

TAL TECH

TEM-TA143 "EHITUSMAAVARAD JA MINERAALSED JÄÄTMED: KESTLIKU KAEVANDAMISE NING RINGSE VÄÄRINDAMISE VÕIMALUSED EESTIS"

Erik Väli, vanemlektor
Geoloogia instituut

Simo Ilomets, vanemlektor, programmijuht
Ehituse ja arhitektuuri instituut
14.10.2025



ETAG TEM-TA 143



PROJEKTI PEAMISED EESMÄRGID

- Leida uusi lahendusi ehitusmaterjalide kestlikumaks kaevandamiseks, primaartoormete parimaks väärindamiseks ja pinnasejääkide tekke vähendamiseks.
- Selgitada mineraalsete sekundaartoormete erinevaid kasutusvõimalusi.
- Panustada alternatiivsete, kohalikel toormetel põhinevate madala süsinikuheitmega ehitusmaterjalide väljatöötamisse.

PROJEKTI SISU

- Uuritakse olulisemaid Eesti mineraalsete toormete leiukohti ja sekundaartoormete tekkekohti, nende geoloogilisi ja mäenduslikke tingimusi ja kivimite mehaanilisi omadusi. Valitakse välja perspektiivsed näidisobjektid.
- Katsetatakse erinevaid karbonaatkivimite selektiivse väljamise meetodeid (näit. freeskombain, elektriline löökvasar jt.), selgitatakse välja nende efektiivsus ja raimatud materjali kvaliteet võrreldes PLT-ga.
- Analüüsitakse erinevaid meetodeid järgides ESG (Environmental, Social, Governance) põhimõtteid.
- Analüüsitakse vanade põlevkivi aheraine ladestuste ja mineraalsete lammutusjäätmete omadusi ja nõuetele vastavust erinevates kasutuskohdades
- Uuritakse savi jt. ringsete toormete esinemist ja ehituslikke omadusi ning kooskasutuse võimalusi bio- ja antropogeensete materjalidega.

OODATAVAD TULEMUSED

1. Töösturite poolt positiivseks hinnatud uued selektiivse väljamise ja väärindamise tehnoloogiad, mis võimaldavad kasutusse võtta madalama kvaliteediga (heterogeenseid) või muude piirangutega ehituskivi varusid.
2. Loodud on andmehaldusplatvormi SARV laiendus, kuhu koondub ametlik info maavarade registrist koos akadeemilise infoga, sh projekti TEM-TA143 tulemused ja dokumentatsiooni kuvamine.
3. On uuritud ja katsetatud mineraalsete lammutusjäätmelte sobivus (betoonid, silikaatkivid jt.) uute ehitusmaterjalide (betoon, mördid jt.) tootmiseks.
4. On loodud ja testitud kodumaise savi baasil koos bio- ja antropogeensete materjalidega loodud materjale, et laiendada tulevikus ehitusmaterjalide tootmist ning vähendada nende tootmise ja kasutuse jalajälge.

EKSPERTKOMISJONI VAHEARUANDE JÄRGSED SOOVITUSED: PROJEKTI TÄITMISEL TULEB SILMAS PIDADA JÄRGMISI TULEMUSMÕÕDIKUID:

- **Teaduspublikatsioonid** – regulaarse teadusartiklite avaldamisega tuleb tagada projekti teaduslik mõju ja nähtavus.
- **Doktorandid** – kõik doktorandid peaksid õpingud lõpetama nominaalajaga, saades selleks vajaliku juhendamise ja toe. Doktorantide töö peaks olema jälgitav ja seotud projekti eesmärkidega.
- **Ettevõtluslepingute arv ja maht** – tuleb teha konkreetseid samme ettevõtluskoostöö loomisel ja arendamisel. Tuleb sõlmida ettevõtluslepingud, mis aitavad arendada projekti tulemusi ja viia need turule.
- **Patendid** – projekti käigus tuleb luua uusi teadus- ja tehnoloogiaalaseid innovatsioone. Tuleb määratleda patendi taotlemise eesmärgid ja jälgida, et need saavutataks projekti jooksul (patendid on üks kõige olulisem indikaator projekti teadus- ja arendustegevuse väärtusest ning turupotentsiaalset).

PROJEKTI MÕÕDIKUD

Mõõdikute täitmine:

- * Publikatsioonid (ühe ekvivalendi täistööajaga töötaja kohta: 1 aastas): esimesed 2 tk ilmuvad kevad/suvi 2026 pärast proovide katsetamistööde tulemuste analüüsi
- * Ettevõtluskoostöö lepinguid on praeguseks sõlmitud juba neljast viis (4/5): AS Harku karjäär, OÜ Vao Paas, Nordkalk AS, Eesti Killustik OÜ, KKT OÜ.
- * Uusi doktorant-nooremteadureid on praeguseks värvatud juba kolmest neli (3/4): Geoloogia instituut 2,5; EAI 1,5
- TEM-TA143 teemapõhilisi täienduskoolituste programme on Kutsenõukogus kinnitatud neli ja koolitustel käijate arv ületab võetud eesmärgi - eesmärk 4/100, fakt 4/160.
- Korraldatud on 21-22.05.2025 Mäekonverents „Maavarade kestlik kaevandamine ja materjalide teisene kasutamine”. Konverentsi raames viisime läbi mäendusvaldkonna probleemide teemalisele küsitluse, mis on sisendiks projekti ESG põhimõtete haldamisele

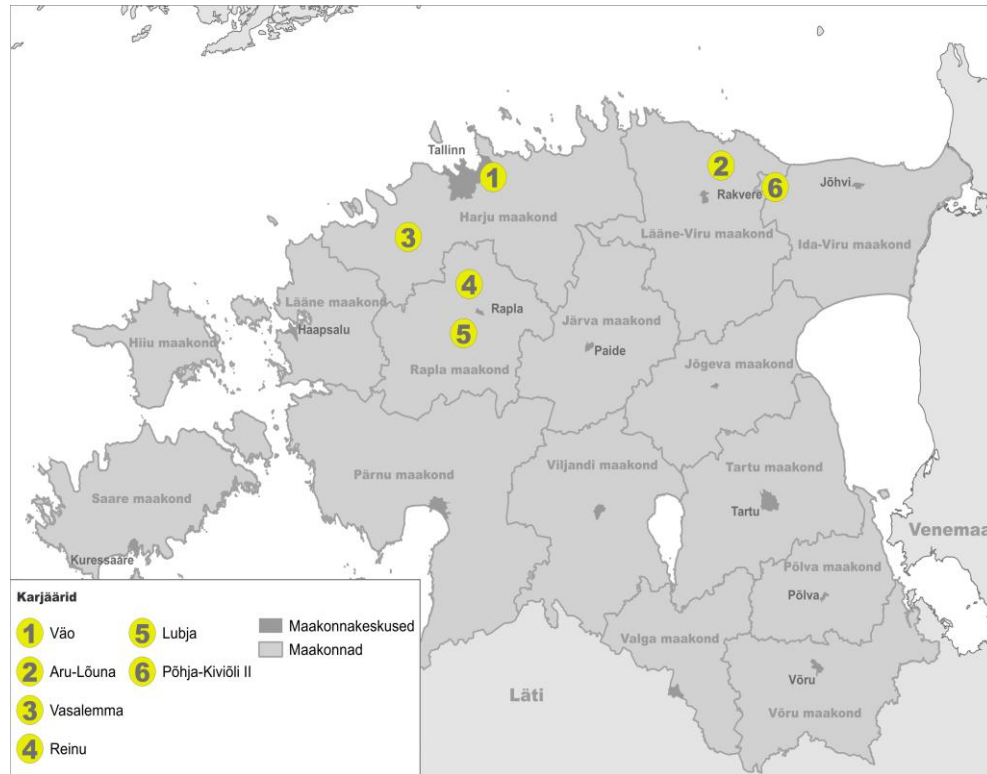
AJAKAVA 2024-2028

TEGEVUS	Q4/24	Q1/25	Q2/25	Q3/25	Q4/25	Q1/26	Q2/26	Q3/26	Q4/26	Q1/27	Q2/27	Q3/27	Q4/27	Q1/28	Q2/28
Projekti tarbeks võrgustiku ja pädevuste koondamine		✓													
Meetodite täpsustamine ja täiendavate partnerite kaasamine						if required									
Välitööd															
Lubja,- dolokivi proovide võtmine, freesimise kronometreerimine				✓											
Proovide ettevalmistamine katsetöödeks															
Magistritöö nr 1 valmimine															
Arvutusmodeli ja katsedööde tulemuste valideerimine						D1									
Magistritöö nr 2 valmimine															
Kivimite mehaaniliste omaduste klassifitseerimine						D2									
Artikkel nr 1 koostamine							D3								
Artikkel nr 2 koostamine							D4								
Olemasolevate tehnoloogiate (lõhkamine, hüdrovasar, rebimine)integreerimine järgmise põlvkonna tehnoloogiatesse(elektrilinelöökvasar, vertikaalne lööpurusti ja massiivi															
Täiustatud tehnoloogiate testimine															
Artikkel nr 3. Uute meetodite testimise tulemused												D5			
Artikkel 4 ja uenduste rakendatavuse hindamine koos partneritega															D6
Uute kaevandamistehnoloogiate juurutamine															
Soome Lekatec elektrivasara testimine															
Vertikaalse rootorpurusti (Haver-Böcker, RWTH või TUBAF)testimine															
Artikkel nr 5. Testimiste tulemused, analüüs, publitseerimine												D7			
Maavarade kaevandamise olukord ja probleemid Eestis															
Mäendusringkonna arvamusuuringu läbiviimine			✓												
Uute doktorantide värbamine ja integreerimine				✓											
Artikkel nr 6. Uuringundmete analüüs ja publitseerimine					D8										
Avalik sektor ja kaevandamine uuringud															
Kaevandamise sidusrühmade koostöövõimalused															
Artikkel nr.7. Uuringutulemuste analüüs ja publitseerimine							D9								
Artikkel 8. ESG põhimõtete juurutamine Eesti kaevandussektoris															
Tulemused, analüüs, publitseerimine												D10			
Valikuline: äriplaani väljatöötamine ja rakendamise vüimalused															
Valikuline: toode/patent															

- Projekti võrgustiku ja pädevuste koondamine: Q4/24, Q1/25
- Lubjakivi proovide võtmine Eesti olulisemates karjäärides(Väo, Vasalemma, Aru-Lõuna, Reinu, Lubja, Põhja-Kiviõli): Q2/25, Q3/25
- Põhja-Kiviõli karjääris lubjakivi freesimise kronometreerimine: Q3/25
- Proovide ettevalmistamine laboratoorseteks katsetöödeks: Q3/25, Q4/25
- Katsetööde tulemuste ja tehnoloogiate arvutusmodeli valideerimine: Q2/25- Q1/26
- Kivimite mehaaniliste omaduste klassifitseerimine: Q2/25-Q1/26
- Uute tehnoloogiate testimine (elektrivasar, vertikaalne rootorpurusti): Q4/25 –Q4/26
- Uute tehnoloogiate integreerimine olemasolevatesse tehnoloogiatesse(PLT, hüdrovasar, rebimine): Q1/26–Q4/26

Tulemused	
Magistritöö nr 2	D1
Magiistritöö nr 2	D2
Artikkel tootlikkuste arvutusmeetodi	D3
Artikkel Eesti geomehaanilise omaduste mudeli	D4
Publikatsioon: Eesti ülene uute kaevandustehnoloogiate sobivuse	D5
Üks partner kohustub testitud masinat	D6
Publikatsioon: vertikaalse löökpurusti sobivus Eesti lubjakivi kvaliteedi tõstmisel	D7
Artikkel/aruanne: Valdkonna ESG teadvustamine AI põhineva analüüsi abil	D8
Artikkel: KOV vastumeelsus kaevandamisele ja millest ollakse nõus loobuma	D9
Publikatsioon ESG-ga seotud arusaamade kohta kaevandamisel Eestis	D10

VÄLITÖÖD: 1- VÄO; 2- ARU-LÕUNA, 3-VASALEMMA, 4- REINU, 5-LUBJA, 6- PÕHJA-KIVIÕLI. KATSETAMISEKS ETTEVALMISTATUD PUURPROOVE 109 TK



LUBJAKIVI MEHAANILISTE OMADUSTE MÄÄRAMINE

1. Üheteljeline survetugevus kolmes suunas (UCS), elastsusmoodul ja Poissoni tegur
2. Lõhestustõmbetugevus (BTS)
3. Abrasiivsus (CERCHAR ja Rosiwal meetodid)
4. Punktkoormustest (PLT)



1. Täisautomaatne survepress(USC)



2. Brazilian tensile strength (BTS)



3. CERCAHR Abrasivity



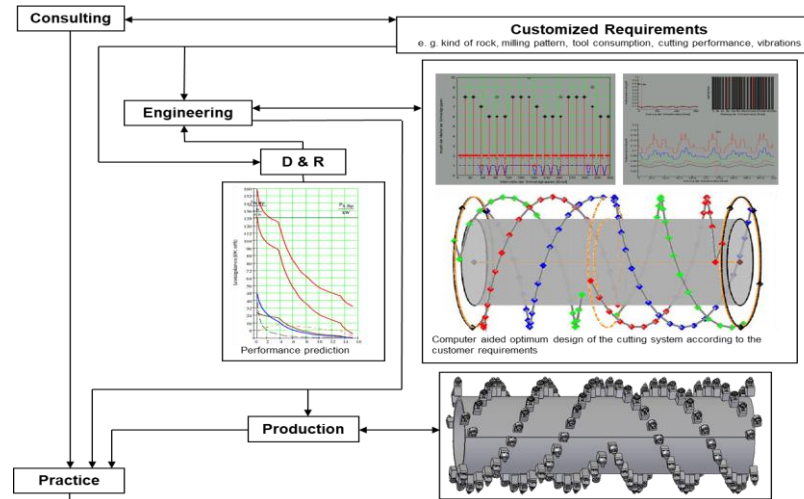
4. Punktkoormus(PLT)

FREESKOMBAINI LÕIKETRUMLI KOHANDAMINE LUBJAKIVILE

- Katsetöödel saadud andmed on freestehnoloogia arvutusmodeli ja kronometraaži usaldusväärsuse hinnangu sisendiks
- Optimeeritud andmed on mehaanilise kaevandatavusele hinnangu aluseks
- On võimalik anda lõplik hinnang kivimite mehaanilisest käitumisest erinevate freesimistehnoloogiate (freese ekskavaator, freeskombain) rakendamisel Eestis



Freeskombain Wirtgen



Dr.Lemm arvutusmodell. Freeskombaini lõiketrumli projekteerimine



Frees-ekskavaator

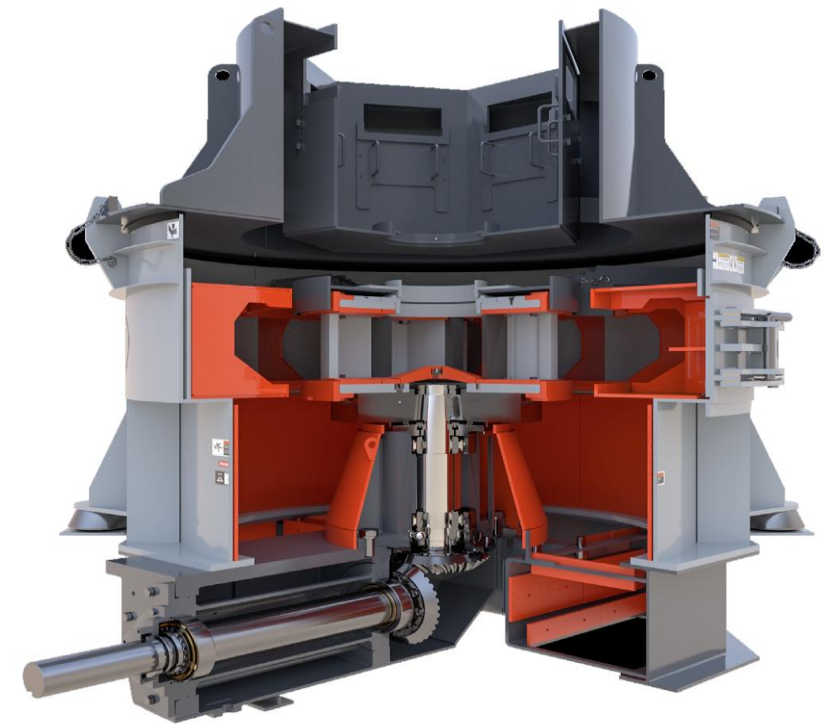
UUTE TEHNOLOOGIATE TESTIMINE EESTIS

- Uue põlvkonna tehnoloogiate (elektriline löökvasar, vertikaalne rootorpurusti) integreerimine kohalikku tehnoloogiasse (PLT, freesimine, rebimine)

Elektriline löökvasar



Vertikaalne
rootorpurusti



PROJEKTI ANDMEHALDUS

- TEM-TA143 andmete haldamine, talletamine ja avaldamine toimub andmehaldusplatvormi SARV ning avaliku portaali eMaapõu kaudu.
 - Maardlad, mäeeraldised, plokid, maavarade bilanss
 - Proovimiskohad (uuringupunktid), proovid, analüüsid/katsed, numbrilised tulemused
 - Seotud allikad, dokumendid, fotod jmt
- Andmed kättesaadavad avatud litsentsi (CC BY) ja FAIR printsiipide alusel

The screenshot displays the eMaapõu website, which is a platform for geological data and services. The main page features a search bar, a navigation menu, and several statistics: 309 100+ exemplars, 13 500+ localities, 180 700+ samples, and 266 500+ analyses. Below these, there is a section for news (Uudised) and a detailed view of a specific sample record (Proov OJ25-3).

Uudised

Konverents "Eesti looduse ühtne andmeruum II: harrastuste andmed"

4. novembril 2025 kell 11.00–16.00 toimub Tartu Ülikooli raamatukogus ja UT otseülekandena konverents „Eesti looduse ühtne andmeruum II: harrastuste andmed“. Konverentsi korraldavad Eesti Teaduste Akadeemia keskkonnakomitee ja Eesti Teaduste Akadeemia keskkonnakomitee teaduse taristu teekaardi objekt NATARC. Eelmisel „Eesti looduse ühtne andmeruum II“ konverentsil 2024. aastal keskenduti küsimusele, kuidas Eestis kogutud el...

NATARC teadustaristu teekaardi projekt sai rahastuse

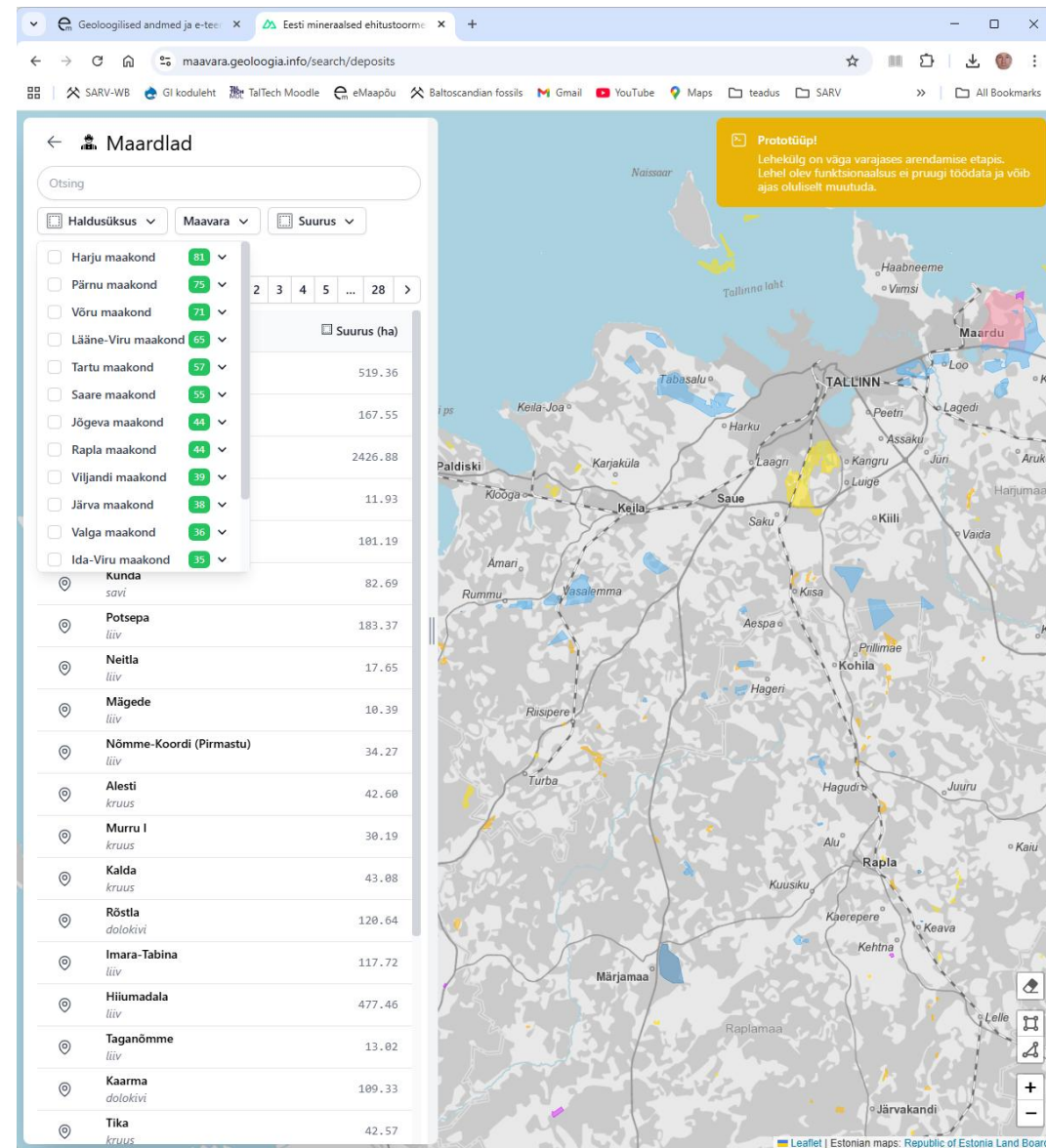
Eesti teadustaristu teekaardi projekt Loodusteaduslikud arhiivid ja ühtne andmeruum (NATARC) sai perioodiks 2025-2029 riikliku rahastuse kogumahus 1.95 milj. euro. Lisandub asutuste omapoolne panus. NATARC konsortsiumisse kuuluvad Tartu Ülikool, Tallinna Tehnikaülikool, Eesti Maaülikool, Tallinna Ülikool, Eesti Loodusmuuseum, Keskkonnaamet ja Keskkonnaagentuur. Taristu eesmärgiks on elur...

Proov OJ25-3

Number	OJ25-3
Välinumber	3
Lokaliteet	Väo V lubjakivikarjäär
Koordinaadid	59.426167, 24.912334
Uuringupunkt	2025 Väo V vp 2
Koordinaadid	59.426311, 24.915087
Stratigraafia	Kunda lade
Litostratigraafia	Loobu kihistu
Kogumise aeg	2025-02-28
Koguja	Jäär, Oliver
Proovi eesmärk	geotehnika
Materjal	lubjakivi
Asutus	TalTech geoloogia instituut
Projekt	Oliver Jäär, BSc välitööd
Kirje lisatud	2025-03-03

PROJEKTI ANDMEHALDUS

- Andmemudeli laiendus lähtuvalt riikliku maavarade registri ülesehitusest ning projekti spetsiifikast, sh täiendavad klassifikatsioonid jmt
 - Riikliku maavarade registri uue versiooni arendus on algusfaasis, 2026 planeeritud arutelud EGT-ga
- Arendusfaasis on eraldiseisev ehitusmaavarade portaal, kuhu teises etapis lisandub sekundaartoormete kiht
 - Ametlik info maavarade registrist koos akadeemilise infoga, sh projekti TEM-TA143 tulemused ja dokumentatsiooni kuvamine
- Prototüüp testimisel



2. ALTERNATIIVSETE, KOHALIKEL TOORMETEL PÕHINEVATE MADALA SÜSINIKUHEITMEGA EHTUSMATERJALIDE VÄLJATÖÖTAMINE



Kambriumi sinisavi, Lükati kihistu.
Sisaldab savi + aleuriitset liivakivi.
Senine kasutusvaldkond - tagasitäide.



Keskkonnamaja vundamendisüvendi kaevetööd
Tallinn, 2023

2. ALTERNATIIVSETE, KOHALIKEL TOORMETEL PÕHINEVATE MADALA SÜSINIKUHEITMEGA EHITUSMATERJALIDE VÄLJATÖÖTAMINE

Loodusmaja hoidlad ja kontoriruumid:

1. uurida paigaldusjärgset niiskuslevi viimistlusmaterjalis
2. uurida viimistlusmaterjali niiskuspuhverdusvõimet
3. ruumi suhtelise õhuniiskuse ja temperatuuri seost väliskeskkonnaga
4. uurida erineva mineraalse koostisega materjalide mõju tarindi ja ruumi niiskuspuhverdusvõimele

Kogutud andmete baasil (+laboratoorsed proovikehad materjaliomaduste määramiseks) on eesmärk valideerida ruumipõhine arvutusmudel ning analüüsida erineva mineraloogilise koostisega savikrohvi mõju ruumi sisekliimale, (täiendavate) tehnosüsteemide vajadusele ja energiatarbele



Architecture: KAVAKAVA
Engineering: Jürgen Einpaul, ESTKonsult
Photos: Tõnu Tunnel



Vaade ehitusjärgsele Dokihoonele, Loodusmaja 2025

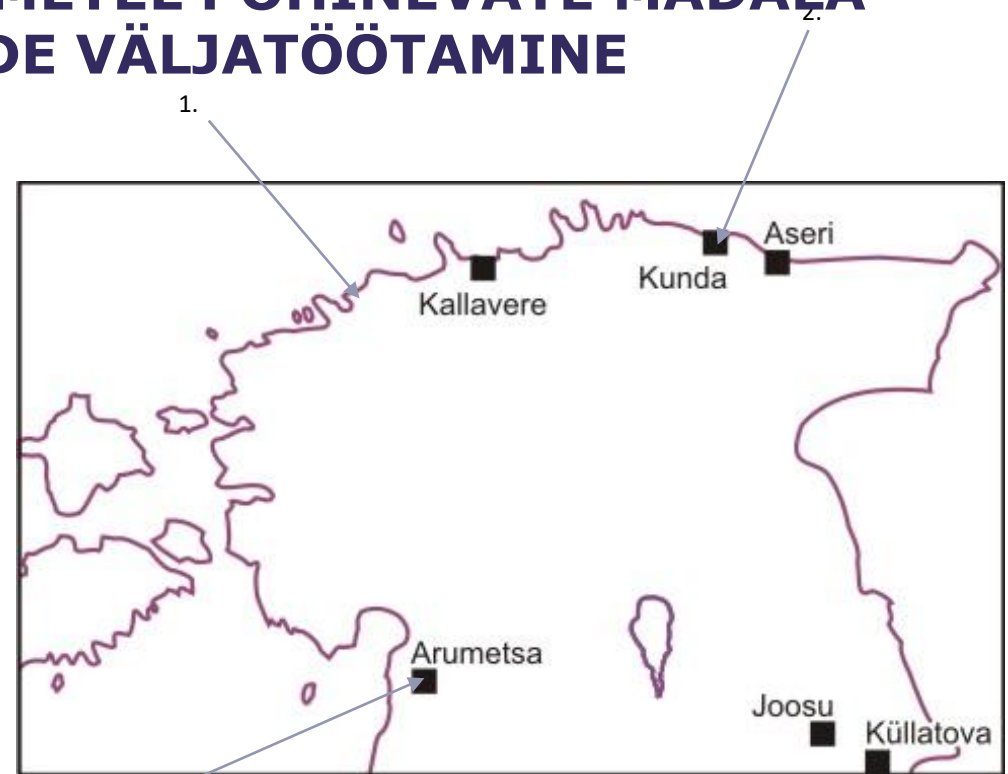
2. ALTERNATIIVSETE, KOHALIKEL TOORMETEL PÕHINEVATE MADALA SÜSINIKUHEITMEGA EHTUSMATERJALIDE VÄLJATÖÖTAMINE

Kolm uuritavat savi:

1. Kaevejäätmel objektilt
2. Põhja-Eesti Kambriumi sinisavi
3. Lääne-Eesti Devoni pruunsavi



Savikrohvide arendamine TalTechis 2025



At the “Mereäärne” Quarry, Kunda, Heidelberg Materials, 2025

■ Savimaardlad

Image: ut.ee



Arumetsa clay quarry, (image ut.ee)

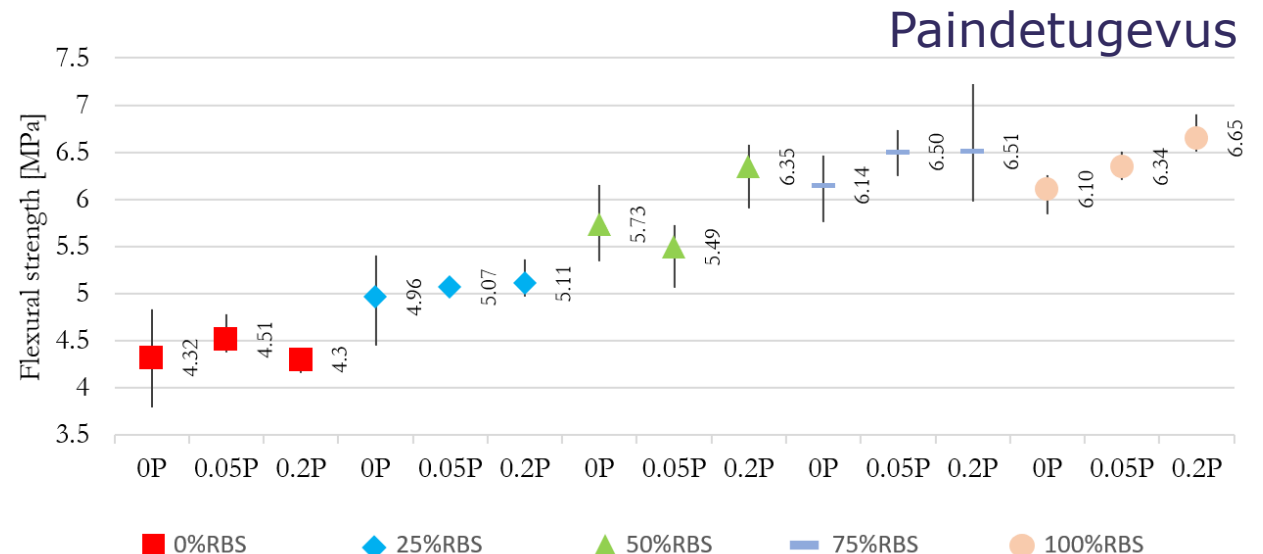
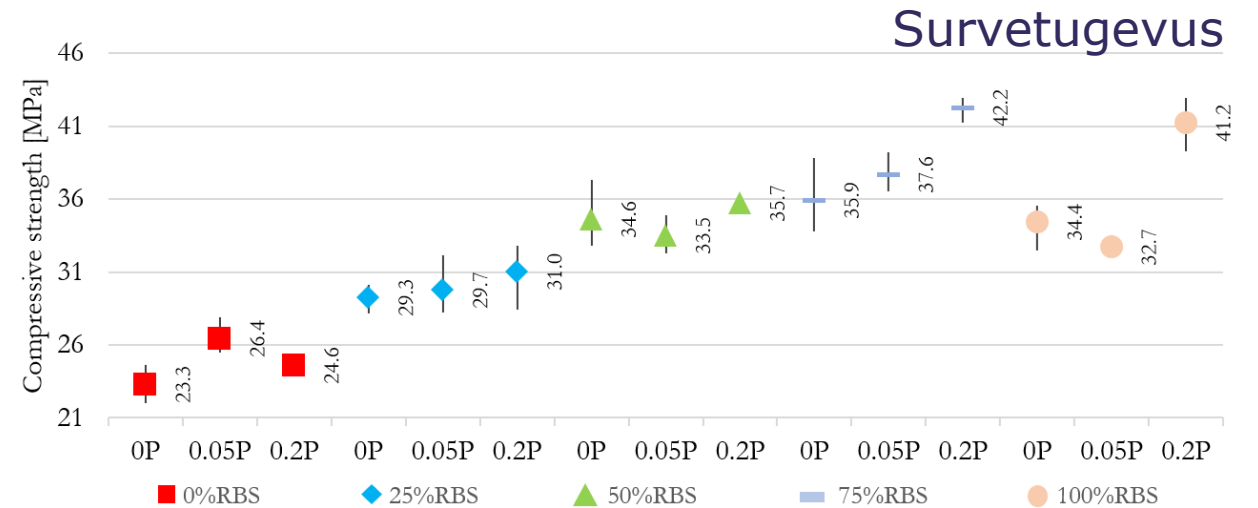
ŠAMOTTKIVIDE RINGLUSSEVÕTT

- Šamottkivid Kunda tsemenditehase klinkri tootmise 4. pöördahjust
- **Mördid** 1+4 täitematerjalide asendamise määraga – 0, 25, 50, 75 ja 100%
- Määrati **täitematerjali** standardikohased omadused
 - Sõelkõver
 - Tihedused
 - Poorsus
 - Veeimavus
- Määrati **segude** standardikohased reoloogilised omadused
 - Veevajadus (sama töödeldavuse juures)
 - Töödeldavuse kadu (60 minuti jooksul)



ŠAMOTTKIVIDE RINGLUSSEVÕTT - TULEMUSED

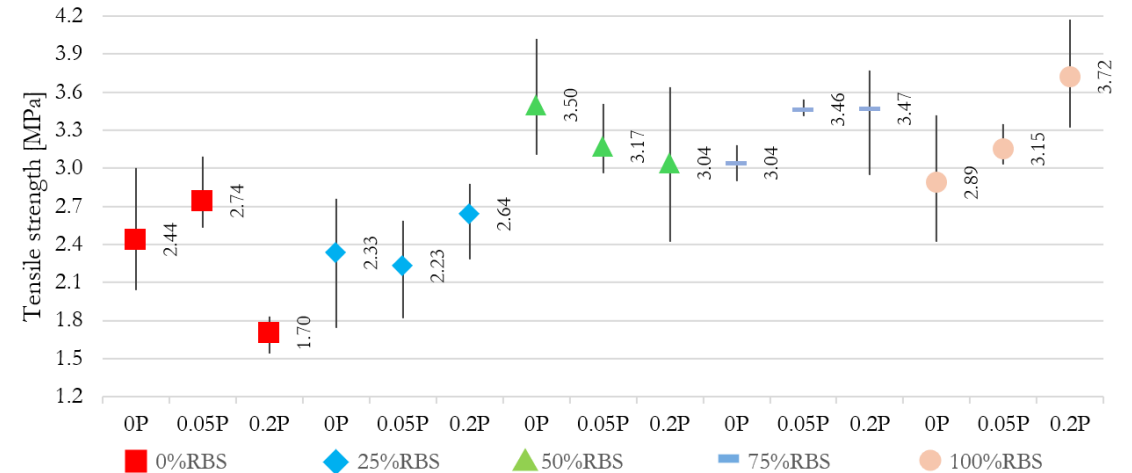
- Silikaatliiva asendamisel „šamott“liivaga (kivinenud) mörtide survetugevus tõusis kuni 42%
- Silikaatliiva asendamisel „šamott“liivaga (kivinenud) mörtide paindetugevus tõusis kuni 34%
- Nakketugevuse katsel toimus purunemine mitte mördi tasapinnast vaid aluspinnast



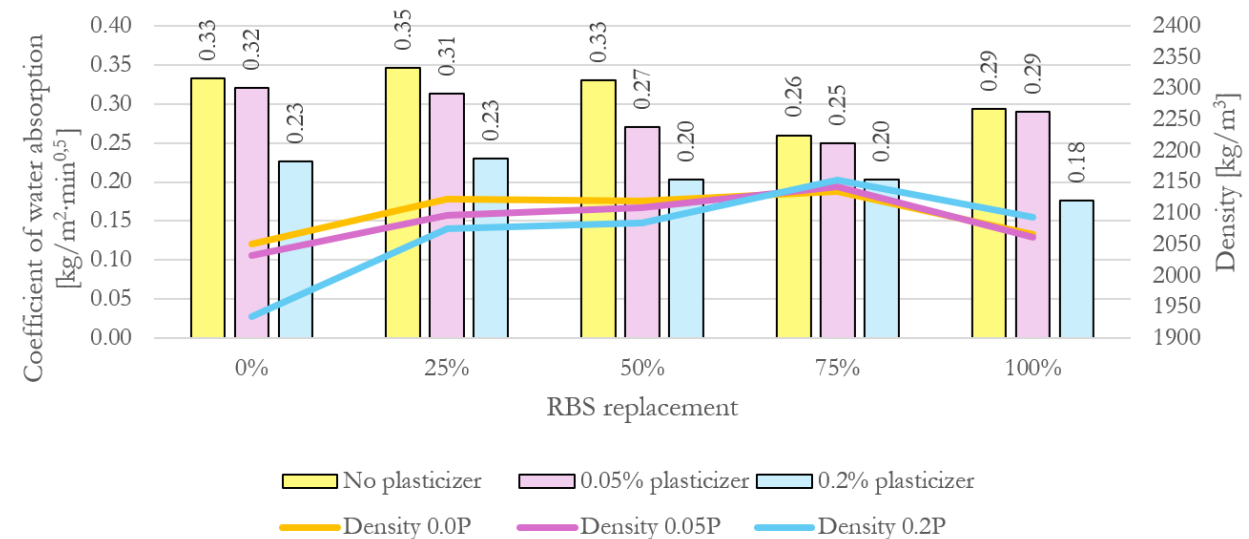
ŠAMOTTKIVIDE RINGLUSSEVÕTT - TULEMUSED

- Silikaatliiva asendamisel „šamott“liivaga (kivinenud) mörtide tõmbetugevus suurenes
- „Šamott“liiva suurema poorsuse tõttu suureneb mörtide veeimavus (2,7 vs 0,1 %), mis vähendab selle töödeldavust ajas ja limiteerib kasutusaega
- Kokkuvõtvalt on soovitada silikaatliiva asendamine 50 kuni 75%
- Märkimisväärne ringlussevõtu potentsiaal mörtide, krohvide, (kuid)segude jms toodetena. Ringlussevõtt betooni täitematerjalina vajab edasist uurimist

Tõmbetugevus



Veeimavus



UURITAVAD MATERJALID JA HETKE MATERJALIDE SEIS

- Töö põhifookuses on uurida silikaatkivi kasutusvõimalusi betoonides ning tsement- ja lubimörtides
- Võrdlus levinumate (keraamika, tulekindlad tellised, betoon jms) mineraalsete ehitus- ja lammutusjätmetega toodetud mörtidega.

Katsetatavate materjalide hetkeseis:

- Silikaatkivid:
 - Korterelamu (1961 ehitatud), Keskpuiestee 45, Kiviõli
 - Ühekordne eramaja välisfassaad (1980 ehitatud), Nõlvaku tänav, Tallinn (mördist puhastatud silikaatkivid)
 - Ühekordne eramaja (1955 ehitatud), Tiiva tänav, Tallinn
- Keraamilised tellised, kasutuskoht eramaja (lammutatud ja puhastatud), Vääna-jõesuu, Harjumaa
- Heidelberg Kunda Nordic tsemendi 4. pöördahju erinevad tulekindlad tellised (esmane katseplaan teostatud)



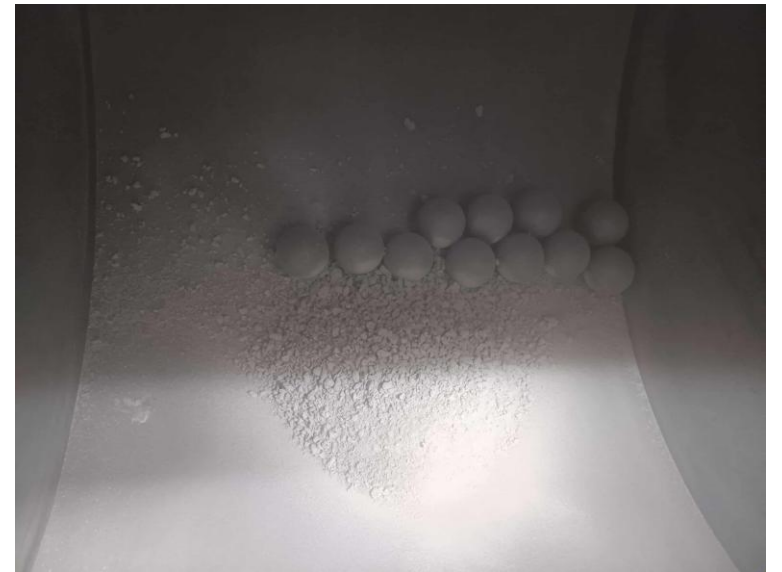
HETKEL KÄIMASOLEVAD TÖÖD

- Purustatud **keraamika** (#0/4) kasutusvõimalus alternatiivse **täitematerjalina** tsementmörtides:
- Katse jaoks toodetakse keraamikast liiv fraktsiooniga #0/4 ning määratakse toormaterjali ja täitematerjali omadused:
 - Veeimavus
 - Terastikuline koostis
 - Tihedused (absoluutne, puiste, näiv jne...)
- Mõju mördisegu töödeldavusele:
 - Veevajaduse määramine
 - Tardumise kiirus
- Kivinenud mörtide omadused
 - Tugevusomadused: painde-, tõmbe- ja survetugevuse määramine
 - Kapillaarne veeimavuskiirus
 - Külmakindlus



HETKEL KÄIMASOLEVAD TÖÖD

- **Silikaatkivist** toodetud nn **filleri** jahvatuspeenuse mõju tsementmördi tugevusomadustele:
- Filleri omaduste määramine:
 - erinevate jahvatuspeensuste juures eripinna määramine
 - Filleri kasutuse mõju mörtide töödeldavusele ja veevajadusele
- Võrdluskatsed ilma fillerita ja paekivi filleriga mörtidega:
 - Varajase ja 28 päevase tugevuse määramine
 - Mahumuutused
- Valitud segudele tehakse magnetresonants spektromeetria (NMR) analüüs
- 1 juhendatud + 2 hetkel juhendamisel magistritööd



PROJEKTI MAJANDUSLIK POTENTIAAL

- Projektil on Eestis märkimisväärne majanduslik potentsiaal, mis seisneb eelkõige teadmusbaasi ja inimkapitali arendamises ressursitööstuse toetuseks.
- Küsitlus Eesti mäetööstuse ettevõtete seas tõi välja kolm peamist kitsaskohta: **bürokraatia, keskkonnavalased piirangud ja avaliku aktsepteerimise puudumine**. Projekt pakub välja majanduslikud ja kommunikatsioonilised lahendused

Projekti majanduslik kasu avaldub mitmel tasandil:

- Projekti tulemused loovad uute teadmiste baasi, mis aitab **tõsta Eesti mäetööstuse efektiivsust ja konkurentsivõimet**, valides sobivaimad tehnoloogiad.
- Projekti integreerimine **magistri- ja doktoriõppesse** kasvatab kohalikke eksperte, kes on võimelised tööstuses uuendusi ellu viima.
- Projekti **tehniline ja sotsiaalne tulemusliin** on potentsiaalselt kommercialiseeritavad, pakkudes tulevikus uusi tooteid või teenuseid.

VÕIMALIKUD RISKID

Võimalikud riskid on seotud peamiselt projekti pikaajalise iseloomuga:

- Tegelik kommerztsialiseerimine toimub **alles pärast projekti lõppu**, mis tähendab, et tulu saabub viiteajaga.
- Samuti võivad bürokraatlikud takistused ja mäetööstuse vähene aktsepteerimine aeglustada tulemuste rakendamist.
- Üldiselt toetab projekt Eesti majanduse kestlikku arengut, suurendades teadmiste, inimressursside ja innovatsioonivõimekuse kaudu sektorisest väärtust ning ekspordipotentsiaali.