materjale, mida saastavaks materjaliks lugeda ei saa. Loomade, eriti lindude väljaheidetel on saastavad ja ühtlasi ka inimese tervisele ohtlikud. Suure kogusega kuivanud ekskrementidega saastatud kinnises ruumis lenduvad väljaheidete osakesed õhus ja põhjustavad bronhide ärritust. Seal võib levida seenhaigusi nagu histoplasmoos või krüptokokkoos. Kopsu- või muude tervisehäiretega inimesed peaksid võimalikult palju vältima kuivatatud lindude väljaheidet.

Lindude väljaheidetega saastunud soojutuste taaskasutada ei või. Selle utiliseerimisel tuleb kasutusele võtta tõhusad isikukaitsevahendid.

Puistesoojustuse üheks komponendiks on olnud traditsiooniliselt looduslik orgaaniline materjal, näiteks saepuru. Selle materjali niiskumisest on oht bioloogiliseks lagunemiseks. Lagunemine on silmaga märgatav erinevate hallituste tekkena.

Bioloogiliselt lagunenud soojuste taaskasutamine ei ole mõeldav kuna soodsate keskkonnatingimuste korras toimub lagunemine edasi. Lagunenud soojustuse eemaldamisel tuleb olla ettevaatlik, et seeneosad ei lenduks kogu ala peale laiali. Kindlasti tuleb tööde teostamisel kasutada isikukaitsevahendeid.

Mineraalvillast puistesoojustuste nõuded on esitatud standardites EVS-EN 14064-1 ja EVS-EN 14064-2 „Ehituslikud soojusisolatsioonitooted. Kasutuskohas valmistatavad mineraalvillatooted (MW)“ Osa 1 ja osa 2.

Paisutatud polüstüreenist puistesoojustuste nõuded on esitatud standardites EVS-EN 16809-1 ja EVS-EN 16809-2 „Ehituslikud soojusisolatsioonitooted. Kasutuskohas valmistatavad paisutatud polüstüreeni (EPS) graanulitest puistetooted ja seotud tooted“ Osa 1 ja osa 2.

Tselluvill puistesoojustuste nõuded on esitatud standardites EVS-EN 15101-1 ja EVS-EN 15101-2 „Ehituslikud soojusisolatsioonitooted. Kasutuskohas valmistatavad puistetsetelluloosist (LFCI) tooted“ Osa 1 ja osa 2.

#### **4.3.4 Plaat- ja rullsoojustus**

##### **Roogplaadid**

roogplaadid on tihedalt kimpu seotud kõrred millesse võivad pesa teha närilised. Näriliste elutegevuse tulemusel hävib plaat lokaalselt ja näriliste väljaheidete võivad plaate saastada.

Kahjustunud ja saastunud plaate korduskasutada ei saa kuna nende efektiivsus on oluliselt vähenenud ja on oht bioloogilisele lagunemisele ning toksilisusele.

roogplaadi niiskumisel on oht bioloogiliseks lagunemiseks. Lagunemine on silmaga märgatav erinevate hallituste tekkena, värvitooni muutus.

Bioloogiliselt lagunenud soojuste taaskasutamine ei ole mõeldav kuna soodsate keskkonnatingimuste korras toimub lagunemine edasi. Lagunenud soojustuse eemaldamisel tuleb olla ettevaatlik, et seeneosad ei lenduks ülejäänud materjalidele. Kindlasti tuleb tööde teostamisel kasutada isikukaitsevahendeid

Roogplaadid on suhteliselt jäigad ja elastsed kuid piisava koormuse korral deformeeritavad. Vähe deformeerunud plaatide kuju on võimalik taastada ja plaate saab korduskasutada. Suurte deformatsioonide korral kõrred murduvad ja irduvad plaadist, vähendades selliselt plaadi tihedust, tugevust ja soojuspidavust. Oluliselt deformeerunud plaatide taaskasutus ümbertöödeldult on teostatav.

##### **Mipoor**

Mipoori lahtine kapillaarpoorsus on suhteliselt suur ja on seetõttu suure veeimavusega. Vesi võib soojustust pehmenada. Märgunud mipoor ei ole korduskasutatav tema vähesel tugevusel ja hapruse tõttu. Taaskasutamisel ümbertöödeldult puistematerjaliks suurendatakse oluliselt õhus sisalduvate karbamiidformaldehüüdosiiside sisaldust, mida peetakse siseõhu suuremaks reostusallikaks kui tekstiilid.

Väikese tugevuse ja hapruse tõttu on plaadid tihti murenenud ja korduskasutus ei ole mõeldav.

##### **Fenoolvahtplaadid**

tüüpiliselt olid varased fenoolvahud avatud lahtise poorsusega ja seetõttu ka suure veeimavusega. Sünteetilistele plastidele omaselt ei allu need bioloogilisele lagunemisele kui pehmenevad. Nagu mipoor ei ole fenoolvahtplaadid korduskasutatavad vähesel tugevusel ja hapruse tõttu.

Väikese tugevuse ja hapruse tõttu on plaadid tihti murenenud ja korduskasutus ei ole mõeldav.

##### **Mineraalvillad**

mineraalvillade saastumine toimub reeglina piiretes pesa teinud näriliste poolt. Saastunud kohtasid on villast lihtne eemaldada kuid kui saastumine on rohke siis tuleb kaaluda puhastamise otstarbekust.

Olenevalt saastumise määrast on villad korduskasutatavad või taaskasutatavad ümbertöödeldult.

mineraalvillade lühiajaline märgumine ei mõjuta villa omadusi märgatavalt. Orgaaniliste ainete vähesuse tõttu ei ole villad bioloogilisele lagunemisele nii altid kui saepuru- või roogplaatsoojustus.

Pikaajaline kontakt veega lahustab villa kiudude vahel olevat fenoolformaldehüüdvaiku ja kiudude sidusus väheneb. Lõpptulemusel võib villa elastsus ja kohevus kaduda ning vill ei ole taaskasutatav.

Villade kujususe ja elastsuse tagab kiudude vahel olev vaik. Niiskuskahjustusteta villade elastsus ja kuju ei muutu ning tooted on korduskasutatavad.

Oluliselt deformeerunud villad on taaskasutatavad ümbertöödeldult puistesoojustusena. Sellisel juhul tuleb lähtuda standarditest EVS-EN 14064-1 ja EVS-EN 14064-2 „Ehituslikud soojusisolatsioonitooted. Kasutuskohas valmistatavad mineraalvillatooted (MW)“ Osa 1 ja osa 2.

### **Tsementfibroliit**

tsementfibroliidi saastumine toimub reeglina väliskeskkonnas lenduva saastega ja villadele sarnast bioloogilist saastet reeglina ei esine.

Plaatides olevad puidu narmad on kaetud tsemendiga ja sellega on suhteliselt hästi takistatud puidunarmaste bioloogiline lagunemine. Pideva niiskuse ja soodsa temperatuuri ning liikumatu õhu korral laguneb aja möödudes puidule kohaselt.

Bioloogiliselt lagunenud plaadid ei ole taaskasutatavad sarnaselt teisele puidupõhiste ehitusmaterjalidele.

Suure urbsusega on tagatud märgunud plaatide kiirendatud väljakuivamine. Kiudude vahel oleva tühemike kaudu saab sisenenud vesi nõrguda ja puidu narmad kuivada. Lühiajaline märgumine kuiva plaadi omadusi oluliselt ei muuda.

Veega pikalt kontaktis oleval plaadid on soodumus bioloogilisele lagunemisele ja need plaadid ei ole taaskasutatavad.

Õhukese elastse puidu tugevust suurendab oluliselt kiudude vahel olev tsementsideaine. Plaadid on väga suure survetugevusega. Probleeme esineb plaatide nurkade murdumiste, ümardumistega. Samuti on plaatide külgede sirguse hälve suhteliselt suur. Tsementfibroliitplaadid on reeglina korduskasutatavad. Tähelepanu tuleb osutada plaadi vuukide ja nurkade tihendamisele.

### **Mullpolüstüreen**

Vähese lahtise poorsuse tõttu mullplastid ei saastu märkimisväärsel määral. Bioloogilise komponendi puudumise tõttu mullplastid lagune bioloogiliselt ja püüdvad ka niiskuskahjustused.

plaadid koosnevad polüstürooli graanulistest, mis on liitunud omavahel kujusaks plaadiks. Graanulite nake oleneb graanuli ja plaadi tihedusest. Väikese tiheduse ja nakkega graanulid põhjustavad plaadi servade ja nurkade irdumisi.

Päikese ultraviolettkiirgus on polüstüroolile pöördumatult lagundava toimega. Laguneb UV kiirgusele avatud pind, muutudes valgest toonist kollaseks-helepruuniks.

UV kahjustustega plaadid on korduskasutatavad pärast lagunenud pinna mehaanilist puhastamist näiteks suureteralise liivapaberi ja spetsiaalsete metallist ehitusriividega.

Plaatide korduskasutamisel tuleb pöörata tähelepanu plaadi vuukide ja servade tihendamisele. Taaskasutus ümbertöödeldult puistesoojustuseks on mõeldav kohtades kus kerge, lenduv puiste on piiritletud, kaetud kõigist kuuest küljest. Ümbertöötlemisel tuleb lähtuda standarditest EVS-EN 16809-1 ja EVS-EN 16809-2 „Ehituslikud soojusisolatsioonitooted. Kasutuskohas valmistatavad paisutatud polüstüreeni (EPS) graanulitest puistetooted ja seotud tooted“ Osa 1 ja osa 2.

### **4.3.5 Katusekivid**

Praod tekivad katusekividesse mehaaniliste mõjutuste tulemusel. Pragunenud kivide vähene veepidavus elimineerib kivide korduskasutuse. Pragunenud kivid on taaskasutatavad puistematerjaliks ümbertöödeldult näiteks betoonide valmistamisel või üldehituse täitematerjalina. Katusekivide tugevuse hindamist käepäraste vahendite teostada ei saa. Kivide paindetugevust katsetatakse vastavalt standardile EVS-EN 538 „Savikatusekivid ülekattega laotistele. Paindetugevusteim“.

Tabel 1. Keraamiliste katusekivide paindetugevuse nõuded

Katusekivi kuju	Purustav jõud [N]
Tasapinnaline	>600
Tasapinnaline valtsiga	>900
Munk-Nunn	>1000
Teised katusekivitüübid (va erikatusekivid)	>1200

Katusekivide tootmisel, eriti keraamiliste katusekivide tootmise eripärasuse tõttu on kivil juba algselt suhteliselt suured mõõdutolerantsid lubatud. Kivide kasutusega kivide kujuga seotud omadused ei muutu ja korduskasutust ei mõjuta. Tüüpilised katusekivide pinnakahjustused on seotud pinnale floora tekkega. Katuse puhastamist nn sammaldumist on võimalik puhastada kõrgsurve veega. Katusekividele ei ole iseloomulik tükkide irdumisi ega erosiooni juhul kui kivid ei ole sisemiselt lagunenud külmakahjustuste tulemusel.

Külmakahjustused ilmnevad kivi pinnalt tükkide irdumise või täieliku lagunemisenä. Katusekivide jääkülmakindlust katsetakse vastavalt standardile EVS-EN 539-2 „Clay roofing tiles for discontinuous laying - Determination of physical characteristics - Part 2: Test for frost resistance“. Vähesel külmakindlusega kivid ei ole korduskasutatavad ja täitematerjaliks purustatuna on taaskasutatav sisetingimustes kasutatava betooni valmistamiseks või sisetingimustes üldehituse täitematerjalina.

#### 4.3.6 Katuseplaadid

##### Eterniit ja tsementkiudlaineplaadid

Praod tekivad lainelistesse katuseplaatidesse mehaaniliste mõjutuste või katuse konstruktsiooni siirde tulemusel. Praod tekivad reeglina laine harja või põhja. Pragunenud katuseplaatide veepidavus on sisuliselt olematu ja seetõttu plaate taaskasutada ei saa.

Katusplaatide olulisemaks tugevuseks peetakse paindetugevust kuna saledad plaadid alluvad katusel tihti painutavale koormusele. Paindetugevuse katsemeetod on kriteeriumid on esitatud standardis EVS-EN 494 „Kiudbetoonist profileeritud tava- ja eriplaadid. Spetsifikatsioon ja katsemeetodid“.

Lainelised eterniit ja tsementkiud plaadid on piisavalt jäigad, et eksploatatsiooni tulemusel plaadi tasapinnalisus ei halvene.

katuseplaatide tüüpilised pinnakahjustused on seotud floora juurestikuga. Katuse puhastamist sammaldumisest on võimalik teha kõrgsurve veega.

Katuseplaatidele ei ole iseloomulik tükkide irdumisi ega erosiooni juhul kui plaatide sisemine struktuur ei ole külmakahjustuste tulemusel lagunenud.

Mineraalsed katuseplaadid on tüüpiliselt suhteliselt suure külmakindlusega. Külmakahjustused ilmnevad plaatide pinnale ~ 3-5 mm läbimõõduga kraatrite tekkega, jäätuv vesi on plaadi pinnast koonilise tüki välja lükanud. Külmakindluse katsemeetod on kriteeriumid on esitatud standardis EVS-EN 494 „Kiudbetoonist profileeritud tava- ja eriplaadid. Spetsifikatsioon ja katsemeetodid“.

Eterniitplaate ei ole terviseohutuse tõttu otstarbekas isegi tervetena taaskasutada.

#### 4.3.7 Metall

Metalli korrosiooni tunneb ära pindmise värvi- ja reljeefimuutusega. Terasel on omane pruuni oksüdatsioonikihi teke. Rohke korrosiooni tulemusel kattub detaili pind tiheda ja suhteliselt kõva uusmoodustisega. Vähesel korrosiooni tulemusel tekkivat tolmat oksüdatsiooni kihti on lihtne

kuiva tekstiilist lapiga eemaldada. Vähesel korrosiooniga detailid ja konstruktsioonid on korduskasutatavad pärast puhastamist ja korrosioonikaitse vahenditega töötlemist. Rohkelt korrodeerunud metalltooted ei ole korduskasutatavad kuid on taaskasutatavad ümber sulatades.

Metallpindasid kaetakse eelkõige keskkonnakindluse suurendamise eesmärgil. Tüüpiliselt kaitstakse terast niisketes keskkondades korrosiooni vastu kuid konstruktiivseid metallpindasid kaetakse ka näiteks tulepüüvivate suurendavate kattevärvidega.

Metallid on mingi piirini elastsed ja sellest edasi plastsed. Metallide deformeerimisel plastsed piirkonnas muudab detail kuju ja säilitab selle. Kuju on võimalik taastada kui teda katte pinne ei ole kahjustunud ja on tehniliselt teostatav. Kuju taastamisel tuleb silmas pidada kahjustunud pinnakatte taastamist. Pinnakatte taastamine hõlmab reeglina kahjustunud pinde eemaldamist kahjustuse lähimbruses, pinna karestamist ja uue korrosioonikaitsevahendite peale kandmist. Taastamatu kujuga metalldetailidele on võimalik taaskasutada ümber sulatades.

#### **4.3.8 Rullhüdrosolatsioonmaterjalid**

Kleebitud rullhüdrosolatsioonmaterjalide taaskasutus ei ole mõeldav kuna nende eemaldamine vanast ehitisest rikub nende struktuuri ja kuju. Rullhüdrosolatsioonmaterjalid kuuluvad üldjuhul kahetsusväärsetelt lõppladestatavate ehitismaterjalide hulka. Plast rullhüdrosolatsioonimaterjali korduskasutus on mõeldav, kuna see liimitakse servadest ja selle saab ära lõigata. Muude rullmaterjalide osas tasub ettevõtete ning teadusarendusasutuste koostöös kaardistada ning töötada välja lahendusi nende ringlussevõtuks materjalina.

#### **4.3.9 Fassaadiplaadid**

fassaadiplaadid on reeglina metallist või mineraalsed, vähesel määral ja plastikust. Kahe viimast tüüpi plaatide esmasel kahjustused ilmnevad pragunemisega. Praod ei ole pindmised võrkpraod vaid läbivad joonpraod. Praod tekivad kas mehaanilistest mõjutustest (löögid), deformatsioonidest (siirded) või keskkonna lagundavast (külmakahjustus, temperatuuri muutustest tingitud mahumuutused) mõjust.

Pragunenud plaatide korduskasutus on teostatav ainult kahjustumata plaadi ulatuses, plaadi mõõte vähendades. Pragunenud mineraalsed plaadid on taaskasutatavad ümber töödeldes täitematerjaliks. Plaatide olulisim tugevus on paindetugevus. Erinevast materjalist plaatide paindetugevuse katsemeetodid on kirjeldatud erinevates tootestandarditest mis on esitatud käesoleva loetelu lõpus.

Plaatide jäädavad deformatsioonid võivad olla põhjustatud ebatasase aluskonstruktsioonist. Piisavalt suured plaadid on küllalt elastsed, et neid mehaaniliste kinnitusvahenditega tasapinnaliselt konstruktsioonil sirgestada. Mineraalsed ebatasased väikese mõõdulised plaadid on taaskasutatavad ümber töödeldes täitematerjaliks. Plastikust ja metallist ebatasased väikese mõõdulised plaadid on reeglina korduskasutatavad.

Erinevast materjalist plaatide geomeetriliste parameetrite katsemeetodid on kirjeldatud erinevates tootestandarditest, mis on esitatud käesoleva loetelu lõpus.

Plastik- ja metallplaatidel pinnakahjustusi ja tükide irdumisi ei esine. Plastikust plaadid on vastuvõtlikumad abrasiivsele erosioonile (liivarohked piirkonnad). Kulunud plastikplaadid on korduskasutatavad mõõtude vähendamisel, kulunud piirkondade eemaldamisel. Metallplaatide pinnaviimistlus allub erosioonile ja kahjustud plaat ei ole korduskasutatav. Rohkete kahjustusega plastik- ja metallplaadid on taaskasutatavad ümber sulatatuna uute toodete valmistamisel.

Mineraalsete plaatide tüüpilised pinnakahjustused on seotud floora juurestikuga. Plaatide puhastamist sammaldumisest on võimalik teha kõrgsurve veega. Mineraalsetele plaatidele ei ole iseloomulik tükide irdumisi ega erosiooni juhul kui plaatide sisemine struktuur ei ole külmakahjustuste tulemusel lagunenu.

Mineraalsed fassaadiplaadid on erineva külmakindlusega. Külmakahjustused ilmnevad plaatide pinnale ~ 3-5 mm läbimõõduga kraatrite tekkega, jäätuv vesi on plaadi pinnast koonilise tüki välja lükanud. Kui väljalöögid ei ole plaati läbivad siis külmakahjustusega plaatide vee- ja tuulepidavus ei koheselt ammendunud aga nende plaatide külmakahjustumine võib olla progresseeruv. Külmakahjustustega plaatide korduskasutus ei ole otstarbekas. Plaatide saab taaskasutada purustades täitematerjaliks.

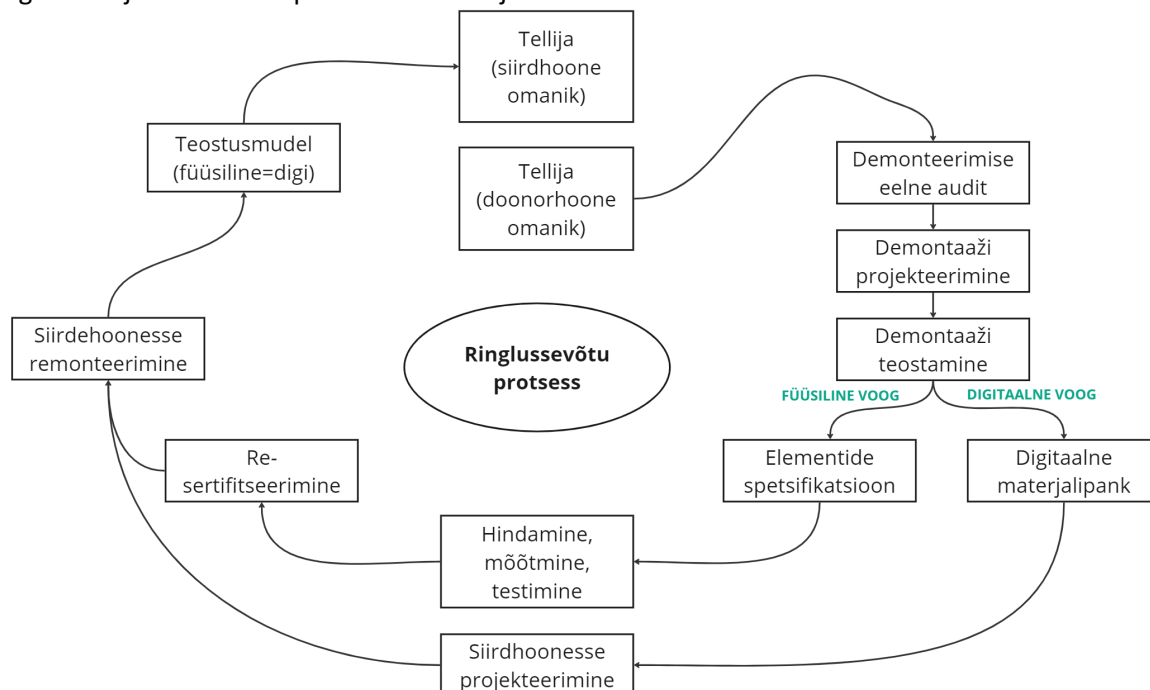
Erinevate fassaadikatteplaatide standardid on:

- EVS-EN 1469 „Looduslikust kivist tooted. Välisvooderdusplaadid. Nõuded“
- EVS-EN 508 osa 1; 2 ja 3. „Plekist katuse- ja seinakattetooted. Isekandvate terasest, alumiiniumist ja roostevabast terasest plekist valmistatud toodete spetsifikatsioon“
- EVS-EN 14782 „Isekandvad plekist katuse- ja seinakatteelemendid. Spetsifikatsioon ja nõuded“
- EVS-EN 13245-2 „Plastikud. Ehituslikud plastifitseerimata polüvinüülkloriidist (PVC-U) profiilid. Osa 2: Sise- ja välisseinte ja lae viimistlusprofiilid“

#### 4.3.10 Ehitusmaterjalide resertifitseerimise standardiseerimise ettepanek

- Pädeva ehitusinseneri (EKR tase 7 või 8) kaasamine
- Projekteerimine
- Suhtlus KOV-ga
- Ehitusõigus
- Ehitamine ja selle järelevalve
- Ehituse dokumenteerimine ja vastuvõtmine

Projekti üheks eesmärgiks oli välja pakkuda siiani puuduv elementide korduskasutuse või ehitus- ja lammutusjäätmete materjalidena ringlussevõtu protsess, selle osapooled, seosed, vastutus, tegevused jms. Protsessi põhimõtteline kirjeldus on esitatud Joonisel 5.



Joonis 3. Resertifitseerimise protsessi põhimõtteline kirjeldus

- Ringrenoveerimise lähtekohaks on huvitatud isik (tellija) renoveeritava või lammutatava nn doonorhoone omaniku näol, kelleks võib olla nii eraisik, firma, MTÜ, KOV, RKAS või riik;
- Sõltuvalt tellija soovidest, hoone seisukorrast, tööde iseloomust jne võib olla seadusandlusest tulenev nõue pädeva isiku kaasamiseks. Ehitustegevus enda tarbeks on

lubatud, kui tagatakse ehitisele esitatavad (põhi)nõuded, järgides asjatundlikkuse põhimõtet;

- Protsess algab olemasoleva olukorra hindamisest koos demonteerimiseelse auditi koostamisega koos kaasnevate tegevustega (mõõtmed, materjalide tuvastamine, seisukorra hindamine, mahtude arvutamine jms). Kuna demonteerimise kavandamine senise tavapärase lammutamise asemel on uudne ja nõuab spetsiifilisi oskusi, võib tänases Eestis olla lähiaastatel probleemne pädeva isiku leidmisega. Selleks võib olla keegi ülikoolidest (vastava pädevuse olemasolul) või kõrgema pädevusega hoonete auditeerivad ehituseksperdid erasektorist;
- Auditi tulemustele tuginedes ning võimalikust siirdhoonest tulenevalt projekteeritakse demontaaž vastava pädevusega projekteerija poolt, mis on vähemasti esimeste pilootide raames soovituslik lahendada koostöös tulevase demonteerijaga;
- Demonteerimise teostus ning erinevate elementide (vahe)ladustamine ja ilmastikukaitse. Paralleelselt füüsiliste elementidega luuakse digitaalne spetsifikatsioon koos elemendi tüübi, omaduste, mõõtmete, arvu ja kõige muu edasisel projekteerimis vajaliku infoga, s.h. BIM mudelis vajalik info elementide kohta. Loodud digitaalne info elementide kohta liigub Eesti üldisesse materjalide andmebaasi ehk materjalipanka;
- Järgneb elementide vastavushindamine läbi mõõtmise, testimise ja kaasnevate tegevuste, mis täpsustavad vastavalt elemendi tüübile, materjalile ja võimalikule uuele kasutusele kas läbi korduskasutuse (samal otstarbel), uuskasutuse (uuel otstarbel), ringlussevõtu või muul viisil. Samuti sõltub toimingu sisu vastavushindamist meetodist, mis võib vastavalt (harmoneeritud või harmoneerimata) standardi olemasolust vajada väljatöötamist. Samuti võib osutada vajalikuks diferentseerida koha peal, välikatsepolügonil, uurimisasutuses või nt ringmajanduskeskuse juurde loodud tehnilise taristu abil. Vastavushindamine teostatakse piloteerimise etapis ilmselt ülikoolide poolt või nende osalusel, soovituslikult kaasatakse lammutuseelse auditi koostaja. Mittepurustavate uuringutega saaks alustada lammutuseelse auditi ajal, siis tuleks osaleda hoone demonteerimise protsessis, s.h. ehituselementide katsetamine objektil;
- Vastavushindamise tulemusel tekib analoogselt uute ehitustoodetega tootja, kes re-sertifitseeritud elemendi nõutele vastavuse eest vastutab. Piloteerimise etapis saab vastavushindamisel tugineda CPR 305/2011 punktidele 34, 36 ja 39, mis võimaldab hindamist lihtsustatud meetodil ning jätab võimaluse individuaalse ehitustoote projekteerimiseks, mistõttu võiks mõnda aega olla re-sertifitseerimise protsessi olla kaasatud vastava pädevusega projekteerijad. Re-sertifitseerimise läbinud elemendid liiguvad füüsilisse materjalipanka ning nende andmed kajastuvad digitaalses materjalipangas, kus neid on järgmiste siirdhoonete projekteerimisel võimalik vaadata, valida, broneerida ning osta;
- Edaspidi on vajalik re-sertifitseerimise protsessi kooskõlastamist ministeeriumi tasemel, järgides CPR 305 uuenevaid ning riiklikul tasemel täpsustuvaid nõuded. Tulevikus, kui esimesed piloodid edukalt realiseeritud, võib kaaluda donorhoone ehituselementide liikumist otse siirdhoone ehitusplatsile (ilma füüsilises materjalipangas käimata);
- Uues asukohas siirdhoone ehitusplatsil järgneb re-sertifitseeritud elemendi remonteerimine. Lühiajaliselt võib tekkida remonteerimisest pakuvate ettevõtete defitsiit, kuna tegevus olemuselt uudne ning ettevõtetel napib kogemusi. Siinkohal on turul täiesti uue ettevõtete segmendi kujunemiseks, samuti saavad selleks kohaneda/spetsialiseeruda nii tänased lammutusfirmad kui renoveerimisega tegelevad ehitusfirmad. Piloteerimise etapis lähiaastatel võib osutada mõistlikuks teatav grupp või ettevõtete koostöö, mille osalistel on varasem demonteerimise ja/või renoveerimise kogemus;
- Siirdhoone remonteerimine toimub BIM mudeli abil, mis pärast füüsilise siirdhoone valmimist jääb läbi toestusmudeli selle digikaksikuks, mida saab kohandada vastavalt tulevaste erinevate kasutajate vajadustele (omanik, kinnisvara haldaja, rentnik vms).



## 5. Soovitused kohalikele omavalitsusele (20.4)

Soovituste andmiste kohalikele omavalitsustele ehitus- ja lammutusjätmete vähendamiseks ehitiste renoveerimise ja lammutamisel lähtuti kolmest võimalikust lähenemisest:

- Olemasolev teadmine ja suundumused Euroopas;
- Ankeetküsitlused Tartu linna kahel objektil renoveerimis- või lammutustöid teostanud ettevõtetega;
- Tartu linna renoveerimise või lammutamise hanke lähteülesande, selle tingimuste ning pakkumise aluseks olevate projektdokumentatsioonide analüüs.

### 5.1 Suundumused Euroopas

Euroopa Keskkonnaagentuuri (European Environment Agency) dokumendis [Building renovation: where circular economy and climate meet](#) pakutakse üldisema vaatenägemise riikide ning KOV võimalustena ehitatud keskkonna pikaajalist jätmeteket vähendada läbi järgmiste võimaluste seoses olemasolevate hoonefondi renoveerimisega:

- Olemasoleva hoone ja selle osade elukaare pikendamine - näiteks kasutamise intensiivistamine/muutmine/kohandamine/multifunktsionaalsus; renoveerimine koos kasutusotstarbe muutmise või kohandamisega; püsivate ja vähese hooldusvajadusega ehitustoodete ja materjalide kasutamine nende asemel, mis renoveerimise käigus asendatakse või paigaldatakse; hoone lammutamise või demonteerimise edasilükkamine;
- Vähendades vajadust uute materjalide ja energiakandjate järele kasutades olemasolevaid efektiivsemalt – nt arvestades renoveerimislahenduste projekteerimisel kihtidena ehitamise ja demonteeritavuse põhimõtet; korduskasutades renoveerides olemasolevaid ehitustooteid, s.h. korduskasutuseks ettevalmistavad tegevused; teisest toormest valmistatud ehitustoodete kasutamine;
- Kasutades renoveerimisel uusi materjale ja tehnoloogiaid – nt (tehaseliselt) eeltoodetud elementide kasutamine; kohalike, looduslike ja bioloogiliste materjalide kasutamine (nt puit- ja puidupõhised materjalid), pidades siiski silmas nende piisavat püsivust antud kasutuskohas; ehitatud ning looduskeskkonna ühendamine läbi roheluse, haljastuse, murukatuste, vertikaalhaljastuse, taimede jms, mis koos veekasutusega võimaldavad leevendada linnades kliima soojenemisega tekkivat soojasaarte efekti.

### 5.2 Tartu projektid

Olemasoleva olukorra tuvastamiseks ja kirjeldamiseks analüüsiti projekti jooksul Tartu linnavalitsuse poolt tellitud kahte hanget:

- olemasoleva Karlova kooli rekonstrueerimine (sisaldas ka vähesel määral lammutustöid) aadressil Lina tn 2, Tartu.
- olemasoleva Helliku lasteaia lammutamine ning samale asukohale uue ehitamine aadressil Aardla tn 138, Tartu);

#### 5.2.1 Karlova kool

Koolihoone rekonstrueerimise aluseks oli ehitusprojekt põhiprojekti staadiumis. Ehitustöid teostati käesoleva analüüsi aluseks oleva põhiprojekti järgi ning detailsemat ehitusprojekti staadiumit ei koostatud. Teatavasti on kehtiva (samuti kogu Tartu ringrenoveerimise projekti ajal kehtinud) MTM määruse nr 97 [Nõuded ehitusprojektile](#) (§ 8-10) kohaselt põhiprojekt ehitusprojekti staadium, *mis võimaldab määrata ehitise eelarvelist maksumust, korraldada ehitushanget ja koostada ehitamiseks hinnapakumust*. Põhiprojekt ei ole sobiv ehitustööde teostamiseks, milleks on vajalik tööprojekti staadium, järgneb **väljavõte** asjakohasest Ehitusprojekti standardist EVS 932:

**Ehitustöö tegemise aluseks on ehitusprojekt tööprojekti staadiumis ehk tööprojekt. Ehitusprojekt põhiprojekti staadiumis ja eelprojekti staadiumis ei ole ehitustöö tegemise aluseks.**

Lammutustööde ja jäätmekäitlusega seonduv on käsitletud arhitektuuri osa peatükkides 2.17 ja 2.18, samuti on lammutatavad ehitise osad näidatud graafiliselt põhiplaanidel koos märkustega ja täpsemate juhustega. Keskkonna- ja tervisekaitse on käsitletud peatükis 2.20. Analüüsi tulemusel saab järeldada, et kui jätta välja tavapärase ehitusprojekti staadiumi probleem (ehitustöid teostati põhiprojekti alusel), on käesolevas ehitusprojekti lammutustööde, jäätmekäitluse, ressursitõhususe ja muud seonduvad aspektid käsitletud keskmisest põhjalikumalt, võimaldades suure osa lammutusel tekkivaid materjale kas ringlusse võtta või taaskasutada.

Nagu senise praktika puhul tavaks, leiab ka antud ehitusprojektist lause: „*Juhul kui lammutusjäätmete tekkekohas puudub võimalus jäätmete sorteerimiseks või see osutub majanduslikult ebaotstarbekaks, võib jäätmed sorteerimiseks üle anda vastavale jäätmekäitlusettevõttele, kes teeb selle töö teenustööna*“. Koostöös Tartu Linnavalitsusega on käesoleva projekti raames jõutud KOV jäätmehoolduseeskirja uuendamiseni viisil, kus antud lause on dokumendist eemaldatud. Seega tuleb Tartu linna territooriumil toimuva ehitus- ja lammutustööde käigus tulevikus kõik tekkivad ehitus- ja lammutusjäätmed koguda tekkekohal liigiti, mis võimaldab suurendada nende ringlussevõtu määra ning vähendada prügilasse liikuva segaehituslammutusjäätmete hulka (millest enamik senisele praktikale tuginedes lõppladestatakse).

KOV-i nõuded peaks suunama muutma tänast ehituspraktikat, kus lammutatavast hoonest saadaolevad materjalid segunevad (Joonis 5) või lähevad peamiselt väheväärtuslikuks tagasitäiteks (Joonis 6).



Joonis 4. Tavapärase lammutamise halb näide (Dvigateli tehase) klaasi ning kivimaterjalide koos lammutamisest, mille tulemusel materjalid segunevad.



Joonis 5. Tavapärase lammutamise halb näide (Mai kultuurikeskus Pärnus), kus hoones kasutatud materjale ja ehitustehnilisi lahendusi arvestades saanuks osa neist korduskasutada kuid seda ei tellitud.

Nagu paljudes ehitusprojektides omistatakse antud ehitusprojektis Terviseametile ülesandeid ning pädevusi, mida neil ei ole ning mida nad ei ole nõus endale võtma, näitena väljavõte ehitusprojektist: *Hoonete ehitamisel tuleb kasutada ainult hoonetele sobivaid ja Eesti Vabariigi tervisekaitsetalituse poolt sertifitseeritud ehitus- ja viimistlusmaterjale.*

## 5.2.2 Helliku lasteaed

Kuna olemasolev kahekorruline U-kujuline maht lammutati, on jagunevad ehitus- ja lammutustööd sisuliselt kaheks erinevaks osaks nii tööde iseloomult kui ka ajaliste teostatavuse osas:

- olemasoleva mahu lammutamine (tüüpiline lammutustöö, mille käigus tekivad peamiselt lammutusjätmed)
- samale kinnistule uue mahu ehitamine (tüüpiline ehitustöö, mille käigus tekivad peamiselt ehitusjätmed)

Lammutusprojekti staadiumiks on tiitellehe kohaselt tavapärase LA (lammutusprojekt), kus erinevalt ehitusprojektist projekti detailsust läbi staadiumite ei täpsustata. Mingil määral võimaldab projekti detailsust hinnata nõue, et „lammutustööde teostamiseks tuleb peale tööde teostaja valikut koostada tööde organiseerimise projekt, mis arvestab töövõtja konkreetseid tehnilisi võimalusi“ – see tähendab, et osa lammutustööde tehnoloogise teostatavusega seotud aspekte delegeeritakse tööde teostajale, kuigi ka käesolevas projektis leidub lammutusmehhanismide, seadmete, tehnoloogia, tööde järjekorra jms seotud nõudeid ja kirjeldusi.

Lammutusprojekti seletuskirja peatükis 1.4.1 on mainitud tellija lähteandmed, kuid kahjuks ei selgu, millised need sisuliselt olid ning kas neist tulenesid nõuded jäätmetekke vähendamisel, liigiti kogumisele, ringlussevõtule, taaskasutusele vms.

Analüüsi tulemusel võib pidada antud projektis esitatud lammutustööde kirjeldust, tööde järjekorda, liigiti kogumist ja jäätmekäitlust üle keskmise põhjalikkusega käsitletuks. Samuti on pööratud oluliselt tähelepanu ohutuse tagamisele. Liigiti kogumise kohta on nõue, et „Ehitusjätmed tuleb koguda liikide kaupa eraldi mahutitesse, taaskasutada või anda üle vastava jäätmelooga jäätmekäitlejale“ ning täpsustatud, et liigiti tuleb koguda ja paigaldada eraldi konteinerisse:

- Vana mööbel (eraldi)
- Metalluksed ja tühjad metallist kilbikapid (metalli konteiner)
- Elektrijuhtmed ja elektrimontaaži osad (ehitusjätmete konteiner)
- Seinte viimistlusmaterjalid (ehitusjätmete konteiner)
- Hoone raudbetoonist konstruktsioonid lammutada, purustada ja sorteerida vastavasse konteinerisse;
- Hoone tellistest ja plokkidest seinad lammutada, purustada ja ladustada vastavasse konteinerisse;
- Eraldada hoone bituumen katusematerjal ja sorteerida eraldi konteinerisse;
- Kivipuru ja segujätmed eraldada konteinerisse;

Kuigi paljud lammutustööde käigus tekkivad jätmed on nähtud ette koguda liigiti ja paigaldada vastavasse/eraldi konteinerisse, on lubatud kahetsusväärset palju erinevaid jäätmeid panna kokku ehitusjätmete konteinerisse (ilmselt on silmas peetud segaehituslammutusjätmeid)

Positiivne on, et projekti kohaselt „Lammutustööde lõpetamisel tuleb vormistada jäätmeõiend ja see esitada kohalikule omavalitsusele.“ Kahetsusväärset kohtab dokumendis viidet Tallinna Jäätmehoolduseeskirjale (mis on sinna tõenäoliselt jäänud eelmisest projektist, mida nõ põhjana on kasutatud) ning lauset „Kui ehitusjätmete tekkekohas puudub võimalus neid sortida või see osutub majanduslikult ebaotstarbekaks, tuleb jätmed anda käitlemiseks üle sellekohase jäätmelooga jäätmekäitlejale.“ Nagu käesoleva lõpparuande teistes osades mainitud, on eelnimetatud lause Tartu jäätmehoolduseeskirjast juba projekti ajal eemaldatud.

Esitatud on ülevaatlik tabel esmaste andmetega liigiti kogutavate jäätmete koguste kohta koos MKM määrus nr 70 Lisa 1 Jäätmenimistust kohaste koodidega.

Kokkuvõtvalt võib esitatud lammutusprojekti pidada tavapäraseks ning tüüpilist praktikat esindavaks, mida tuleb tulevikus parandada. Vajaka jääb selle detailsemast kohandamisest konkreetse ehitise lammutamiseks - esitatud on palju üldist ja universaalset infot, mis annab projektile mahtu ning on projekteeerija seisukohalt mugavalt kasutatav erinevate ehitus- ja lammutusprojektide puhul mistahes KOV-es kuid lammutamiseks koostatav projekt peaks olema sisuliselt erinev uusehitise/rekonstrueerimisega seotud ehitus- ja lammutusjäätmetel. Samuti vajaks täpsustamist ning tekstilise osaga paremini kooskõlla viimist graafiline lammutusskeem, s.h. lammutustööde järjekord, liigiti kogutavate jäätmete konteinerid, nende arv ja suurus.

### 5.2.3 Kokkuvõte ja ettepanekud

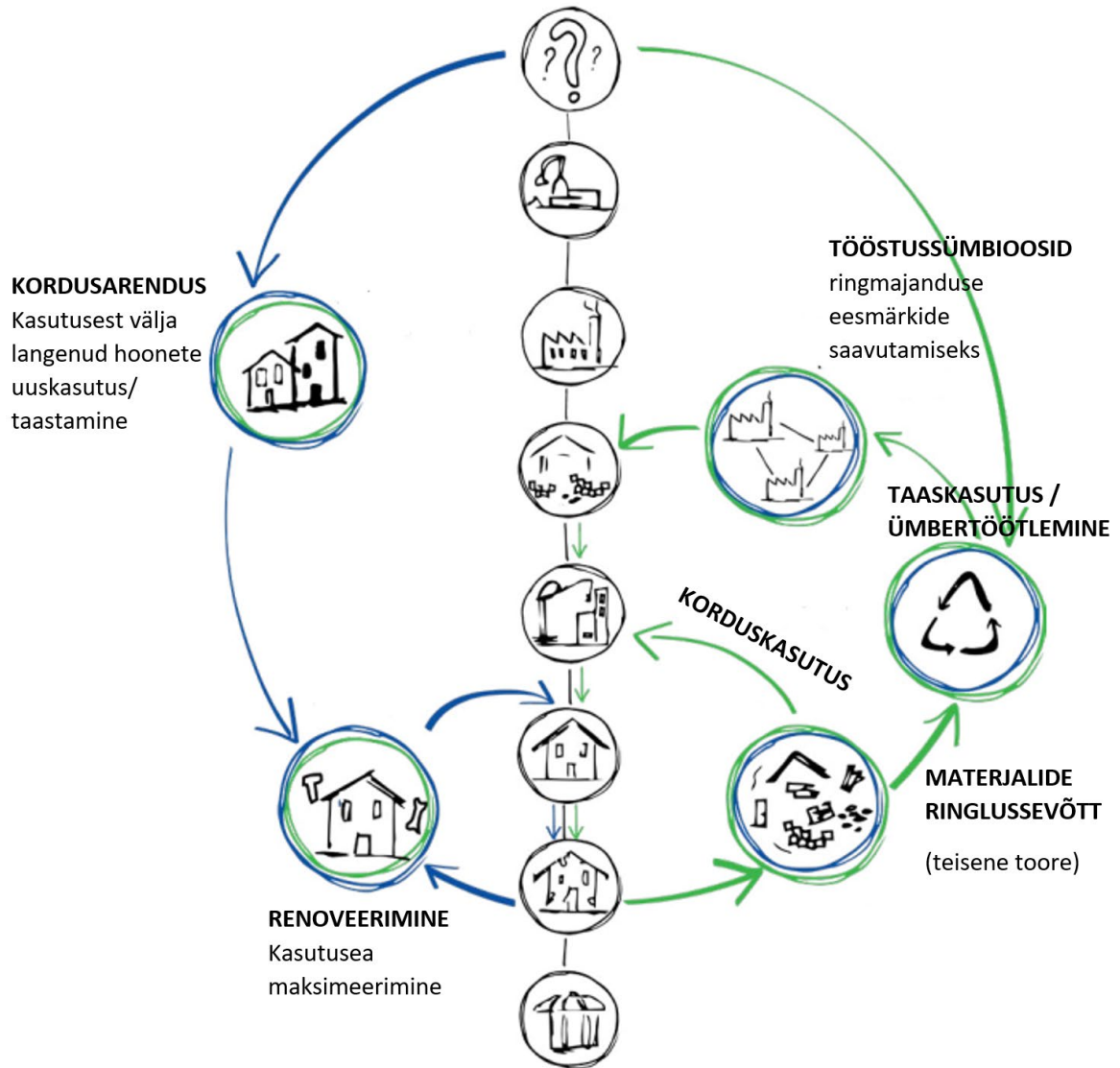
Mõlema projekti analüüsi tulemusena saab üldistada, et Tartu linn on kavandanud ja läbi viinud hanked tavapärasel nõuetele vastaval viisil, järgides hangete seadusandlusest tulenevaid reegleid ja küsides nõutavad dokumendid ja kinnitused. Ainsa hindamiskriteeriumina on määratud (madalaim) maksumus, mis ei pruugi olla halb, kui hangitava teenuse sisu oleks põhjalikult kirjeldatud. Ehitus- ja lammutushangete (s.h. rekonstrueerimine) tarvis võiks edaspidi koostada detailse tehnilise kirjelduse (praegu täitis seda rolli ehitus- või lammutusprojekt), mis sisaldaks muuhulgas:

- Viiteid konkreetsetele alusdokumentidele koos väljaandja, nimetuse ja kehtivuse kuupäevaga (s.h. dokumendid, mis seadusandlusest ei tulene, nt RT 69-11183 „Jäätmehooldus ehituses“ või muu asjakohane uuem dokument)
- Konkreetne loend ehitus- ja lammutusjäätmetest, mis tuleb tekkekohal liigiti koguda (eraldi). Selle koostamisel võib lähtuda nii [Jäätmenimistust](#), Juhendkaardist RT 69-11183, linna enda õigusaktidest, jäätmekäitlejate soovistest jne
- Nõuded jäätmekäitlusele, mis võimaldavad eelistatavuse järjekorras (vastavalt jäätmehierarhiale):
  - Korduskasutus (ei ole jäätmekäitlustoiming)
  - Korduskasutuseks ettevalmistus
  - Ringlussevõtt
  - Taaskasutus
  - Lõppladestamine
- KOV-i pakutavaid võimalikke ringseid lahendusi ja järgmisi kasutuskohti materjalidele ja ehitustoodetele eelmises punktis nimetatud hierarhia alusel

KOV seisukohalt tuleb eristada kahte põhimõtteliselt erinevat hangete olukorda – KOV enda hanked enda omanduses olevate ehitistega ning muud hanked, kus KOV-il on seadusest tulenev kooskõlastamise ning ehitusjärelvalve funktsioon. Senisest erinevat materjalide ringlusel põhinevat mõtteviisi ja eeskujuna on hõlpsam alustada KOV enda hangete puhul, mida osaliselt on Tartu linn käesoleva projekti raames juba teinud, nt. Jäätmehoolduseeskirja uuendamine, ringse materjalikasutuse demoobjektid rattapaviljonide näitel, KOV-i dokumentide ja sisemise töökorralduse analüüs, teavituskampaaniad jne. Euroopas on viimase kümnendi jooksul eeskujuna võtta rida erinevaid näiteid, kus KOV on ringse ehitamise põhimõtteid edukalt rakendanud, nt [Public authority guidelines of sustainable construction](#), koostaja ARC+ [19]. Nimetatud dokumendis esitatud põhimõtted on täiendatud ja kohandatud TalTech poolse soovitusena rakendamiseks Tartu linnale. Juhismaterjalid toodud suunised on suunatud eelkõige kohalikele omavalitsustele, sest lisaks võimalusele avalikus sektoris innovaatilisi lahendusi piloteerida ja demonstreerida, saavad nad mõjutada ka eraarendusi. Juhised keskenduvad ennekõike materjaliringluse soodustamisele ja ressursitõhususe laiemale käsitlemisele. Viidatud aruanne ei käsitle ainult raiskamise ärahoidmist,

vaid vaatleb ringmajanduse potentsiaali ehitatud keskkonna väärtusahelas tervikuna. Juhises on käsitletud:

1. **KESTLIK EHITUS:** jalajälg, konkurentsivõime, jäätmeteke, kestliku ehituse mõiste, kestlikus ehituses rakenduvad **ringmajanduse printsiibid**;
2. **KESTLIKU EHITUSE PRAKTILISED NÄITED:** kestliku ehituse strateegiate näited, teadlikkuse kasvatamise näited, osapoolte kaasamine & koosehitus, teadus- ja arenduskoostööd, erasektori tugi, poliitika ja regulatsioon, hanked.
3. **JUHISED VÄÄRTUSAHELA PROTSSESSIDES:** projekteerimise etapp, tootmise etapp, ehitamise etapp, kasutusetapp, kasutusest kõrvaldamise ja jäätmekäitluse etapp.



Joonis 6. Kestliku ehituse skemaatiline esitlus ARC+ juhises [19] (kohandatud ja tõlgitud)

Tabel 2. Ringmajanduse põhimõtted ehituse väärtusahelas kohalikule omavalitsusele - TalTech soovitusel rakendamiseks tulevikus Tartu linna korraldatavates ringse ehitamise, lammutamise ja renoveerimise hangetes [19] (tõlgitud ja kohandatud ning täiendatud eeltööde ja osas)

Etapp	Ringse ehitamise võtmeteemad	KOV võimalused mõjutada
Eeltööd, lähteülesanne	Olemasoleva info ja olukorra kaardistamine	Teavitust, info kodulehel, üleskutsed
	Dokumentide kaardistamine ja tööle vastavus	
	Hoone seisukorra hindamine	Projekteerimis-tingimuste väljastamisel
	Lammutuseelne visuaalne ülevaatus, uurimisvajaduse täpsustamine	Näidisobjektid KOV-le kuuluvatel hoonetel.
	Lammutuseelne auditeerimine, ekspertiisid	
	Taotletud tingimuste üle- ja/või ümbermõtestamine	
Projekteerimine	Dekonstrueerimisest lähtuv projekteerimine ( <i>Design for deconstruction DfD</i> )	Projekteerimis-tingimuste väljastamisel
	Funktsionaalselt kohanev/paindlik projekteerimine ( <i>Design for adaptability and flexibility</i> )	Näidisobjektid KOV-le kuuluvatel hoonetel.
	Projekteerimine standardlahendustega (nt tüüpsõlmed)	
	Projekteeritud lahendused minimaalse jäätmetekkega	
	Modulaarsuse projekteerimine	
	Korduskasutusnõude sätestamine projekteerimistingimustes	
	Ringlussevõtu nõude sätestamine projekteerimistingimustest	
Tootmine ja tarne	Ökodesaini põhimõtted	Projekteerimis-tingimuste väljastamisel.
	Kasuta vähem materjale / optimeeri materjalikasutust	
	Kasuta vähem ohtlikke materjale	
	Suurenda kestvust/toote eluiga	Näidisobjektid KOV-le kuuluvatel hoonetel.
	Toodete lahtimonteerimist/parandamist võimaldav disain	
	Toodete universaalsadisaini põhimõtted	
	Teisese toorme kasutamine materjalide tootmisel	
	Toodete garantiiprogrammid ja tootjavastutus	
	Pöördlogistika rakendamine	
Ehitamine	Ehitamise käigus raiskamise ja ülejääkide vältimine	Näidisobjektid KOV-le kuuluvatel hoonetel.
	Ehitamise käigus jäätmete liigiti kogumine (ja hoidmine)	
	Korduskasutatud/taaskasutatud materjalide kasutamine ehituses	Ehitusjärelvalve
	Tehaseline kontrollitud tootmine	
Kasutus	Asjakohane haldus/hooldamine, vigade ennetus	Projekteerimis-tingimuste väljastamine, järelvalve ja menetlused loostamistel
	Kestlike ehitustoodete valik, mis hoiab ära asendusi ja ennetab remonte	
	Vähese hooldust/sekkumist nõudvad lahendused	
	Lihtsad remonttööd (standardtooted ja parandatavad elemendid)	
Kohan	Funktsionaalne kohandatavus (hoone tervikuna uude kasutusse)	Projekteerimis-tingimuste väljastamisel.
	Ruumide ümberpaigutatavus (hoone samas funktsioonis kohandatav)	
Eluea lõpp	Lammutamine, jäätmete liigiti kogumine	Projekteerimis-tingimuste väljastamisel.
	Selektiivne demontaaž	
	Toodete/elementide korduskasutus ja nende kasutamine demoobjektidel	Näidisobjektid KOV-le kuuluvatel ehitistel (rattapaviljonide näide)
	Suletud taaskasutus (oluliste kadudeta ümbertöötlemise tsükkel)	
	Avatud taaskasutus	
	Andmehaldus (NB! kõik etapid)	IT süsteemide arendus, digitaalse ja füüsiliste materjalipankade kontseptsioon, ehitustoodete klassifitseerimine, digikaksik, hoonete ja selle osade monitooring

## 6. Täitematerjalide asendamine ja püsivus

Tallinna Tehnikaülikooli ehitusmaterjalide teadus- ja katselaborisse toodi katsetamiseks nelja erinevat täitematerjali hindamiseks nendest betooni valmistamise võimalusi. Täitematerjalid pärinevad Marico Holding OÜ, Londi, 68103 Valga maakond sorteerimisjaama territooriumilt. Proovivõtu teostasid Simo Ilomets (TalTech), Tanel Tuisk (TalTech) koos Marico Holding OÜ esindajaga. Sorteerimisjaama territooriumilt võeti proov neljast erinevast kuhilast:

- Paekivi killustikuga täitematerjal # 16-64 mm (paekivibetoon jäme)
- Paekivi killustikuga täitematerjal # 0-16 mm (paekivibetoon peen)
- Tardkivi killustikuga täitematerjal # 0-64 mm (graniitbetoon)
- Segamaterjalidest täitematerjal # 0-64 mm (segatäitematerjal), mis sisaldas erinevaid materjale – klaasi, tekstiili, puitu, polüstürooli, keraamilisi plaate, kilet, paberit jne.

Laboris määrati killustike omadused vastavalt kehtivatele täitematerjalide standarditele. Seejärel valmistati betoonid erinevate täitematerjalide osahulkadega ja määrati betoonide tugevus- ja külmakindluse näitajad.

Paekivibetoon  
jäme



Paekivibetoon  
peen



Graniitbetoon



Segatäitematerjal



Foto 12. Katsetatavad taaskasutatud täitematerjalid

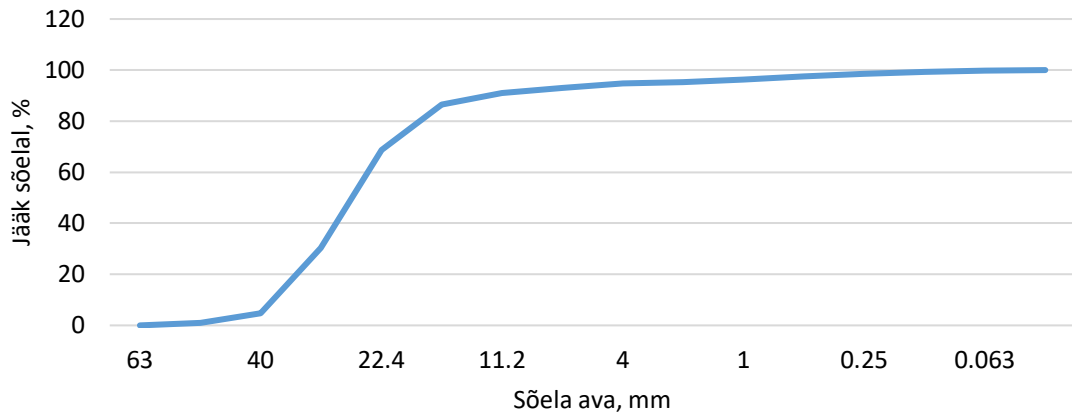
Täitematerjalide terastikulised koostised määrati EVS-EN 933-1, puistetihedus EVS-EN 1097-3, huumus EVS-EN 1744-1 p.15.1, purunemiskindlus (Los Angelese tegur) EVS-EN 1097-2, terade tihedus ja veeimavus EVS-EN 1097-6 ning külmakindlus EVS-EN 1367-1 nõuete kohaselt.

Tabel 3 on esitatud taaskasutatud täitematerjalide fraktsioonilised koostised ja joonisel 1 kogujäägid.

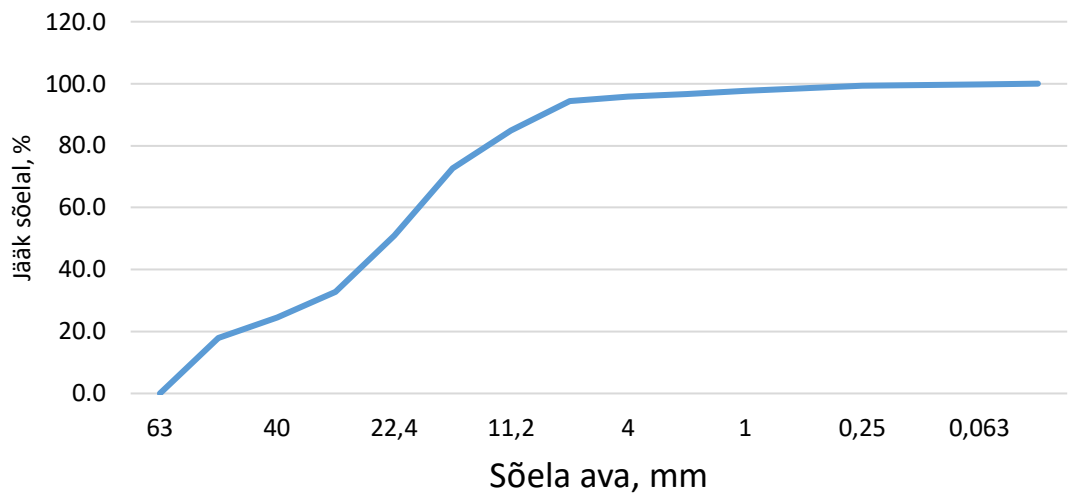
Tabel 3. Täitematerjalide fraktsioonilised koostised

Sõela ava	Jääk sõelal, %		
	Paekivibetoon jäme	Paekivibetoon peen	Graniitbetoon
63	0,0	0,0	0,0
50	1,1	1,9	18,0
32	3,6	5,4	6,5
22,4	25,5	2,6	8,2
16	38,4	6,2	18,3
11,2	17,9	15,3	21,6
8	4,5	10,2	12,2
5,6	2,1	7,9	9,6
4	1,7	6,2	1,5
2	0,6	8,9	0,8
1	0,9	8,8	0,9
0,5	1,2	10,1	0,9
0,25	1,1	10,3	0,8
0,125	0,8	5,2	0,2
0,063	0,4	0,7	0,2
< 0,063	0,2	0,3	0,3

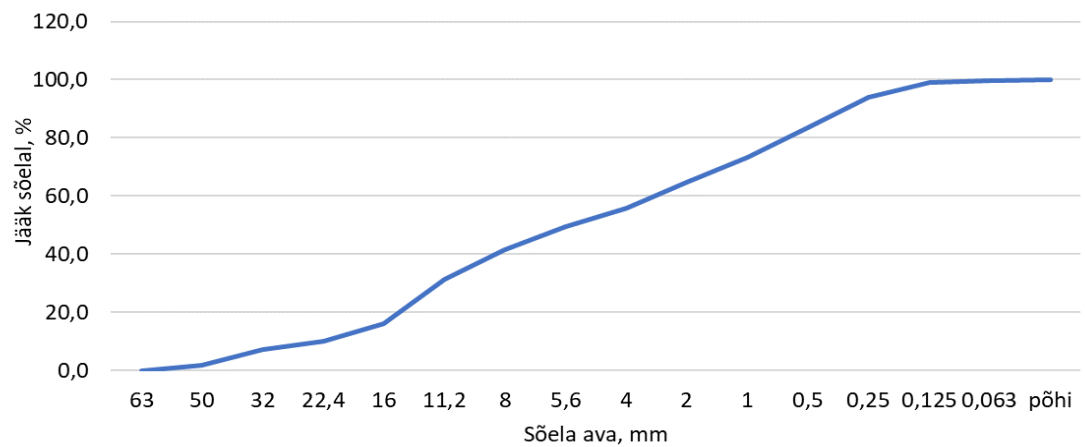




Joonis 7. Purustatud paekivibetooni jämefraktsiooni sõelkõver



Joonis 8. Purustatud graniitbetooni sõelkõver



Joonis 9. Purustatud paekivibetooni peenfraktsiooni sõelkõver

Tabel 4. Täitematerjalide omadused

Täitematerjal	Puiste- tihedus kg/m <sup>3</sup>	Huumus (orgaanika)	Külma- kindlus pärast 10 ts., %	LA	Vee- imavus %	Terade tihedus, Mg/m <sup>3</sup>		
						ρ <sub>a</sub>	ρ <sub>rd</sub>	ρ <sub>ssd</sub>
Paekivibeton jäme	1120	Rahuldav	(8/16) 11,5	38,0	5,7	2,57	2,24	2,37
Paekivibeton peen	1150	Rahuldav	(4/8) 16,7 (8/16) 17,6	41,5	6,1	2,55	2,21	2,34
Graniitbetoon	1200	Rahuldav	(8/16) 5,3	29,6	4,2	2,54	2,30	2,39
Paekivikillustik	1380	Rahuldav	2,2	30,0	2,4	2,69	2,61	2,64

Võrreldes tavalise paekivikillustikuga on katsetatud taaskasutatud täitematerjalide puistetihood väiksemad. Kulumiskindlus Los Angelese teguri kaudu graniitbetoonil on samas suurusjärgus kui paekivikillustikul, paekivibetonidel vastav näitaja suureneb ca 10 ühiku võrra. Samuti suureneb veeimavus ca 2,5 korda. Oluliselt väiksem on taaskasutatud materjalidest killustike külmaskindlus – massikadu suureneb võrreldes paekivikillustikuga 2...8 korda.

Betoonide valmistamiseks paekivibeton jäme, paekivibeton peen, graniitbetoon ja segatäitematerjal purustati laboratoorses lõugpurustis fraktsiooniks 0/32 ja sõeluti fraktsioonideks 0/4, 4/16, 16/32. Saadud esmasest toormest valmistatud täitematerjalidega asendati betooni valmistamisel osaliselt jämetäitematerjal või jäme- ja peentäitematerjal. Laboratoorselt purustatud täitematerjalidest koostati betoonile sobilik terastikuline koostis, korrigeeriti purustatud killustiku terastikulist koostist. Lisaks valmistati võrdluseks etalonbetoon. Betoonide valmistamisel kasutati portland-komposiitsemi CEM II/A-M (T-L) 42,5 R (320 kg/m<sup>3</sup>), paekivikillustikku 4/16 ja kvartsi liiva. Tabel 5 on esitatud valmistatud betoonide koostised ja tabelis 4 valmistatud betoonisegude omadused. Betoonid valmistati võrdse töödeldavusega ja värsket betoonisegu omadused määrati EVS-EN 12350 ja kivistatud betoon katsetati 12390 nõuete kohaselt. Kõigi valmistatud betoonide valupinnad välimusest tavabetoonidest ei erinenud.

Tabel 5. Betoonide tähistused ja koostised

Betooni tähis	Paekivi 4/16	Liiv	Vastav katsetatav killustik	
			Jäme 4/16+16/32	Peen 0/4
Etalon	100%	100%	-	-
Paekivibeton jäme 50:100	50%	100%	50%	-
Paekivibeton jäme 50:50	50%	50%	50%	50%
Paekivibeton peen 50:50	50%	50%	50%	50%
Graniitbetoon 50:50	50%	50%	50%	50%
Segatäitematerjal 50:50	50%	50%	50%	50%

Tabel 6. Värske betoonisegu omadused

Sideaine	Vesi/ tsement tegur	Värske betoonisegu		
		Tihedus, kg/m <sup>3</sup>	Koonuse vajumine, cm	Õhusisaldus, %
Etalon	0,68	2340	7,0	2,2

Paekivibetoon jäme 50:100	0,69	2270	6,0	2,6
Paekivibetoon jäme 50:50	0,77	2210	6,5	2,9
Paekivibetoon peen 50:50	0,80	2210	6,5	2,8
Graniitbetoon 50:50	0,68	2260	6,0	2,4
Segatäitematerjal 50:50	1,04	2040	6,0	3,5

Betoonisegu tihedus vähenes taaskasutatud täitematerjalide kasutamise (väiksem puistetihedus, vt. Tabel 4) ja betooni veevajaduse suurenemisega. Betooni veevajaduse tõusu põhjuseks on kasutatud täitematerjalide suurem veeimavus (vt. Tabel 4). Nende materjalide kasutamine täitematerjalina betooni õhusisaldust oluliselt ei mõjutanud.

Survetugevus ja mõõtmed määrati EVS-EN 12390-3 ja tihedus vees immutatud olekus EVS-EN 12390-7 nõuete kohaselt 28 päevaselt. Kivistati betooni 1 ööpäev vormis ja 27 päeva kuni katsetamiseni vees temperatuuril  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ .

Tabel 7. Betoonide 28 päevane survetugevus

Tähis	Mõõtmed, mm			A, cm <sup>2</sup>	Mass, kg	Näiv-tihedus kg/m <sup>3</sup>	F, kN	Survetugevus, N/mm <sup>2</sup>	
	a	b	h					üksik	keskm
Etalon	100,0	100,5	100,0	100,5	2,361	2350	438	43,6	<b>43,7</b>
	100,0	100,5	100,0	100,5	2,361	2350	437	43,5	
	100,0	100,5	100,0	100,5	2,366	2350	441	43,9	
Paekivi- betoon jäme 50:100	100,0	99,0	100,0	99,0	2,276	2300	437	44,1	<b>42,4</b>
	100,0	100,0	100,0	100,0	2,302	2300	411	41,1	
	100,0	100,0	100,0	100,0	2,295	2300	419	41,9	
Paekivi- betoon jäme 50:50	100,0	98,0	99,5	98,0	2,184	2240	358	36,5	<b>35,7</b>
	99,5	100,0	99,5	99,5	2,210	2230	349	35,1	
	100,0	100,0	99,5	100,0	2,234	2250	355	35,5	
Paekivi- betoon peen 50:50	99,0	100,0	100,0	99,0	2,230	2250	322	32,5	<b>31,9</b>
	100,0	100,5	100,0	100,5	2,239	2230	322	32,0	
	99,0	100,0	100,0	99,0	2,212	2230	310	31,3	
Graniit- betoon 50:50	100,0	100,0	100,0	100,0	2,280	2280	471	47,1	<b>47,9</b>
	100,0	98,0	100,0	98,0	2,247	2290	478	48,8	
	100,0	99,0	100,0	99,0	2,258	2280	473	47,8	
Sega- täitematerjal 50:50	100,0	100,5	100,0	100,5	2,084	2070	111	11,0	<b>10,9</b>
	100,0	99,0	100,0	99,0	2,036	2060	107	10,8	
	100,0	100,0	100,0	100,0	2,064	2060	108	10,8	

Paekivikillustiku asendamisel taaskasutatud täitematerjaliga on näha, et kui asendada ainult jämetäitematerjal paekivibetooniga 50% ulatuses, siis survetugevus oluliselt ei lange. Küll aga langeb survetugevus märgatavalt (18...27% võrra võrreldes etalonbetooniga), kui asendatakse nii jäme- kui peenfraktsioon.

Taaskasutatud graniitbetooni lisamisel survetugevus tõuseb ca 4 MPa võrra.

Segatäitematerjali kasutamisel täitematerjalina betooni survetugevus langeb ca 4 korda, mida võis ka erinevate materjalide (klaas, tekstiil, paber, puit jne) kooslusest eeldada. Üllatuslikult oli 1 päeva vanuses segatäitematerjaliga betoon piisavalt kivilinenud, et sai probleemivabalt vormist lahti rakestada.

Betoonide külmakindlused määrati valikuliselt nelja koostisega betooniga. Betoonide külmakindluse katsed teostati EVS 814:2020 kohaselt. Katsekehade külmutamine ja sulatamine toimus standardis etteantud režiimi kohaselt õhu sundtsirkulatsiooniga kliimakambris.

Külmutusaineks katsetataval pinnal oli 3 mm paksune destilleeritud vee kiht. Ühe külmutus-sulatustsükli kestuseks 24 tundi. 7, 14, 28, 42 ja 56 tsükli arvu järel määrati igal katsekehal massikadu ja arutati murenenud materjali summaarne kogus  $\Sigma M$  (g) ning summaarne massikadu pinnaühiku kohta –  $\Sigma S$  (kg/m<sup>2</sup>). Tabel 7 on antud nelja katsekeha keskmine massikadu pinnaühiku kohta. Seeria (4 kuupi) tulemused ühtisid kõigil katsetatud betoonidel. Betoonide valmistamisel õhku manustavaid lisandeid ei lisatud.

Tabel 8. Betoonide külmakindlused koorumiskao meetodil EVS 814:2020 järgi

Betooni tähis	Katsekehade keskmine massikadu $\Sigma S$ , pärast				
	7	14	28	42	56
külmutustsükli, kg/m <sup>2</sup>					
Etalonbetoon	0,03	0,04	0,07	0,09	<b>0,10</b>
Paekivi jäme 50:100	0,01	0,03	0,06	0,07	<b>0,08</b>
Paekivi jäme 50:50	0,00	0,00	0,01	0,02	<b>0,02</b>
Paekivi peen 50:50	0,01	0,01	0,02	0,02	<b>0,02</b>

Betoonkatsekehad 150x150x150 mm kivistumas enne seibideks lõikamist



Betoonide katsepinnad pärast 56 tsükli läbimist destilleeritud veega EVS 814:2020 kohaselt

1. Etalonbetoon



2. Paekivi jäme 50:100



3. Paekivi jäme 50:50

4. Paekivi peen 50:50



Kuigi taaskasutatud täitematerjalide keskmine massikadu (5,3...17,6%, vt tabel 2) külmakindluskatsel EVS-EN 1367-1 järgi oli kuni 8 korda kehvem kui paekivikillustiku vastav näitaja (2,2%), näitasid betooni külmakindluse katsed väga häid tulemusi. Kõige kehvem oli etalonbetooni tulemus (0,10 kg/m<sup>2</sup>, vt. Tabel 8). Kõigi taaskasutatud täitematerjaliga valmistatud betoonide koostiste juures on massikadu väiksem ehk külmakindlus parem võrreldes etalonbetooniga. Kui täitematerjalis nii jäme kui ka peenfraktsiooni (liiva) asendamine põhjustas survetugevuse langust (Tabel 7), siis külmakindlus vastupidi paranes. Kõik katsetatud betoonid rahuldavad EVS 814:2020 keskkonnaklasside XF1 ja XF3 nõudeid külmakindlusklassidele KK1-50 ( $S_{56} \leq 0,50$  kg/m<sup>2</sup>), KK1-100 ( $S_{56} \leq 0,20$  kg/m<sup>2</sup>), KK3-50 ( $S_{56} \leq 0,20$  kg/m<sup>2</sup>) ja KK3-100 ( $S_{56} \leq 0,10$  kg/m<sup>2</sup>).

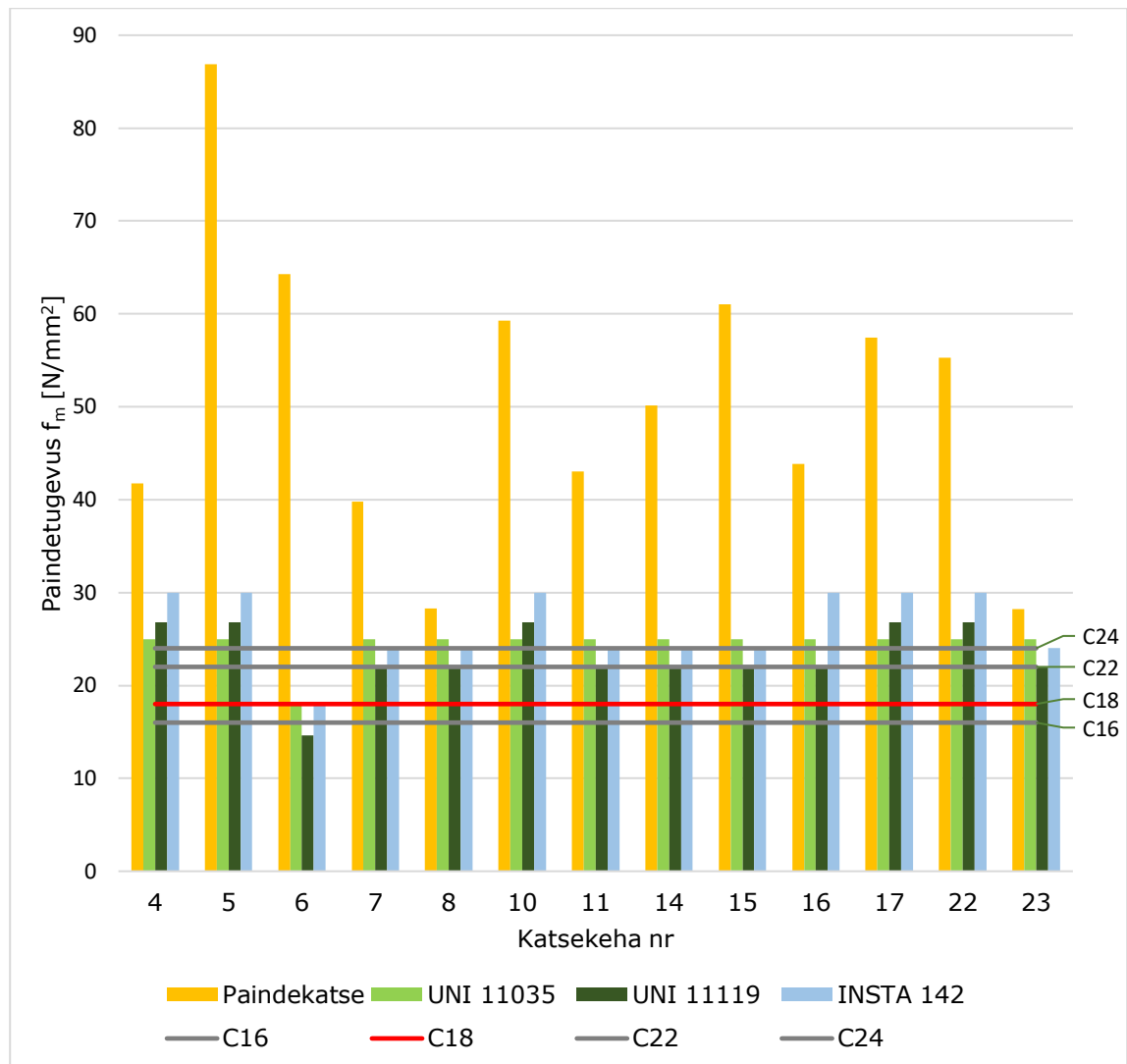
Kokkuvõtvalt saab nentida, et tarnitud kolm täitematerjali (paekivibetoon jäme, paekivibetoon peen ja graniitbetoon) olid hea kvaliteediga, ei sisaldanud muude materjalide osiseid peale purustatud betooni. See kajastub ka nende materjalidega valmistatud betoonide tulemustes. Betooni 28 päevastest survetugevustest lähtuvalt on soovitatav asendada taaskasutatud täitematerjaliga kuni 50% traditsioonilise täitematerjali jämedama fraktsiooni (>4 mm) hulgast. Asendades betooni täitematerjalist nii jäme (>4 mm) kui liiva (<4 mm), tuleb arvestada survetugevuse kaoga. Katsetatud taaskasutatud täitematerjalid betooni külmakindlusele kahjulikku mõju ei avaldanud.

Uuringul saadud tulemused kehtivad ainult nende konkreetsete katsetatud materjalide kohta. Arvestades taaskasutatavate killustike suurt varieeruvust, tuleks toodangu muutumisel teostada kontrollkatsed täitematerjalide omaduste kohta. Kasutada tuleks ainult puhtaid purustatud betoone, mis ei sisalda muid materjale (orgaanikat, klaasi, keraamilisi plaate jm).

Kokkuvõtvalt võib järeldada, et mineraalsete täitematerjalidega saadud esmased tulemused, samuti teisest toormest valmistatud betoonide esmased tulemused annavad alust mõõdukaks optimismiks. Saadud tulemused kinnitavad ühtivad üldjoonetes teiste sarnaste katseliste uuringute tulemustega teisest toormest ehitusmaterjalidega. Erinevaid osiseid sisaldavast segatäitematerjalist nõuetele vastavalt betooni teha ei õnnestu, mistõttu on selle kõrgema lisandväärtusega ringlussevõtt piiratud ning tuleks proovida leida võimalusi seda tüüpi jäätmete teket vähendada või vältida.

## 7. Vana puidu laboratoorsete katsete tulemused

Käesoleva uurimisprojekti raames hinnati lammutatud hoonest saadud 100x100 mm puitprusside tugevust visuaalselt vastavalt standarditele UNI 11119 [4], UNI 11035 [5] ja INSTA 142 [6] ning võrreldi saadud tulemusi purustavate paindekatsete tulemustega TalTech ehituskonstruksioonide laboris. Kõikidel juhtudel ületas katsetulemus visuaalse hindamise teel saadud väärtust ning kordagi ei saadud katsetulemust alla 18 N/mm<sup>2</sup> ehk tugevust, mis vastab klassile C18. Põhjalikumad tulemused on publitseeritud M. Kauniste magistritöös (inglise keeles) [20] ning teadusartiklis [21].



Joonis 10. Vana puidu paindekatsete tulemused TalTech ehituskonstruksioonide laboris ning tulemuste võrdlus erinevate teiste riikide meetoditega.

## 8. Kasutatud kirjandus

- [1] Statistikaamet, 'Statistikaamet'. [Online]. Available: <https://www.stat.ee/>
- [2] Keskkonnaministeerium, 'Tableau: Avalikud\_päringud\_2020-2022'. [Online]. Available: [https://tableau.envir.ee/views/Avalikud\\_pringud\\_2020-2022/Riigitasand?%3Aembed=y&%3Aiid=4&%3AisGuestRedirectFromVizportal=y](https://tableau.envir.ee/views/Avalikud_pringud_2020-2022/Riigitasand?%3Aembed=y&%3Aiid=4&%3AisGuestRedirectFromVizportal=y)
- [3] MKM, RT I, 05.07.2023, 284, 'Ehitusmaterjalidele ja -toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord', Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 49, 2013. [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/105072023284>
- [4] 'UNI 11119:2004. Cultural heritage - Wooden artefacts - Load-bearing structures - On site inspections for the diagnosis of timber members. UNI (2004)'.  
[5] 'UNI 11035-2:2010 - Structural timber. Visual strength grading for structural timbers. UNI (2010)'.  
[6] 'mSVENSK STANDARD Träkonstruktioner - Konstruktionsvirke - Nordiskt T-och LT - virke - Visuella sorteringsklasser enligt INSTA 142 Nordic visual strength grading rules for timber (INSTA 142). SIS (2010). Retrieved from [www.sis.se](http://www.sis.se)'.
- [7] '„prNS 3691-3 Evaluering av returtre – Del 3: Visuell styrkesortering,“ Standard Norge, 2023'.
- [8] '<https://cordis.europa.eu/project/id/821033>'.
- [9] '<https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/news/fcrbe-guides-extraction/>'.
- [10] '[https://archiv.llv.li/files/au/pf-llv-au-umsetzungskonzept\\_recyclingbaustoffe\\_juni2010\\_endversion.pdf](https://archiv.llv.li/files/au/pf-llv-au-umsetzungskonzept_recyclingbaustoffe_juni2010_endversion.pdf)'.
- [11] I. Kovacic, M. Honic, and H. Rechberger, 'Proof of Concept for a BIM-Based Material Passport', in *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering*, I. Mutis and T. Hartmann, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 741–747. doi: 10.1007/978-3-030-00220-6\_89.
- [12] M. Honic, I. Kovacic, and H. Rechberger, 'Concept for a BIM-based Material Passport for buildings', *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 225, no. 1, p. 012073, Jan. 2019, doi: 10.1088/1755-1315/225/1/012073.
- [13] I. Atta, E. S. Bakhoun, and M. M. Marzouk, 'Digitizing material passport for sustainable construction projects using BIM', *Journal of Building Engineering*, vol. 43, p. 103233, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.jobbe.2021.103233.
- [14] M. Honic, I. Kovacic, and H. Rechberger, 'BIM-Based Material Passport (MP) as an Optimization Tool for Increasing the Recyclability of Buildings', *Applied Mechanics and Materials*, vol. 887, pp. 327–334, 2019, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.887.327.
- [15] Keskkonnaamet, 'Jäätmed'. [Online]. Available: <https://keskkonnaamet.ee/keskkonnakasutus-keskkonnatasu/jaatmed>
- [16] Riigikogu, *Ehitusseadustik, RT I, 21.12.2019, 5*. 2015.

- [17] European Commission. Joint Research Centre., *Techno-economic and environmental assessment of construction and demolition waste management in the European Union: status quo and prospective potential*. LU: Publications Office, 2023. Accessed: May 24, 2024. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/721895>
- [18] I. Bejtka and H. J. Blaß, 'Self-tapping screws as reinforcements in connections with dowel-type fasteners', [Online]. Available: <https://holz.vaka.kit.edu/public/43.pdf>
- [19] '2019\_ACR\_Sustainable\_construction\_guidelines\_for\_public\_authorities.pdf'. Accessed: Apr. 29, 2024. [Online]. Available: [https://www.acrplus.org/images/technical-reports/2019\\_ACR\\_Sustainable\\_construction\\_guidelines\\_for\\_public\\_authorities.pdf](https://www.acrplus.org/images/technical-reports/2019_ACR_Sustainable_construction_guidelines_for_public_authorities.pdf)
- [20] M. Kauniste, 'ASSESSMENT OF STRENGTH AND STIFFNESS PROPERTIES OF AGED STRUCTURAL TIMBER'. [Online]. Available: <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/24efbe0d-5c02-4ee9-a5ef-d2068b6476d6>
- [21] M. Kauniste, A. Just, E. Tuhkanen, and T. Kalamees, 'Assessment on Strength and Stiffness Properties of Aged Structural Timber', *sace*, vol. 34, no. 1, pp. 62–74, Feb. 2024, doi: 10.5755/j01.sace.34.1.35534.