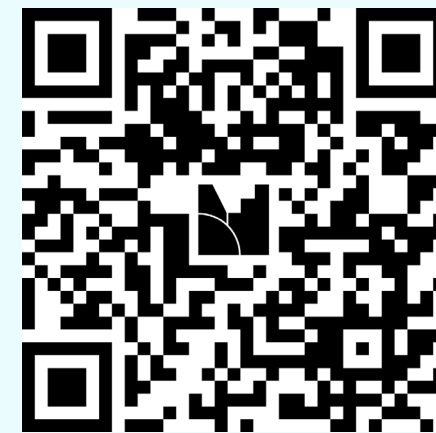


Lisääarvoa sekundäärisistä teollisuusvirroista

www.menti.com koodi: **3577 7678**



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

SETELIT loppuseminaari

Sekundääristen teollisuusvirtojen arvonlisäys ja tuotteistus

20.11.2025



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

SETELIT

Sekundääristen teollisuusvirtojen arvonlisäys ja tuotteistus Secondary waste streams, added value and productization

- 1.3.2023 - 30.11.2025
 - EAKR Uudistuva ja osaava Suomi 2021-2027
 - Hiilineutraali Suomi
 - Kiertotalouteen siirtymisen edistäminen
 - Rahoittava viranomainen: Pohjois-Savon liitto
- ERDF Renewing and Skilled Finland 2021-2027
 - Carbon Neutral Finland
 - Promoting the Transition to Circular Economy
 - Funding Authority: Regional Council of Pohjois-Savo



Tavoitteet

Edistää betonin kaltaisen vähähiilisesti kovetetun rikastushiekkapohjaisen tuotteen kehittämistä ja luoda ohjeistus rikastushiekan jätestatuksen kumoamiseksi ja tuotteistamiseksi

To promote the development of a low-carbon, hardened product based on tailings similar to concrete, and to create guidelines for removing the waste status of tailings sand and enabling its commercialization

Edistää vähähiilisesti kovetettuihin kaivostäyttöihin liittyviä tutkimuspalveluita ja laadukkaan tutkimuksen toteuttamiseen tarvittavaa infrastruktuuria

To promote research services related to low-carbon hardened mine backfill and the infrastructure required for conducting high-quality research

Kehittää digitaalinen reseptityökalu rikastushiekkapohjaisille vähähiilisesti kovetetuille tuotteille ja kaivostäytöille

To develop a digital recipe tool for tailings-based low-carbon hardened products and mine backfill



Ohjelma

- **Keynote: Mineraaliesiintymä – meidän vastuullemme annettu**
Päivi Kauppila, johtava asiantuntija, GTK
- **Ei enää jätettä -ohjeistus rikastushiekkojen hyödyntämismahdollisuuksiin**
Rita Kallio, tutkija, GTK ja Heli Kivisaari, geologi, GTK
- **Flow Loop – pumpattavuuden tutkimuspalvelu**
Petri Juntunen, erityisasiantuntija, Savonia-ammattikorkeakoulu
- **Reseptityökalu datan hallintaan ja hyödyntämiseen**
Marko Häkkinen, testausinsinööri, Savonia-ammattikorkeakoulu
- **Tailings in 3D printing** (englanniksi)
Ian Corfe, researcher, GTK
- **Geopolymerisoinnilla kohti lisäarvoa**
Jouni Rissanen, toimitusjohtaja, Keko Geopolymeerit Oy

Työpaja: Kaivosten kiertotalous – kohtaamisia ja kumppanuuksia

Tutustuminen Savonian vesilaboratorioon tai 3D-tulostuslaboratorioon



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Mineraaliesiintymä - meidän vastuullemme annettu

Setelit –projektin loppuseminaari, Kuopio

Tommi Kauppila & Päivi Kauppila / GTK,
20.11.2025



Euroopan unionin
osarahoittama

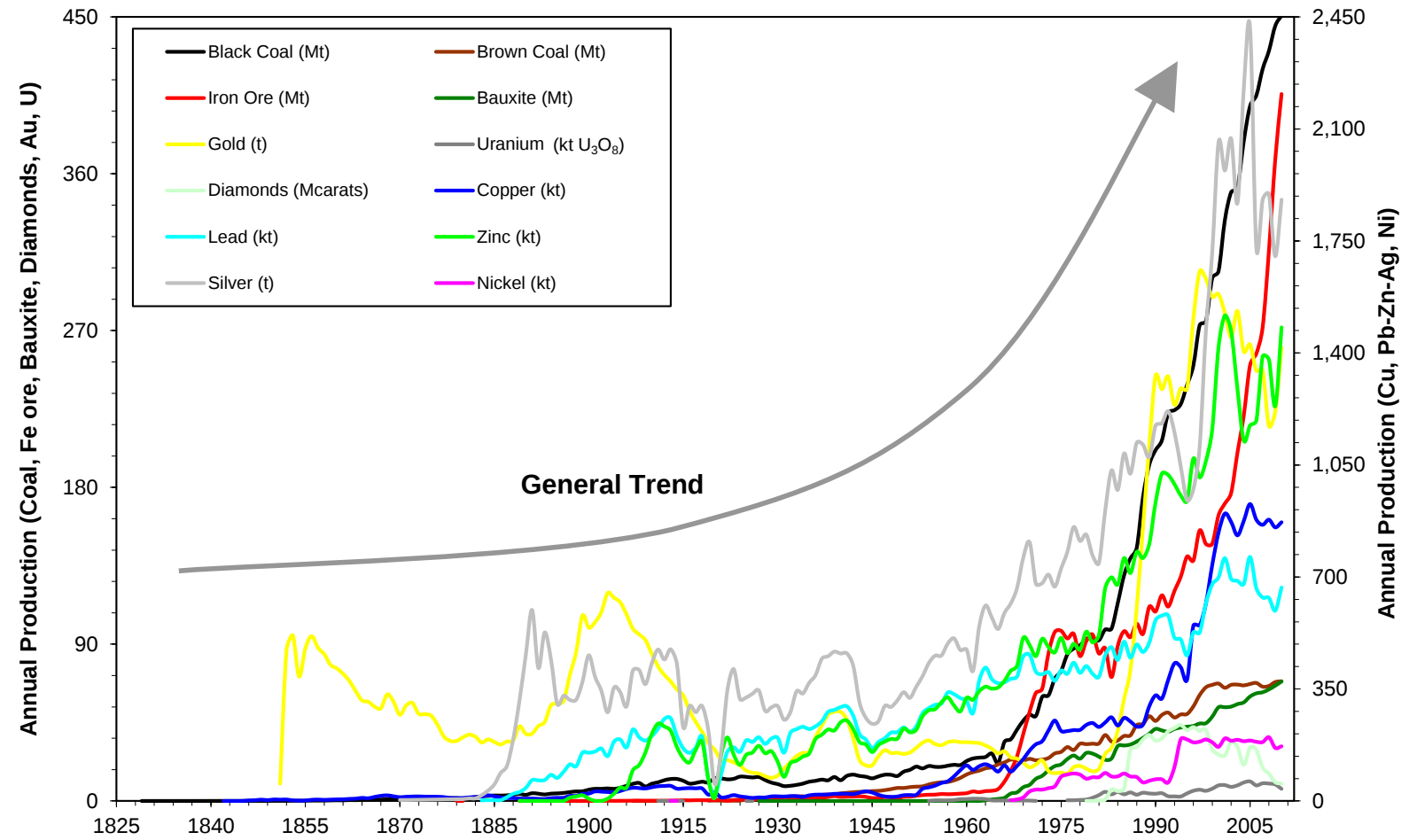
Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Väestö, elintaso ja kaivostoiminta ovat kasvussa

Mudd, 2016



Euroopan unionin
osarahoittama

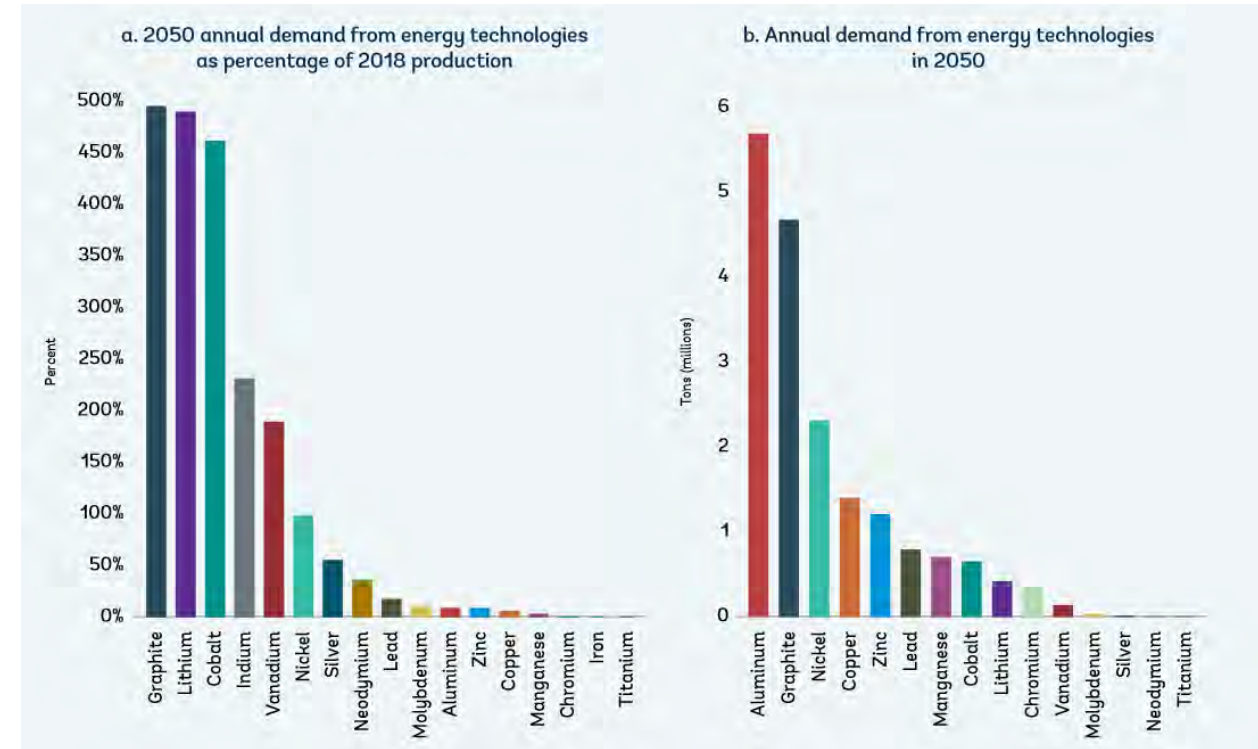
Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

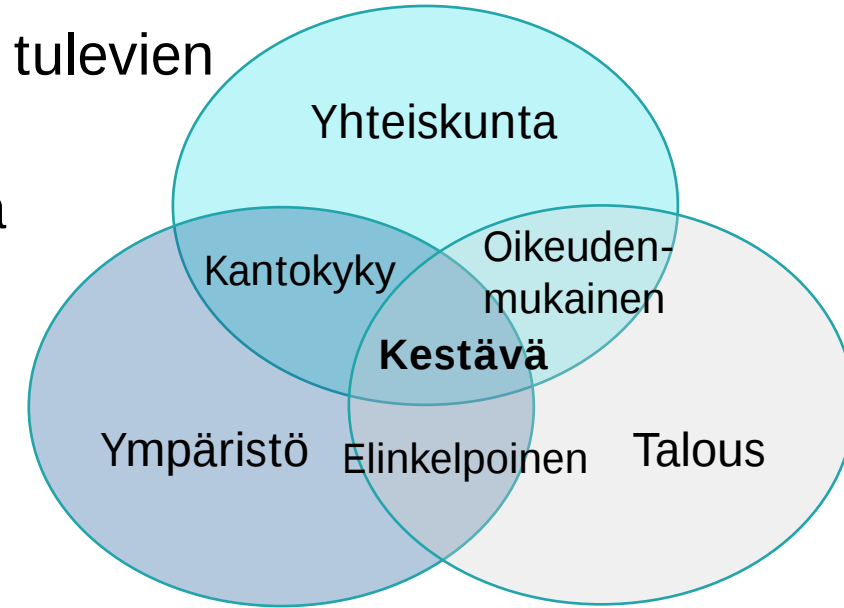
Vihreä siirtymä on siirtymä mineraalitalouteen

- Vihreä siirtymä ja energiamurros merkitsevät muutosta fossiilisista polttoaineista uusiutuviin energianlähteisiin
- Uusiutuva energia, sähköinen liikkuminen ja akkuistuminen vaativat valtavia määriä mineraalisia raaka-aineita
 - ”Mineraalit ovat uusi öljy.”
- Vasta 0,51 % maailman autokannasta on sähköistetty
- Suomellakin on globaali vastuu raaka-aineistaan

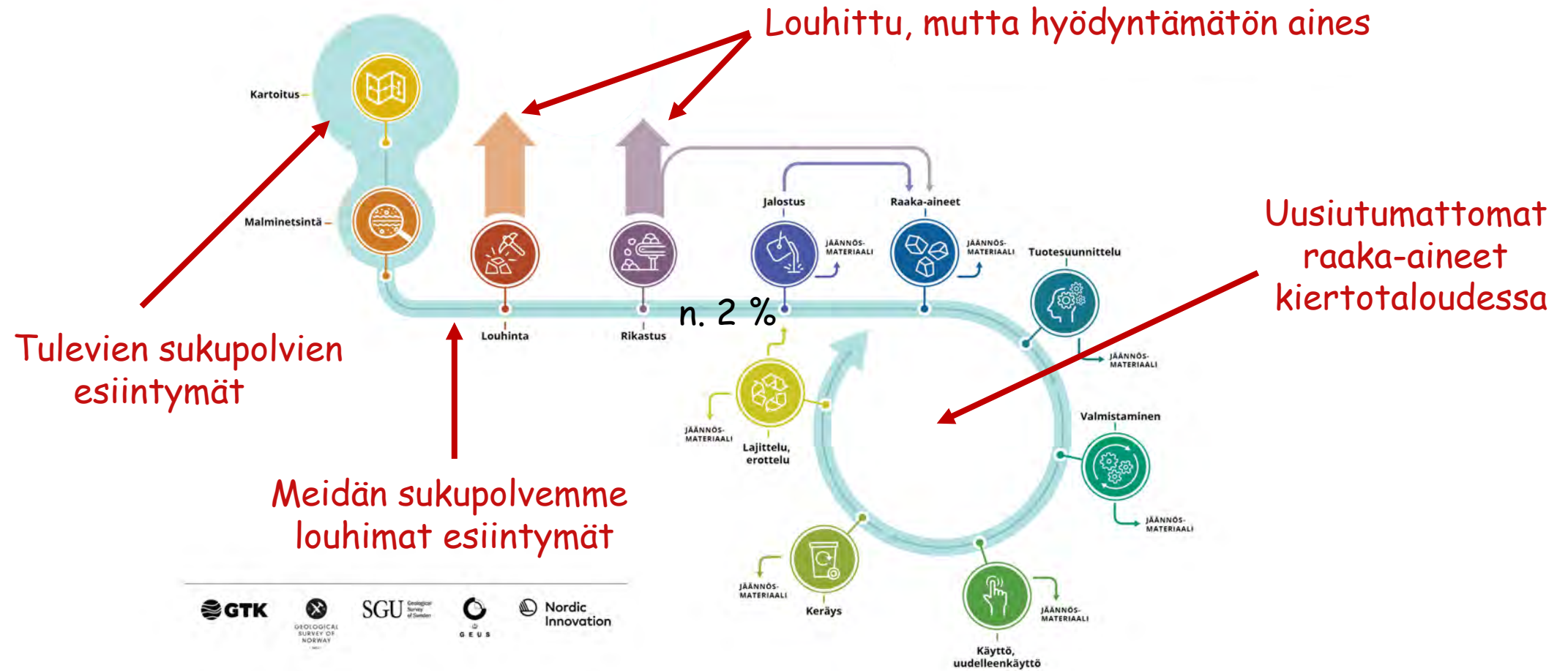


Kestävä kehitys ja uusiutumattomat raaka-aineet

- “Kehitystä, joka täyttää nykyajan tarpeet vaarantamatta tulevien sukupolvien kykyä tyydyttää omat tarpeensa “
- Mineraalit ja metallit ovat uusiutumattomia raaka-aineita
- Malmiesiintymät ovat uusiutumattomia ja ainutkertaisia
- Meidän täytyy mm.:
 - Maksimoida raaka-aineiden kiertoaika (kierto)taloudessa
 - Valmistaa kestäviä ja kestävyyttä edistäviä hyödykkeitä
 - Investoida korvaavien materiaalien kehittämiseen
 - Maksimoida kestävät alueelliset ja paikalliset hyödyt kaivosprojekteista
 - Minimoida luonnon- ja sosiaalisen pääoman väheneminen kaivostoiminnassa



Louhimme tulevien sukupolvien esiintymiä



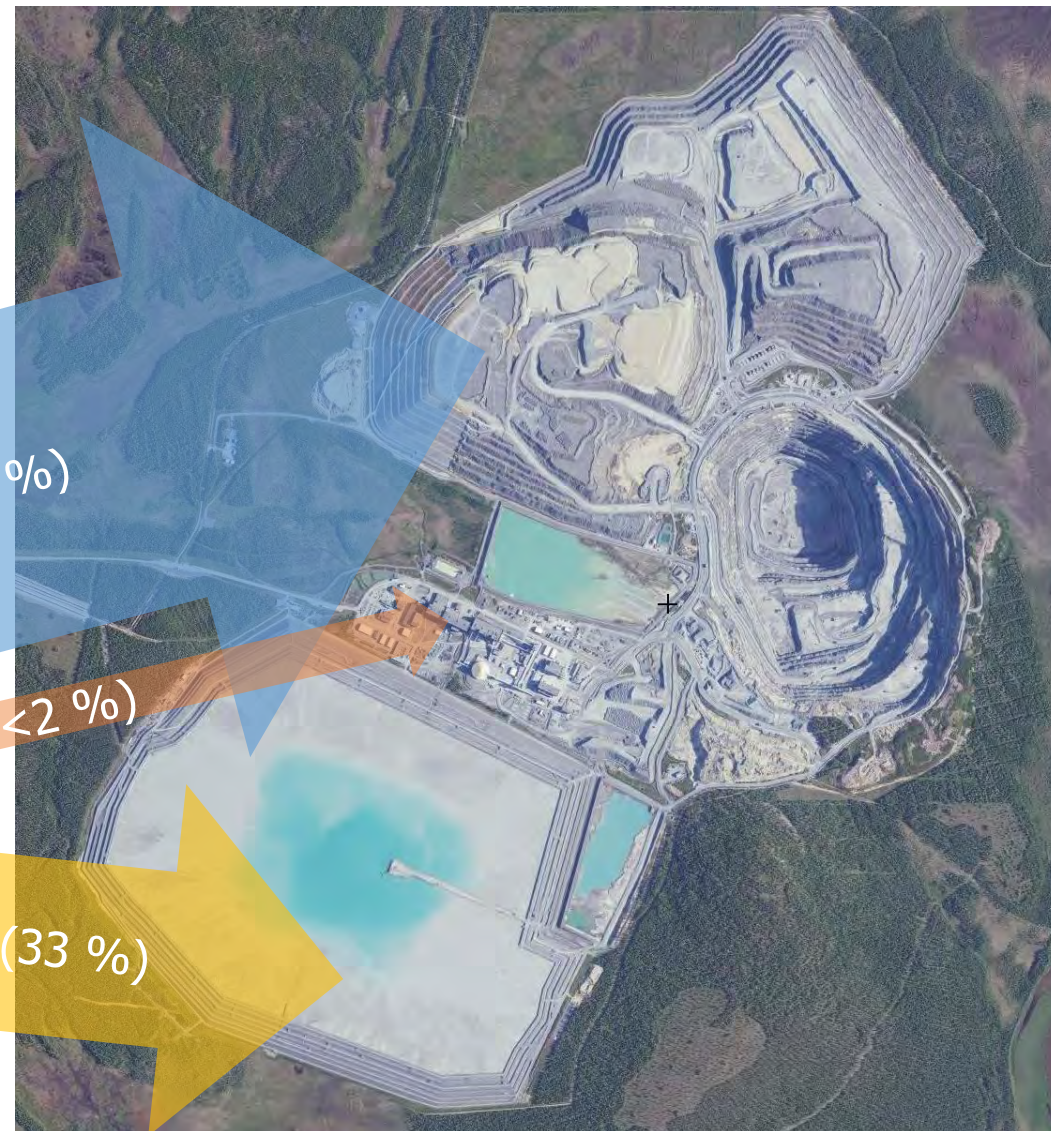
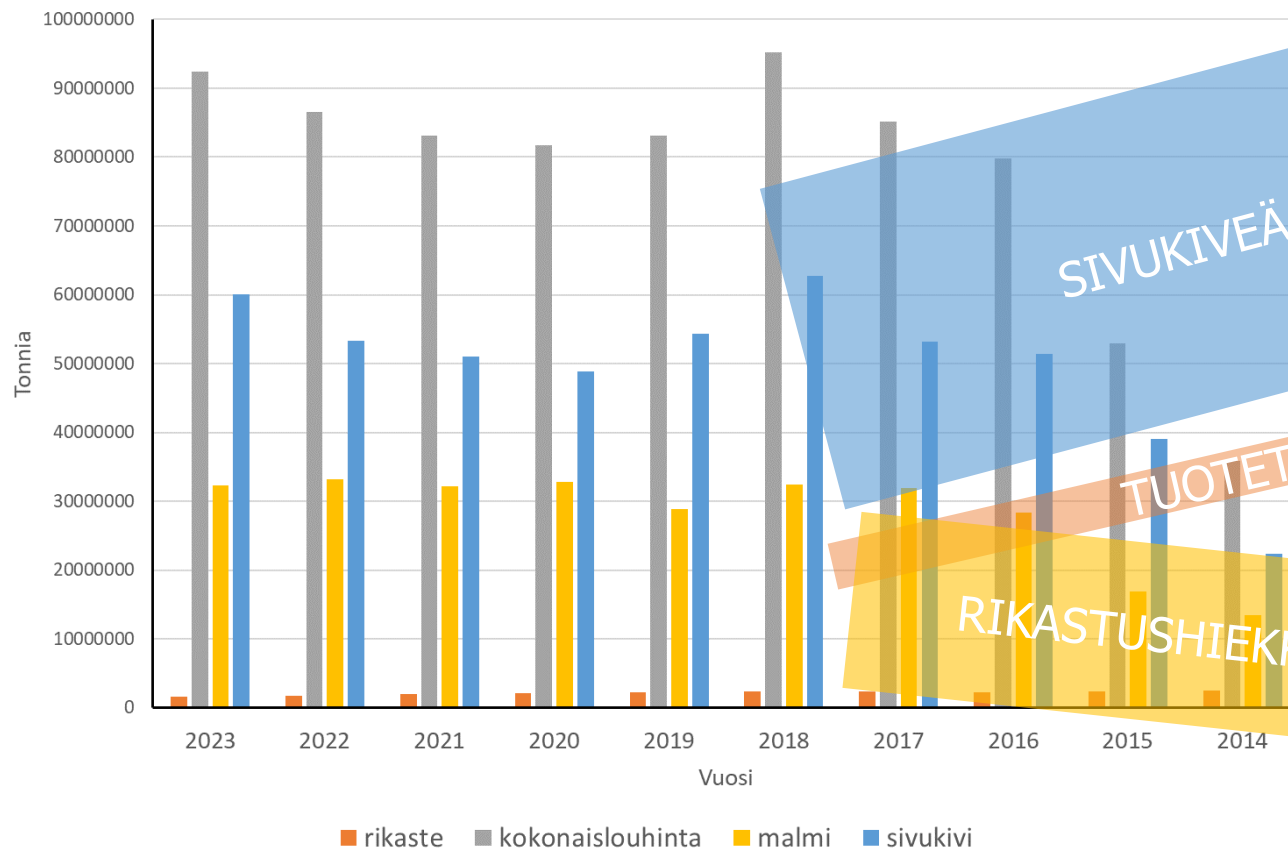
Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Louhimme enimmäkseen jätettä



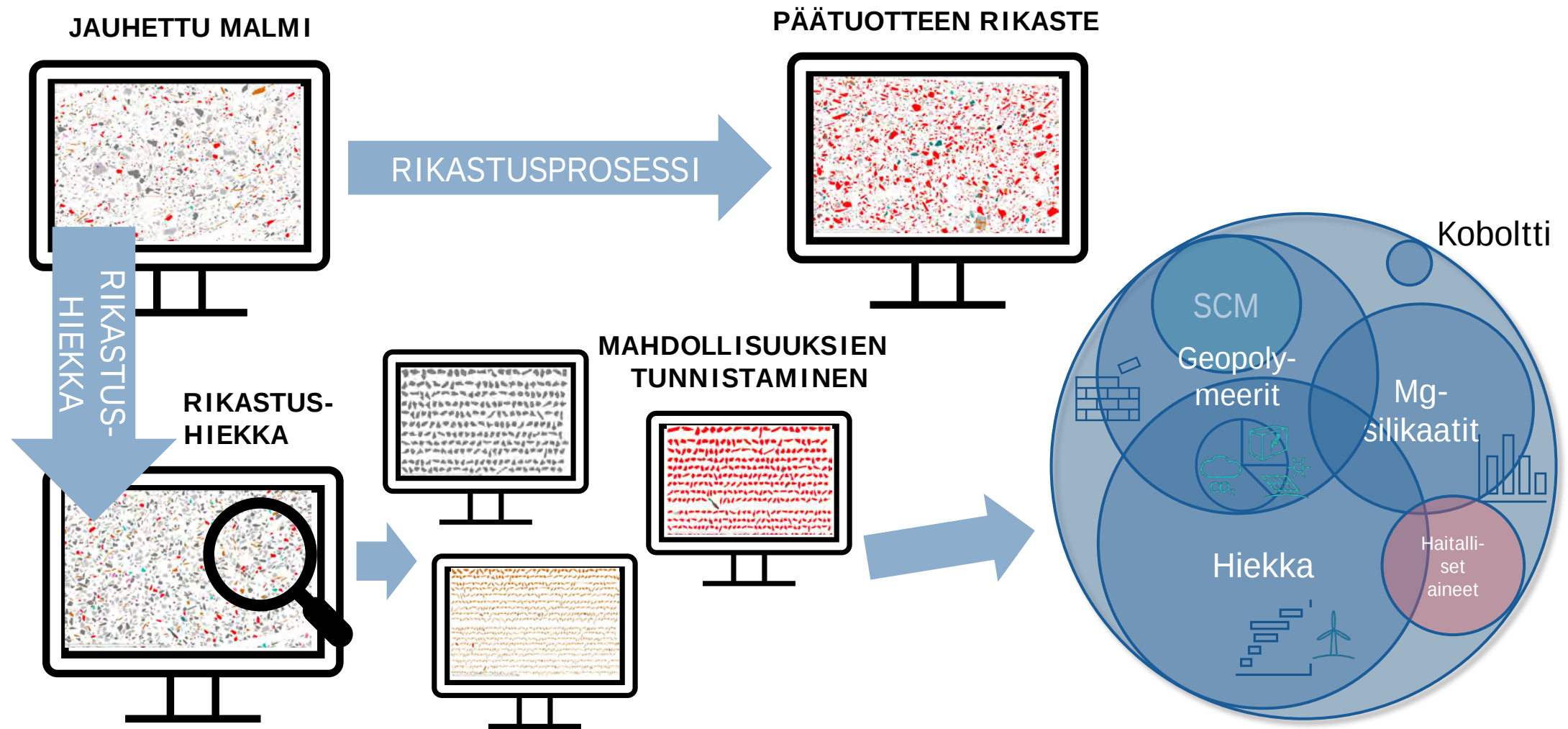
Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Jätteissä on monia mahdollisuuksia



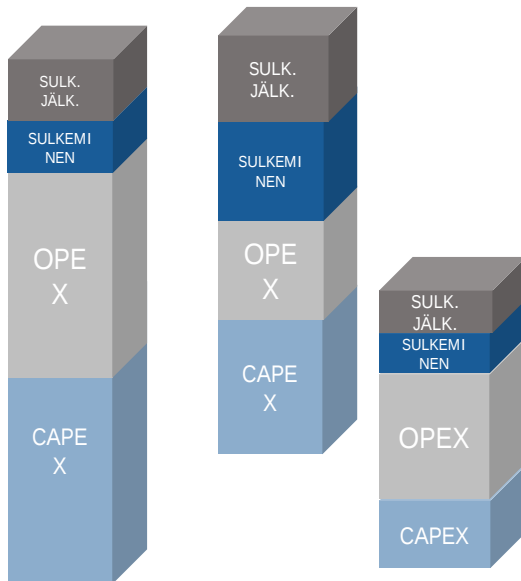
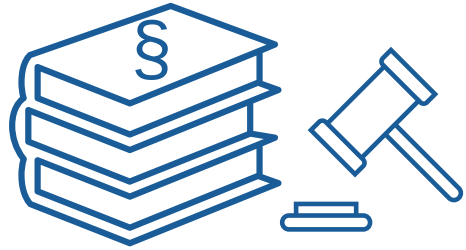
Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Jätteet: riski ja hukattu mahdollisuus



Riskit ja vastuut,
krooniset vaikutukset

Sijoittajat,
vaatimustenmukaisuus

Jätteiden hallinnan
kustannukset

Aluejalanjälki

Louhinta, kuljetus,
murskaus, jauhatus...
CO₂



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Miksi meillä on näin paljon jätettä?

- Nykyinen kaivos- ja metalliliiketoimintamalli ottaa malmista talteen 1-3 arvokasta metallipitoista mineraalia
 - *Irrotetaan, erotetaan, kuivataan, pussitetaan*
 - *Kuljetetaan muualle metallin talteenottoa varten*
- Ei-metallipitoiset mineraalit eivät salli pitkää kuljetusta (CO₂, talous)
 - Raaka-aine –liiketoimintamalli ei toimi



Kiertotalous ja lisätuotteet

- Ei kehitetä arvoa jätteille
 - *Suunnitellaan lisätuotteita alusta lähtien*
- Ei tuoteta lisää raaka-aineita myytäväksi
 - *Valmistetaan tuotteita paikan päällä*
- Ei kehitetä jätteenkäyttöä kaivostoimintaa
 - *Teollisuudenalat investoivat yhdessä kaivosprojektiin*
- Se ei ole kaivos
 - *Se on mineraalituotetehdas*



Kiertotalous tuo kestäviä alueellisia hyötyjä

- Jokainen kaivoshanke on *projekti*, jolla on alku ja loppu
- Tavoitteena on *positiivisen perinnön* luominen kaivosprojektia hyödyntäen
- Aluetalouden monipuolistaminen luo resilienssiä kaivoksen sulkeutumista ajatellen
- Lisätuotteet ja kiertotalous laajentavat kaivoksen vaikutuksia uusille teollisuudenaloille
 - *Kestävän kaivostoiminnan tärkeä komponentti*



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Kiertotalous tukee vastuullista kaivostoimintaa

- Louhimamme esiintymät ovat pois tulevien sukupolvien esiintymävarannosta
- Meidän tulee ottaa kokonaisvastuu louhimistamme esiintymistä
 - *Jokainen esiintymä voidaan louhia vain kerran*
- Kiertotalous ja lisätuotteiden kehittäminen edistävät esiintymän vastuullista hyödyntämistä
- Kiertotalous tukee kestäväää kaivostoimintaa ja positiivisen perinnön luomista



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Hyvää seminaaripäivää!

tommi.kauppila@gtk.fi
paivi.kauppila@gtk.fi
www.gtk.fi



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Kaivannaisjätettä...

Ei-Enää-Jätettä

-ohjeistus rikastushiekkojen tuotteistamiseen

Heli Kivisaari, GTK

Rita Kallio, GTK



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Tehtävänanto:

Rikastushiekkapohjaisen tuotteen jätestatuksen purku ja tuotteistus:

- *Tavoitteena on selvittää rikastushiekan jätestatuksen purkamiseen vaadittavat toimenpiteet. GTK työstää tuotteistusprosessista ohjeistuksen edistämään kaivosten rikastushiekkojen hyötykäyttöä.*
- **Ohjeistus pyrkii selventämään kaivannaisjätteiden luokittelua, päätöksenteon rooleja ja menettelyjä.**
- Lisäksi olemme pyrkineet tuomaan esiin puutteita kaivannaisjätteiden tilastointiin, ympäristövaikutusten arviointiin ja luokitteluun liittyen, joihin olisi mahdollista vaikuttaa lähitulevaisuudessa.

"Olis tosi hyvä, jos siitä ohjeistuksesta saisi sellaisen, mikä mahtuisi yhdelle A4-sivulle."

Selvä!



[Kummeli Työmaa - Kaikki Sketsit](#), Kuva: Yle



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Ohjeistuksen sisältö

EAKR SETELIT–Ei-Enää-Jätettä-ohjeistus rikastushiekkojen tuotteistamiseen



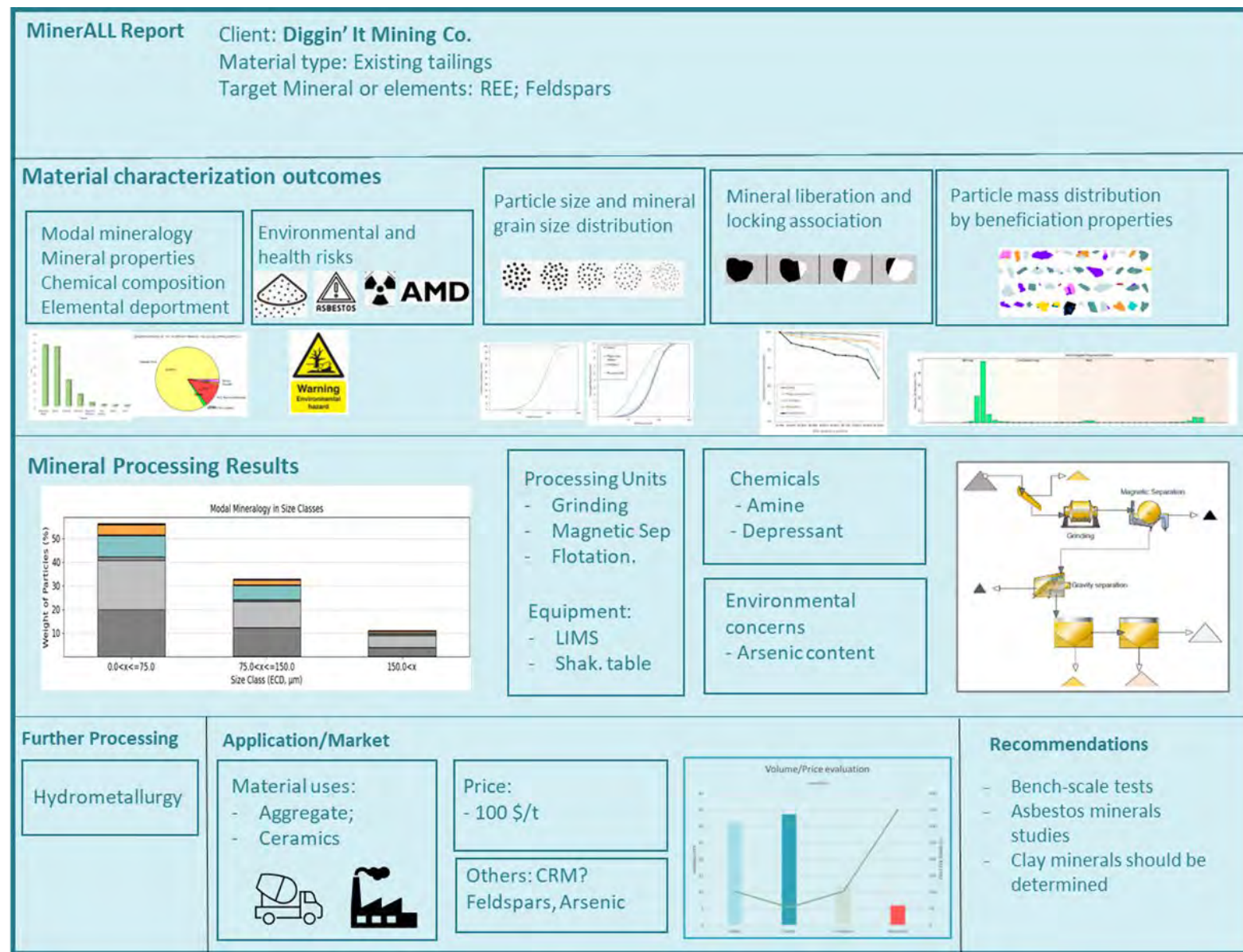
SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto	5
2. Kaivosteollisuuden merkitys ja kaivoksen elinkaari	8
2.1 Kaivoksen elinkaari ja kiertotalouden mahdollisuudet eri vaiheissa	10
3. Kaivostoimintaan ja kaivannaisjätteisiin liittyvä keskeisin sääntely	13
3.1 Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma	17
4. Kaivannaisjätteiden määrä ja luokittelu	18
4.1 Kaivannaisjätteiden luokittelu ja ominaisuuksien määrittely	19
4.2 Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi jätteeksi	25
4.3 Kaivannaisjätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi	29
5. Rikastushiekka ja sen hyödyntämismahdollisuudet	32
5.1 Sibanye-Stillwaterin Keliber-litiumhanke	37
5.2 Otanmäen ilmeniittihanke	39
5.3 Siilinjärven Kiille-, Biotiitti- ja Kalkkituotanto	42
5.4 Ihalaisen suodatinhiekk- ja maanparannusainetuotanto	44
6. Jätteeksi luokittelun päättymisen	49
6.1 Kevennetty menettely EEJ- ja sivutuotepäätöksentekoon	52
6.1.1 Hyödyntämistoimeen syötteenä käytettävän jätteen kuvaus ja vastaanottokriteerit	54
6.1.2 Hyödyntämistoimen kuvaus	54
6.1.3 Käyttötarkoituksen kuvaus ja kemikaali-/tuotelainsäädännön vaatimuksenmukaisuus	56
6.1.4 Terveys- ja ympäristövaikutusten arviointi	57
6.1.5 Markkinoiden ja kysynnän varmistaminen	59
6.2 Osapuolten roolit EEJ-päätöksenteossa	59
6.3 Sääntelyn kehittyminen – jätelaista kiertotalouslaiksi	61
6.4 Kaivannaisjätteen EEJ-ennakkotapaus, Laiva Gold Oy	64
7. Yhteenveto	66
8. Viitteet	68
Terminologia/sanasto	72



Huomioita:

- Kaivannaisjätteet ovat Suomen suurin jätevirta. Toisaalta Suomi on keskeinen toimija EU:n kriittisten raaka-aineiden turvaamisessa. Tämä tuo **haasteita kiertotaloustavoitteiden ja kasvavien raaka-ainetuotantotavoitteiden yhteensovittamiseen.**
- Rikastushiekan hyödyntämismahdollisuudet perustuvat täysin sen yksilöllisiin ominaisuuksiin.** Hyödyntämisen on oltava taloudellisesti kannattavaa, mutta ohjeistuksessa esitetyt esimerkkitapaukset osoittavat, että sivuvirtojen hyödyntämiseen on kaivosalalla kasvavaa kiinnostusta ja hyödyntämismahdollisuuksia ja -tapoja on lukuisia.



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Huomioita:

- Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien määrittäminen ja **luokittelu perustuu useisiin eri säädöksiin, joiden terminologia on epäyhtenäinen.**
- Luokittelun tarkoituksenmukaistamiseen **olisi mahdollista ottaa kantaa** esimerkiksi kaivosten ympäristösäätelyä koskevassa kehittämishankkeessa.
- Vaikka yleisenä käytäntönä on ollut PIMA-asetuksen kynnysarvojen käyttö kaivannaisjätteiden ominaisuuksien arviointiin, ne eivät sovellu sellaisenaan EEJ-statusen arviointiin. **Soveltuvien raja-arvojen puuttuminen voi aiheuttaa ongelmia päätöksenteossa.**
- Tilastokeskus seuraa mineraalijätteiden käsittelytapoja ja Tukes tilastoi louhintamääriä ja sivukiven osuutta, **mutta sivuvirtojen hyötykäyttöä ei tilastoida keskitetysti.**
- **Kaivosten tuotantovolyymit voivat vaihdella hyvin paljon** varsinaisen tuotteen markkinatilanteen mukaan ja vastaavasti ympäröivän alueen materiaalitarve voi vaihdella merkittävästi, **mikä voi aiheuttaa hetkellistä painetta varastojen kasvattamiseen.**

Laki/asetus	Rooli sääntelyssä
Ympäristönsuojelulaki (527/2014)	Ympäristöluvat, jätealueiden sijoitus, vakuudet
Kaivoslaki (621/2011)	Kaivostoiminnan oikeudellinen kehys, viittaa muihin lakeihin
Jätelaki (646/2011)	Jätteen määritelmä, jätehuollon yleiset periaatteet ja velvollisuudet
Kaivannaisjäteasetus (190/2013)	Käytännön vaatimukset kaivannaisjätealueille ja jätehuoltosuunnitelmille
Kaatopaikka-asetus (331/2013)	Kaatopaikan luokittelu
Jäteasetus (978/2021)	Sovelletaan vain siltä osin kuin kaivannaisjäteasetus ei toisin säädä



Tapauskohtainen päätöksenteko / EEJ- ja sivutuote -menettely

- Hallituksen esitys (HE 160/2025) eduskunnalle laeiksi jätelain, ympäristönsuojelulain, hallinto-oikeuslain ja tuomioistuinlain muuttamisesta.
- Antopäivä: 23.10.2025
- Käsittelyn tila: vireillä
- **Lait on tarkoitettu tulemaan voimaan 1.1.2027**

Linkki: [HE 160/2025 | Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi jätelain, ympäristönsuojelulain, hallinto-oikeuslain ja tuomioistuinlain muuttamisesta | Hallituksen esitykset | Finlex](#)

- Esityksen mukaan jätelaissa säädettäisiin erillisestä menettelystä, jossa **toiminnanharjoittaja voisi hakemuksesta saada päätöksen aineen tai esineen sivutuotteeksi luokittelusta tai jätteeksi luokittelun päättymisestä** (luokittelupäätös).
- Päätöksenteko keskitettäisiin vuonna 2026 toimintansa aloittavalle, valtakunnalliselle **Lupa- ja valvontavirastolle**. Päätöksenteon sujuvuuden vahvistamiseksi yhteisön kuulemista ja muiden kuin asianosaisten **valitusoikeuksia rajoitettaisiin** verrattuna ympäristölupamenettelyyn. Lupa- ja valvontaviraston päätökselle säädettäisiin **kolmen kuukauden ohjeellinen määräaika**.
- Jos materiaalin luokittelua koskeva asia on osa toiminnan aloittamista tai sen laajempaa muuttamista, **luokitteluasian voisi edelleen ratkaista myös ympäristöluvassa tai ilmoituspäätöksessä**, kuten tähänkin saakka. Kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen olisi ympäristölupahakemusta tai ilmoitusta käsitellessään pyydettävä luokitteluasiaan Lupa- ja valvontaviraston lausunto. Näin pyritään varmistamaan ratkaisutoiminnan yhdenmukaisuus.



Kevennetty EEJ- ja sivutuotemenettely

1. **Määrittele aiottu käyttötarkoitus.**
2. Hakemus Lupa- ja valvontavirastoon (LVV)
3. Ennakkoneuvottelut
 - Selkeytetään arviointiperusteet
4. **Kerätään arviointiin liittyvät dokumentit**
5. Markkinoiden ja kysynnän varmistaminen
6. Päätösharkinta ja päätöksen tallentaminen uusiomateriaali-rekisteriin

Menettelyyn vaadittavan dokumentaation todennäköinen sisältö tiivistetysti:

Hyödyntämistoimeen syötteenä käytettävä jäte ja vastaanottokriteerit	Hyödyntämistoimen kuvaus	Käyttötarkoituksen kuvaus ja kemikaali- ja tuotelainsäädännön vaatimuksenmukaisuus	Terveys- ja ympäristövaikutusten arviointi
Jätteen alkuperä, jätteen laatu ja ominaisuudet, jäteluettelon mukainen jätenimike ja tunnusnumero. Hyödyntämistoimeen vastaanotettavan jätteen vastaanottokriteerit. Kuvaus laadunhallinta-järjestelmästä.	Minkälaisesta hyödyntämistoimesta on kyse ja mitä prosessivaiheita siihen kuuluu. Missä vaiheessa hyödyntämistoimi on saatettu loppuun. Materiaalin varastointi.	Suunniteltu käyttötarkoitus ja siihen sovellettavan tuotelainsäädännön vaatimukset. Mihin vaatimuksiin (esim. standardit) kriteerit perustuvat ja miten laatukriteerien täyttymistä valvotaan.	Materiaalin koostumus, mahdolliset epäpuhtaudet, sekä näiden haitta-ominaisuudet ja vapautuminen tuotteesta suunnitellun käytön aikana. Kemialliset, fysikaaliset ja biologiset haitat ja riskit tunnistettu ja arvioitu luotettavasti.



Kiitos!



Kummeli Työmaa - Kaikki Sketsit, Kuva: Yle

#yhtä KUMMELIa

heli.kivisaari@gtk.fi

rita.kallio@gtk.fi



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Flow Loop – pumpattavuuden tutkimuspalvelu

Pastojen reologiatutkimukset

Petri Juntunen, Senior Specialist

Savonia-ammattikorkeakoulu

20.11.2025



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



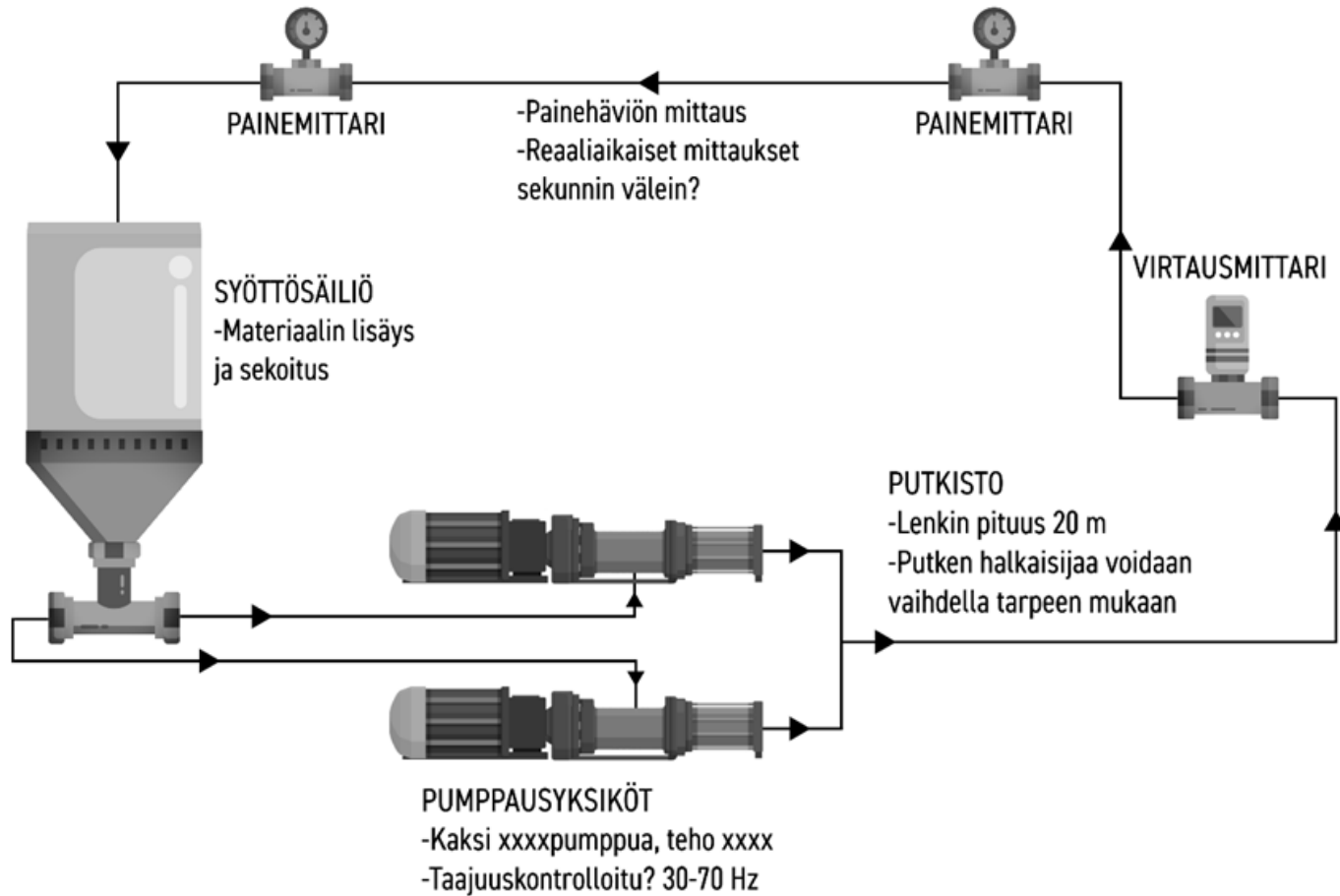
Pohjois-Savon liitto

Miksi pastojen reologiaa pitää tutkia?

- Tärkeä asia, kun suunnitellaan pastojen valmistusprosessia, koska:
- Virtausvastus (viskositeetti) on korkea
- Hyvin pienet **muutokset reseptissä** voivat muuttaa viskositeettiä
 - Kiintoainepitoisuus, reaktiojakauma
 - Sideaineet
 - Lisäaineet (notkistimet)
- Viskositeetti voi muuttua **virtausolosuhteiden** mukaan
 - Virtausnopeuden mukaan (pseudoplastisuus)
 - Ajan myötä (tiksootrooppisuus)



Laitteiston kuvaus

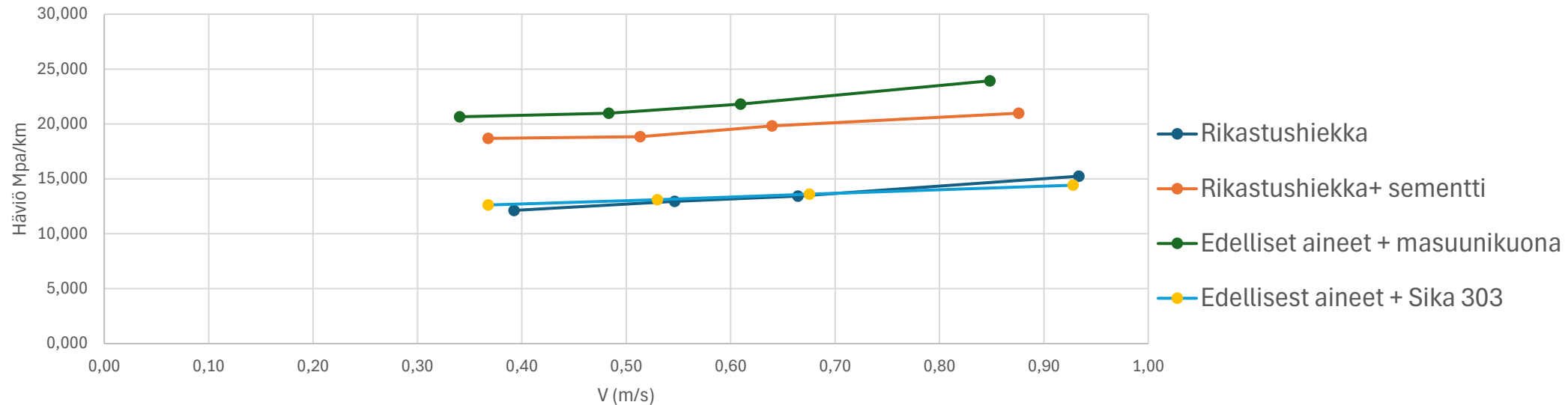
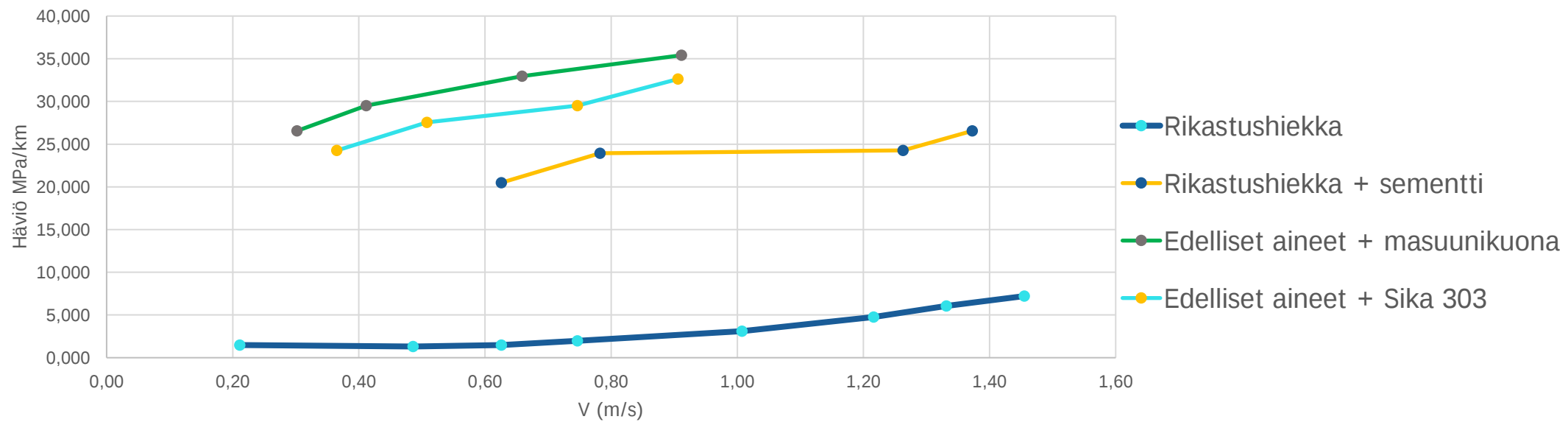


Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027

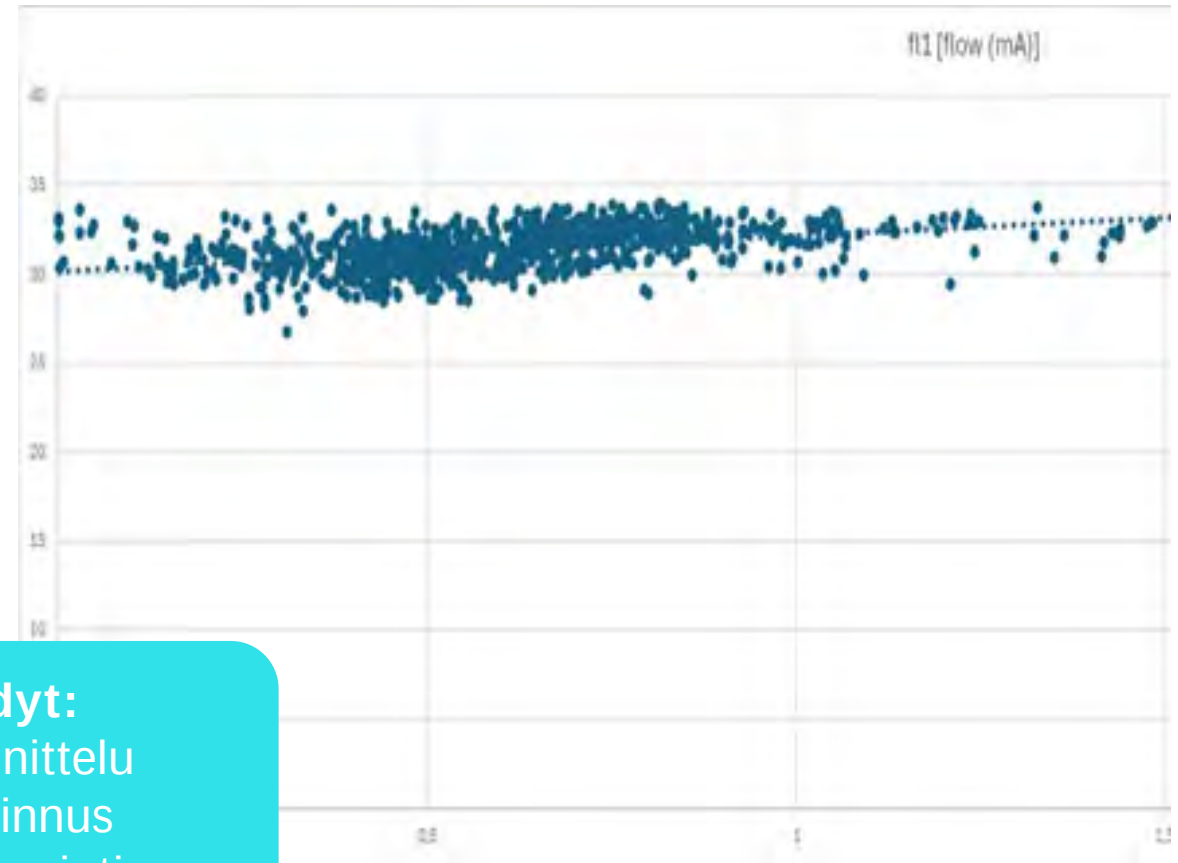


Pohjois-Savon liitto

Pumppausolosuhteiden muutos ajan funktiona



Parametrien estimointi virtauslaskentaa varten



Hyödyt:

- Suunnittelu
- Mallinnus
- Optimointi



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Kiitos!
Kysymyksiä?



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Reseptityökalu

Datan hallintaan ja hyödyntämiseen

Marko Häkkinen 20.11.2025

Savonia-ammattikorkeakoulu



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Tarve

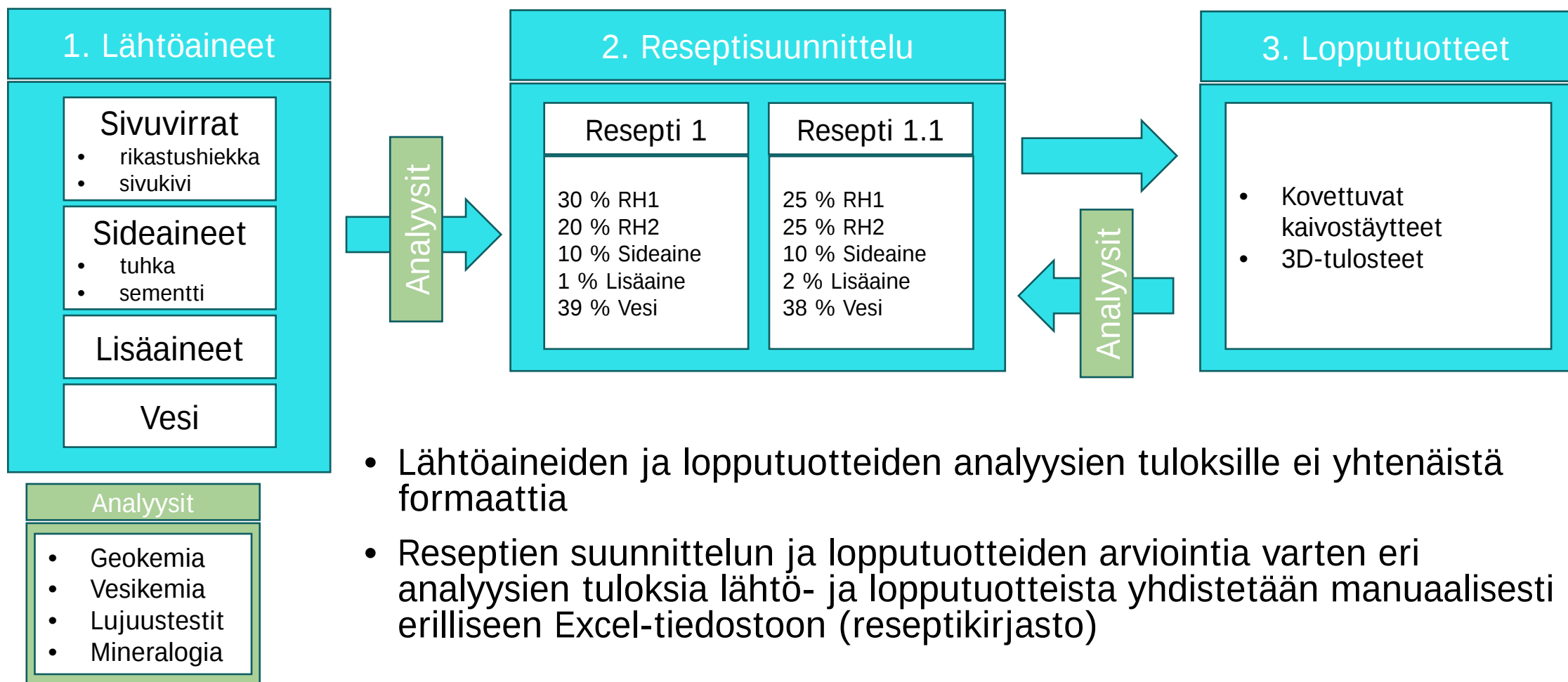
- Selkeiden digitaalisten ratkaisujen puute rikastushiekkojen hyötykäyttöön liittyvien tutkimustulosten tallentamista ja arviointia varten

Tavoitteet

- Konseptin luominen digitaaliselle reseptikirjastolle Kove-Pro- ja SETELIT-hankkeissa kaivannaisteollisuuden sivuvirtojen hyötykäytöstä tuotettujen tutkimustietojen säilyttämisen, arvioimisen ja hyödyntämisen edistämiseksi
- Tietorakenteen määrittäminen reseptien lähtöaineiden ja resepteillä valmistettujen lopputuotteiden tutkimustuloksien muokkaus reseptikirjastoon tallentamista varten
- Syy-seuraussuhteiden selvittäminen SOM-menetelmän avulla erityyppisten lähtöaineiden yhteisreaktioista ja vaikutuksesta lopputuotteen ominaisuuksiin



Reseptien datan hallinnan lähtötilanne



- Lähtöaineiden ja lopputuotteiden analyysien tuloksille ei yhtenäistä formaattia
- Reseptien suunnittelun ja lopputuotteiden arviointia varten eri analyysien tuloksia lähtö- ja lopputuotteista yhdistetään manuaalisesti erilliseen Excel-tiedostoon (reseptikirjasto)



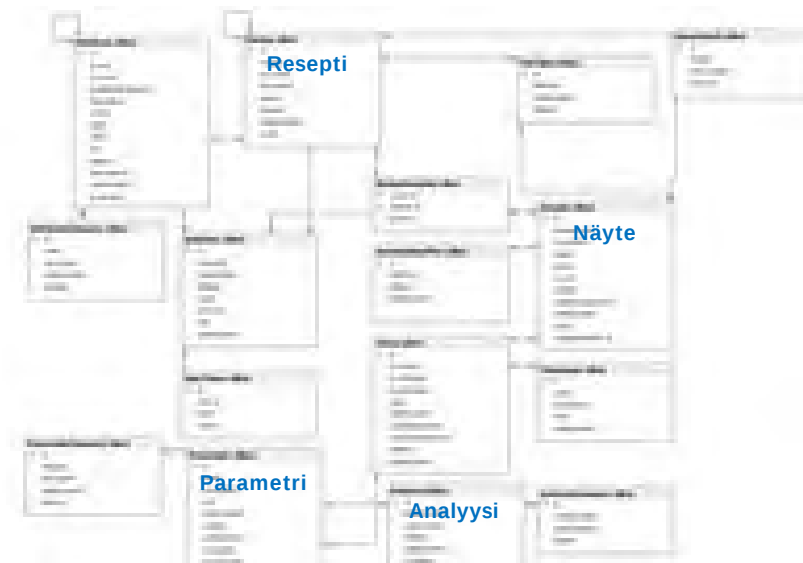
Reseptikirjasto ja -työkalu

Reseptikirjasto

- Tietovarastona relaatiotietokanta, koska sopivaa räätälöitävää avoimen lähdekoodin alustaa ei löytynyt
- Rakenteessa pyritty huomioimaan mahdollisimman joustavasti tuloksien moninaiset esitysmuodot tai niissä mahdollisesti tapahtuvat muutokset
 - ominaisuuksien arvot voivat sisältää esim. numeroita, tekstiä kuten "Tehty" tai analyysien raja-arvon alituksia esittäviä merkintöjä esim. "< X"
 - laboratorioden käyttämät koodistot, merkinnät tai selitteet analyyseille tai parametreille voivat muuttua
- Reseptit ja näytteiden analyysitulokset (lähtöaineet, lopputuotteet)

Reseptityökalu

- Selainpohjainen sovellus
- Näytteiden analyysituloksien Excel-tiedostojen tuontia varten määritetty oma tietorakenne
 - Konseptitestaus tekoälyn hyödyntämisestä samaa tarkoittavien, mutta eri tavoin kirjattujen merkintöjen tunnistamisessa
- Reseptien suunnittelu (lisäys, muokkaus, poisto)
 - kantaan tuotujen lähtöaineiden ja lopputuotteiden linkitys
- Lopputuotteisiin liittyvien analyysituloksien vienti csv-tiedostoon
 - Hyödyntäminen jatkoanalyysissä, kuten syys-seuraussuhteiden selvittäminen tai käyttökohdesoveltuvuuden arvioinnissa



	Eurofins-näytteen...	Näytteen kuvaus	Näytteen nimi	Analyyssikoodi	Analyyssin nimi	Parametrinimi	Parametrinimi	Tuloksen arvo	Tuloksen yksikkö
	693-2024-00018796	Rikastushiekka	GK_PFSO-2024-10.1...	YB27E	Alumiini (Al) / YB22	Alumiini (Al)	3850	mg/kg	
	693-2024-00018796	Rikastushiekka	GK_PFSO-2024-10.1...	YB257	Antimoni (Sb) / YB2...	Antimoni (Sb)	0.388	mg/kg	
	693-2024-00018796	Rikastushiekka	GK_PFSO-2024-10.1...	YB28N	Arseeni (As) / YB214	Arseeni (As)	3.66	mg/kg	
	693-2024-00018796	Rikastushiekka	GK_PFSO-2024-10.1...	YB28P	Barium (Ba) / YB214	Barium (Ba)	76.9	mg/kg	
	693-2024-00018796	Rikastushiekka	GK_PFSO-2024-10.1...	YB250	Beryllium (Be) / YB2...	Beryllium (Be)	0.706	mg/kg	
	693-2024-00018796	Rikastushiekka	GK_PFSO-2024-10.1...	YB27F	Boon (B) / YB22	Boon (B)	<5	mg/kg	
	693-2024-00018796	Rikastushiekka	GK_PFSO-2024-10.1...	YB27L	Fosfori (P) / YB22	Fosfori (P)	101	mg/kg	
	693-2024-00018796	Rikastushiekka	GK_PFSO-2024-10.1...	YB20	Kuningasvesiliuos...	Hajotus	Tehty		



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Reseptityökalu

Home Import Excel **Samples** Recipes Management Logout

[+ Export Blocks](#)

Sample List

BL_SETELIT

Sample Code	Recipe	Name	Description	Added ↑↓	Organisation	Additional Info
> GK_PFSO-2024-23.1; BL_SETELIT 23		GK_PFSO-2024-23.1; BL_SETELIT 23	Rikastushiekka	2.9.2025 klo 6.40.14	Eurofins	Saving to database - test
> GK_PFSO-2024-22.1; BL_SETELIT 22		GK_PFSO-2024-22.1; BL_SETELIT 22	Rikastushiekka	2.9.2025 klo 6.40.14	Eurofins	Saving to database - test

Reseptityökalu

Home Import Excel **Recipes** Management Logout

Recipe

Q Table Search Q Filter by parameter [Search](#) [Reset](#)

Id ↑↓	Description	Added ↑↓	IdResepti	Modify	Recipe
16	SETELIT 14.11.2025 1.0	2025-11-13 22:00		Add Samples Add Attributes	Edit Delete Add
17	SETELIT 14.11.2025 1.1	2025-11-13 22:00	16	Add Samples Add Attributes	Edit Delete Add

<< < 1 > >>

[+ Add Recipe](#)

Attributes

Description	Added	Name	Value	Unit	Additional Info	Modify
Rapid cement	2025-09-02T06:40:15.243	GK_PSFO-2023-6.1; BD_SETELIT 6_CE	10	%	Saving to database - test	Edit Delete
EcoBond	2025-09-02T06:40:15.253	GK_PSFO-2023-5.1; BD_SETELIT 5_EC	3	%	Saving to database - test	Edit Delete
rikastushiekka	2025-10-07T05:30:59.533	GK_PSFO-2023-2.1; MT_SETELIT 2_YA	25	%	Saving to database - test	Edit Delete
rikastushiekka	2025-10-07T05:30:59.57	GK_PSFO-2023-1.1; MT_SETELIT 1_SB	25	%	Saving to database - test	Edit Delete
Prosessivesi	2025-11-12T22:00:00	Vesi	37	%		Edit Delete

[Reset selections](#) [Close and add attributes](#)

Samples in Recipe

Sample Code	Name	Description	Added ↑↓	Organisation	Product	Additional Info	Remove
> GK_PFSO-2024-21.1; BL_SETELIT 21	GK_PFSO-2024-21.1; BL_SETELIT 21	Rikastushiekka	2.9.2025 klo 6.40.14	Eurofins		Saving to database - test	Delete
> GK_PSFO-2023-6.1; BD_SETELIT 6_CE	GK_PSFO-2023-6.1; BD_SETELIT 6_CE	Rapid cement	2.9.2025 klo 6.40.15	Eurofins		Saving to database - test	Delete
> GK_PSFO-2023-5.1; BD_SETELIT 5_EC	GK_PSFO-2023-5.1; BD_SETELIT 5_EC	EcoBond	2.9.2025 klo 6.40.15	Eurofins		Saving to database - test	Delete
BL21_1	BL21_1	Kaivostöytetmassasta valettu koekappale	2.9.2025 klo 6.54.44	Eurofins		Saving to database - test	Delete

Parameter	Value	Unit	Description	Limit	Additional Info
Tiheys	1740	kg/m3	Testdata		Saving to database - test

Analysis:
Name: Tiheyden määrittäminen standardin SFS-EN 12390-7 (2019) mukaisesti kappaleen kosteuden ollessa muutistapurkutilassa ja käyttäen kappaleen todellisia mittoja.
Description: SFS-EN 12390-7 (2019)



Yhteenveto

- Saatiin luotua konsepti alustasta (tietokanta + sovellus)
 - ✓ Mahdollistaa lähtöaineiden ja lopputuotteiden analyysitulosten sekä reseptien keskityn säilyttämisen ja suunnittelun
 - ✓ Tietokannan näytetietoja voidaan viedä mm. csv-tiedostoihin tuloksien jatkoanalysointia varten
- Haasteena eri hankkeissa saatujen analyysituloksien yhteensovittaminen
 - ✓ Eroavaisuudet tuloksissa olevien samojen analyysimenetelmien koodistojen ja parametrien merkinnöissä (ei standardoitua esitystapaa)
 - ✓ Lopputuotteiden analyysitulosten suora vertailu ei mahdollista

Ajatuksia jatkosta

- Tarve lähtöaineistojen analytiikkatietojen yhtenäisemmälle esitystavalle
 - ✓ Tekoälyn tai muun menetelmän hyödyntäminen tunnistamaan ja yhdistämään erilaiset variaatiot
- Reseptityökalun toimintojen monipuolistaminen
 - ✓ Käyttäjälle valittavissa käyttöliittymässä tai vienti-toiminnolla luodussa tiedostossa esitettävät parametrit
 - ✓ Muokkaus käyttäjäystävällisempään muotoon, vielä aika asiantuntijavetoinen (Ohjepolku käyttäjälle?)
 - ✓ Useampien tiedostoformaattien tukeminen vientitoiminnossa
- Rajapintapalvelu tuloksien hakuun tai muiden työkalujen hyödyntäminen tietokannan data käsittelyssä



Kiitos

Marko.hakkinen@savonia.fi

www.savonia.fi



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

3D printing of Tailings at lab and larger scales

Ian Corfe, GTK



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Outline

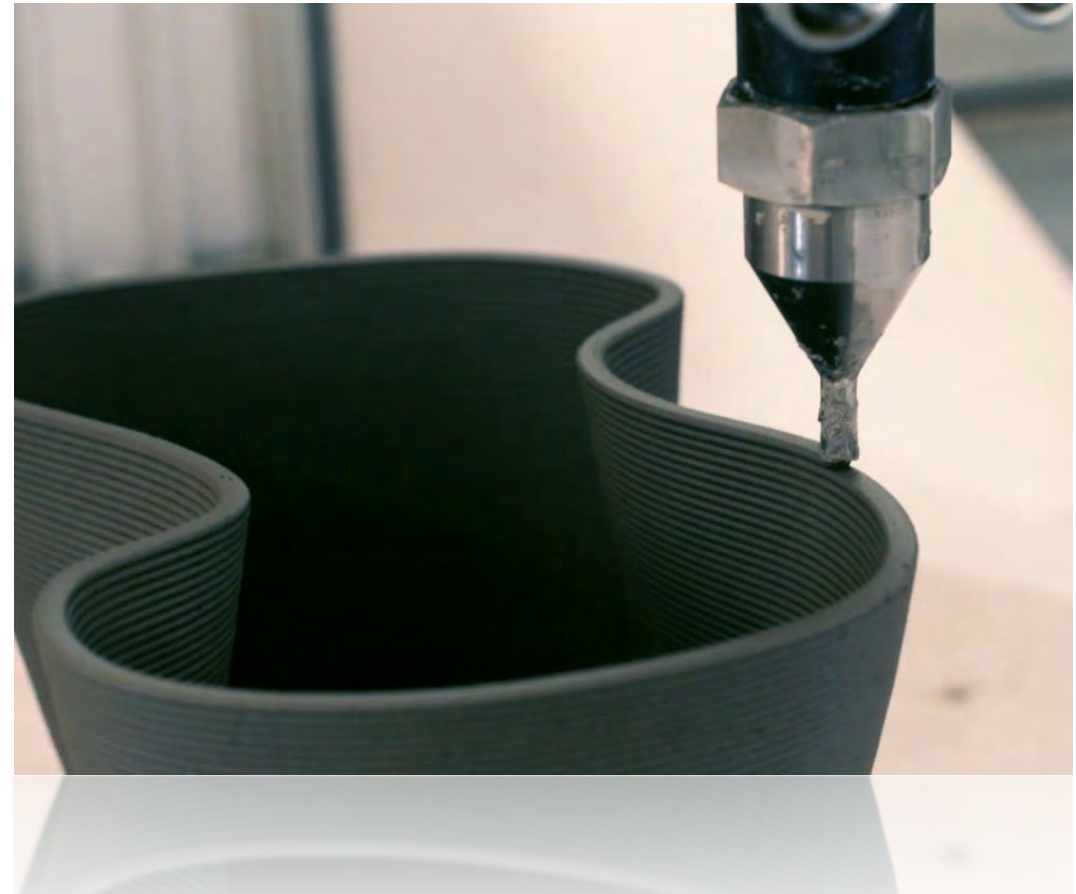
3D printing overview

Aims

Methods

Research progress

Future plans



Euroopan unionin
osarahoittama

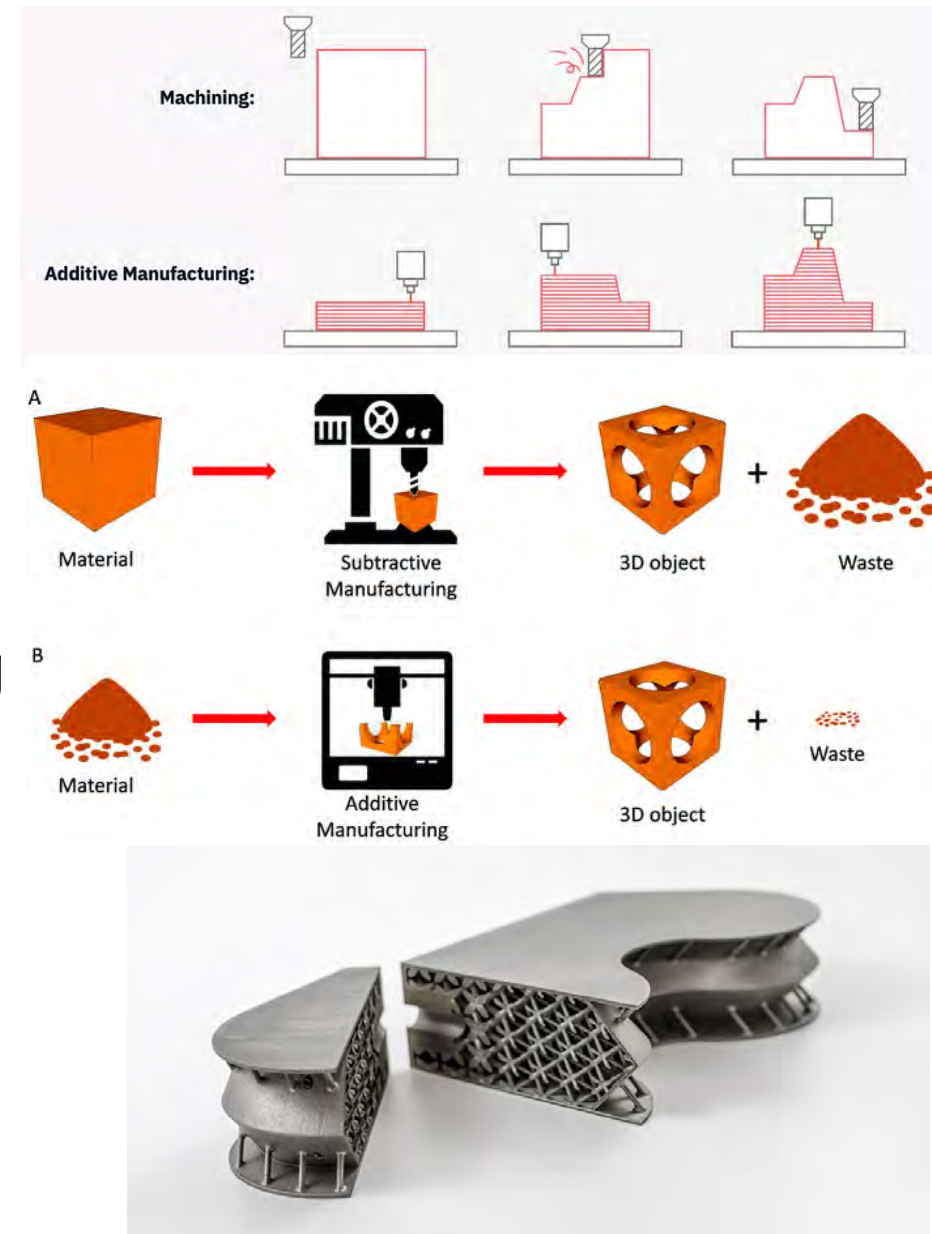
Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

3D printing

- Also known as additive manufacturing (AM)
- Digital data used to control hardware to deposit material layer by layer in precise geometrical shapes
- Contrasts with many conventional manufacturing processes which are subtractive – removing material from an original object by milling, machining, carving etc.
- Allows for the rapid creation of highly customised, lighter and stronger parts, often with complex geometry – especially internal geometry – that can't be achieved with subtractive methods
- Lighter + less waste = **potentially more sustainable**



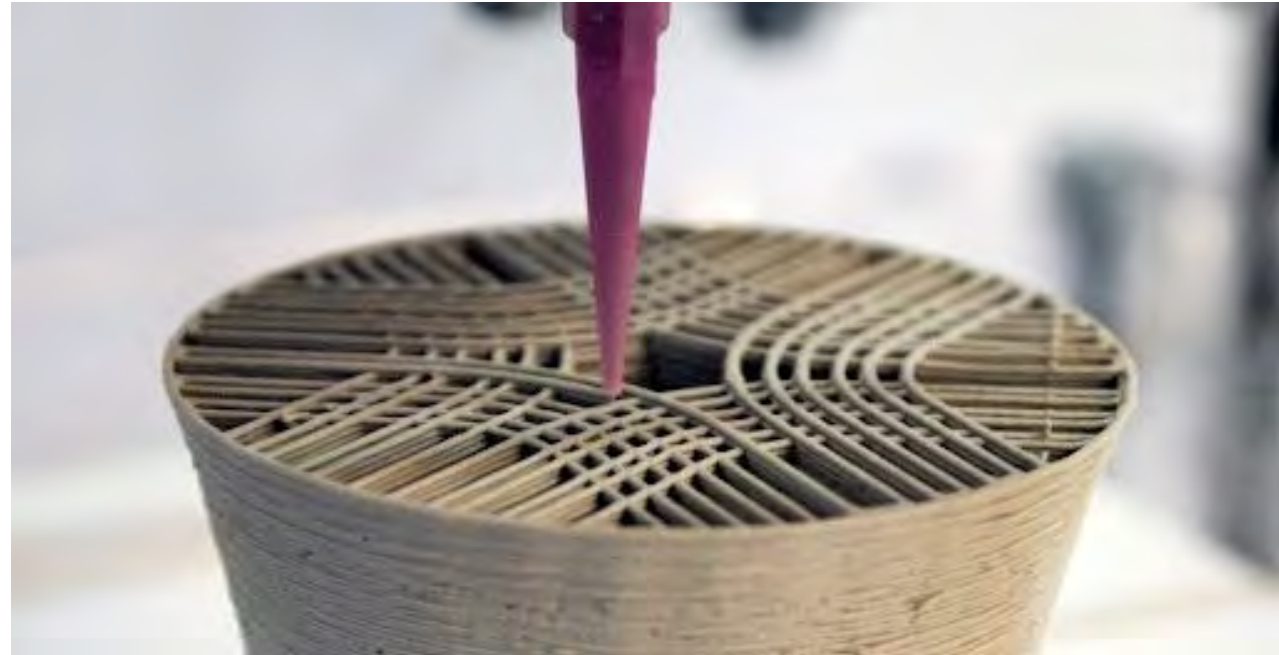
3D printing

- Increasing number of materials, mainly plastics, resins and metals
- Also includes non-metallic geomaterials in form of ceramics, minerals, clays, concretes, geopolymers, sand and gypsum powders...
- Ranging from nanometer to 10's of meters scale
- Initially used mainly for rapid prototyping, final products first used in high value custom industries (aerospace, medical), but increasingly low-cost machines, speed increases and new technologies allow custom mass production



Aims

- Production of biopolymer/tailings composite materials
- Trial of recipes with varied percentages and mixtures of tailings
- Testing of suitability of recipes for lab-scale 3D printing
- Design and 3D printing of decorative/functional objects
- Test scaling to robot-arm printing



Euroopan unionin
osarahoittama

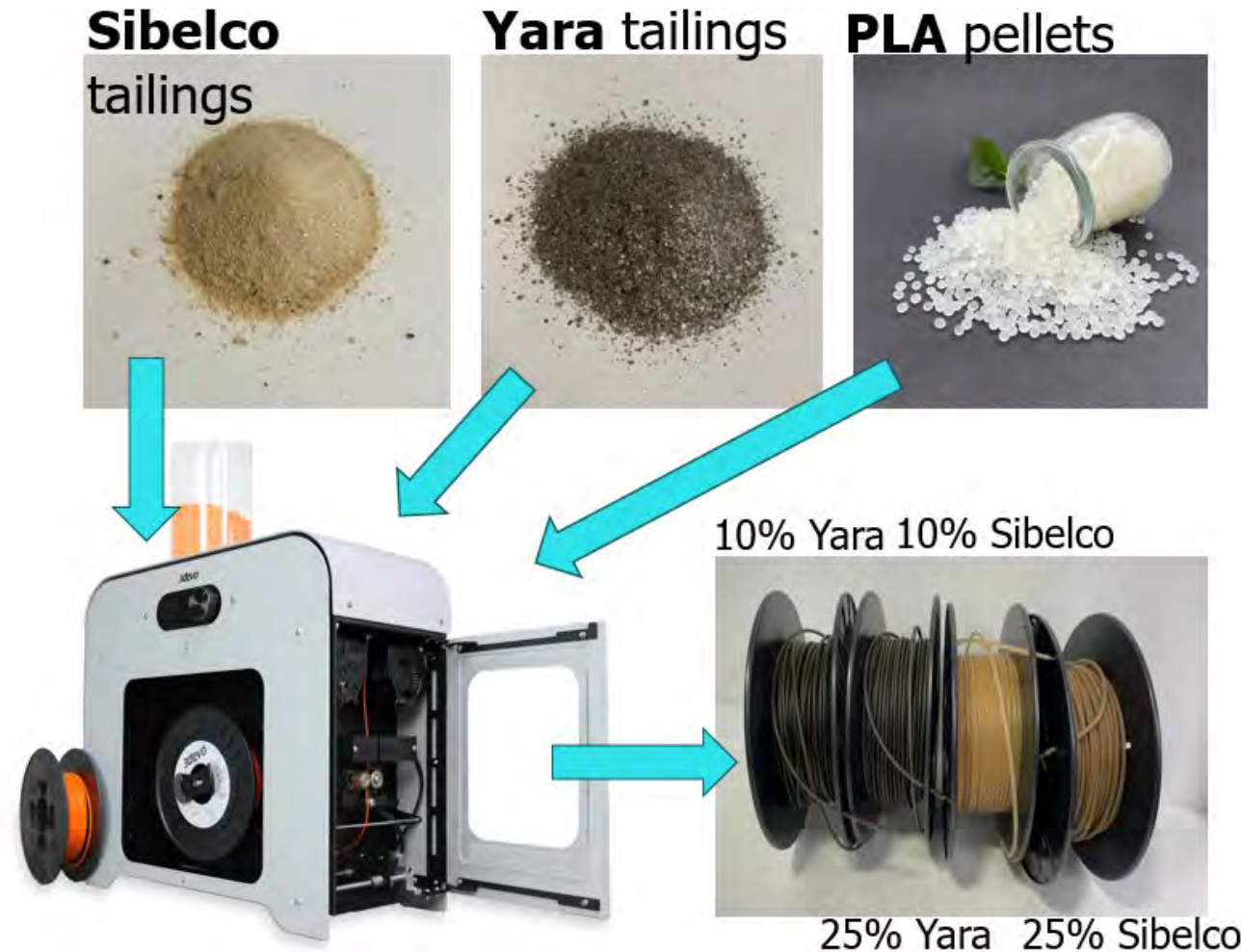
Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Methods – material compounding

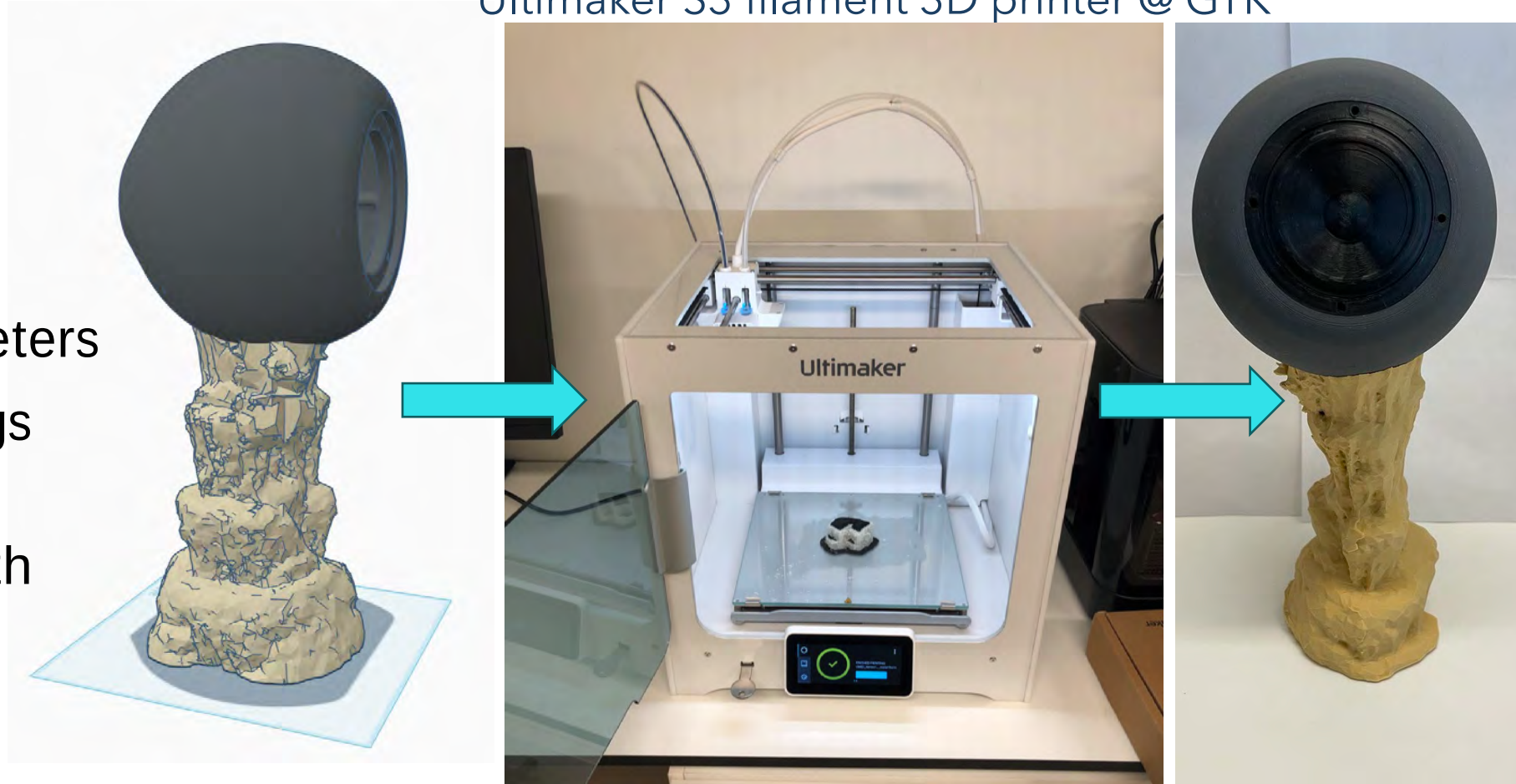
- Drying/sieving/grinding raw tailings for appropriate particle size range (45-150µm)
- Mixing with biopolymer powder/pellets – PLA (PolyLactic Acid, from sugarcane waste – more sustainable than oil-based plastics)
- Compounding at ~200C in 3Devo single screw extruder
- Winding onto filament reel for 3D printer



Methods – design and 3D printing

Ultimaker S3 filament 3D printer @ GTK

- CAD design of objects
- Materials test of 3D printing filaments
- Tuning printing parameters
- Object test (non-tailings material)
- Final object printed with tailings material



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Methods – Tailings material and Recipes

Sibelco
tailings



Yara tailings



Fraction, μm	Mass, g	Mass, %
>125	4129	73.5
>100	436	7.8
>75	506	9
>63	159	2.8
>50	4	<1
<50	386	6.9

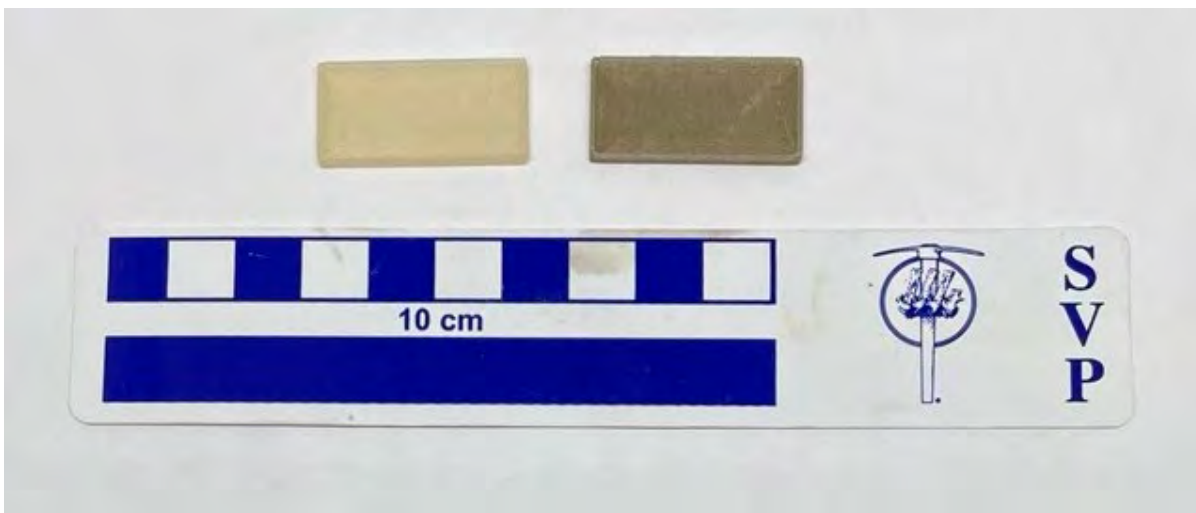
- Size: 5 tailings particle size classes from 50-150 μm (51-63;64-75;76-100;101-125;126-150)
- Tailings:Biopolymer mass ratio
- One tailings material or mixed?

Name	Filament produced?	Filament loadable?	Filament printable?
Sibelco10%			
Yara10%			
Sibelco25%			
Yara25%			
Sibelco50%			
Yara50%			
Sibelco20%_Yara20%			



First Test prints

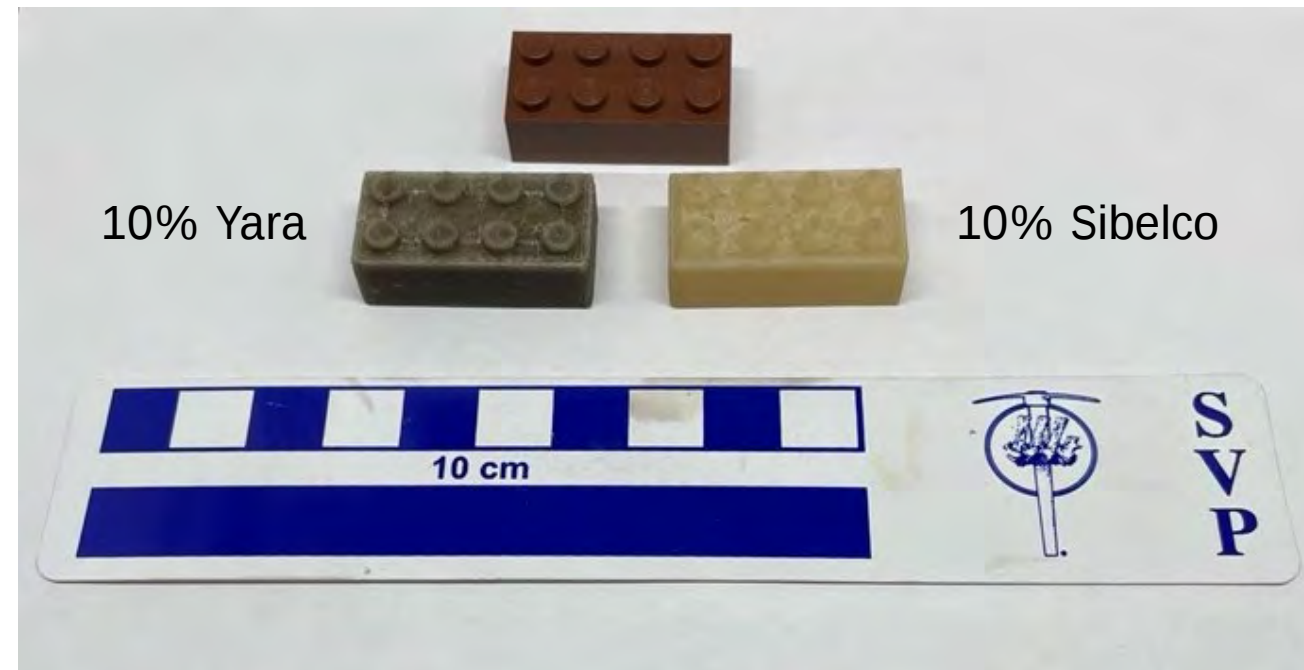
10% Sibelco 10% Yara



Real LEGO! (ABS)

10% Yara

10% Sibelco



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

1st design object prints

Reza's vase No.1

10%
Sibelco

25%
Sibelco

10%
Yara

25%
Yara



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027

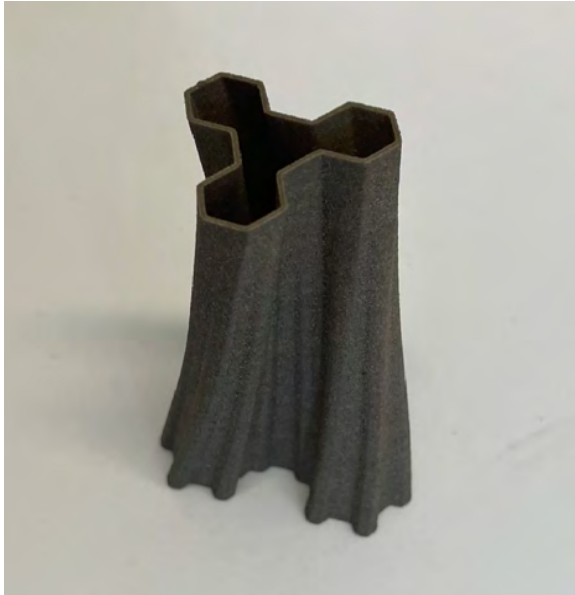


Pohjois-Savon liitto

Further design object prints

Reza's vases 1-3

20% Yara + 20% Sibelco



25% Sibelco



Euroopan unionin
osarahoittama

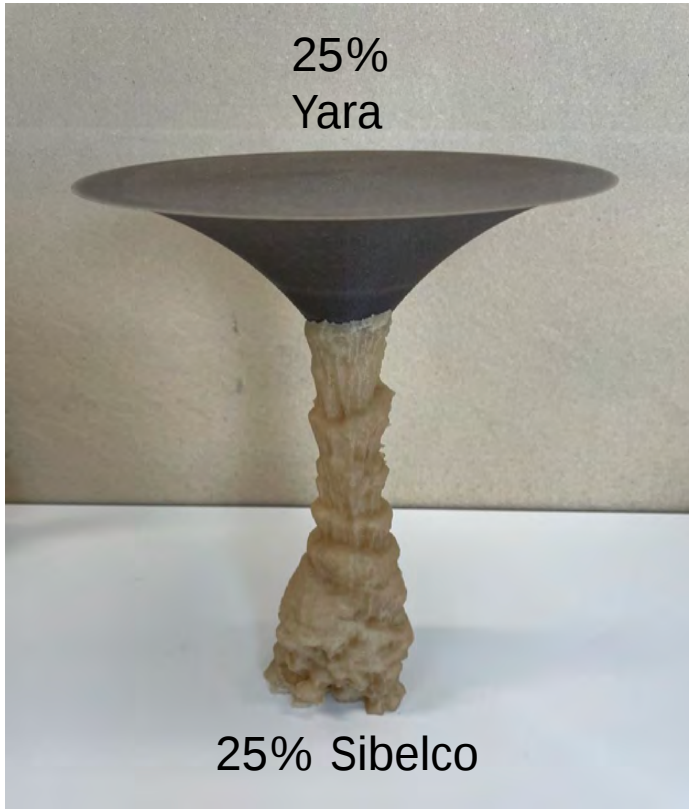
Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Further design object prints – own design

Stalagmite | Superelipse



Euroopan unionin
osarahoittama

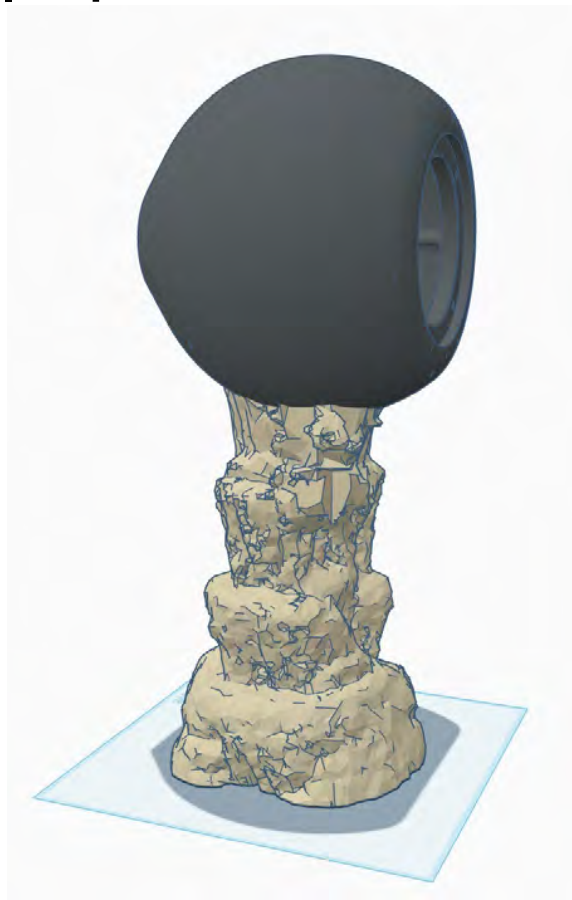
Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Further design object prints – own design

Stalagmite | Speaker



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Further own design prints – Lab equipment



Recycling shredder tray

Original 20% Sibelco, 20% Yara



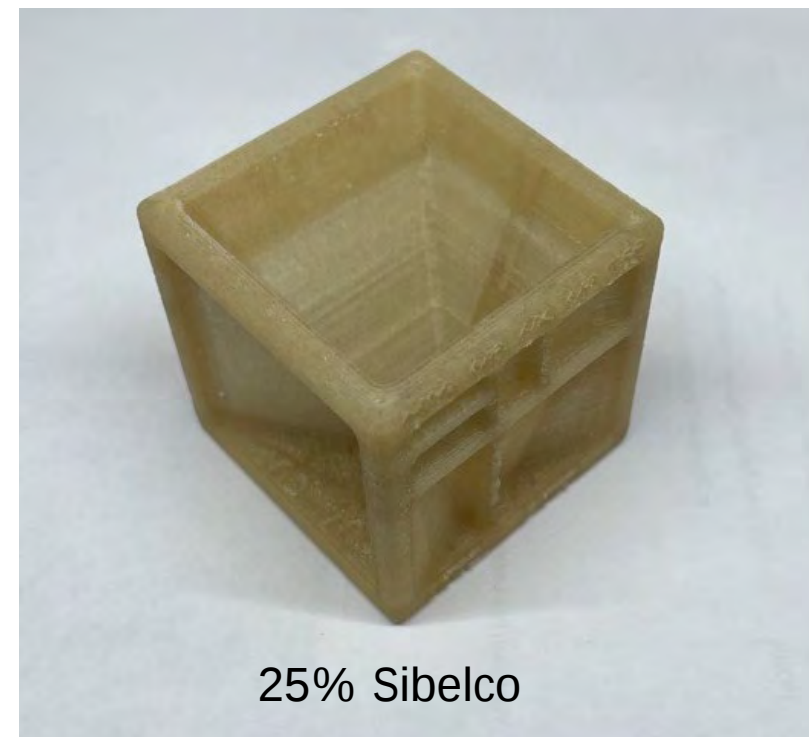
Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Further design object prints – Requests



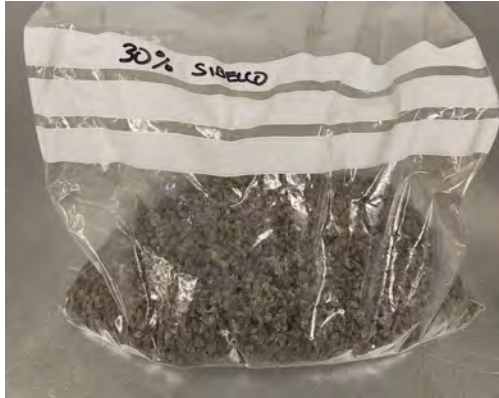
Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027

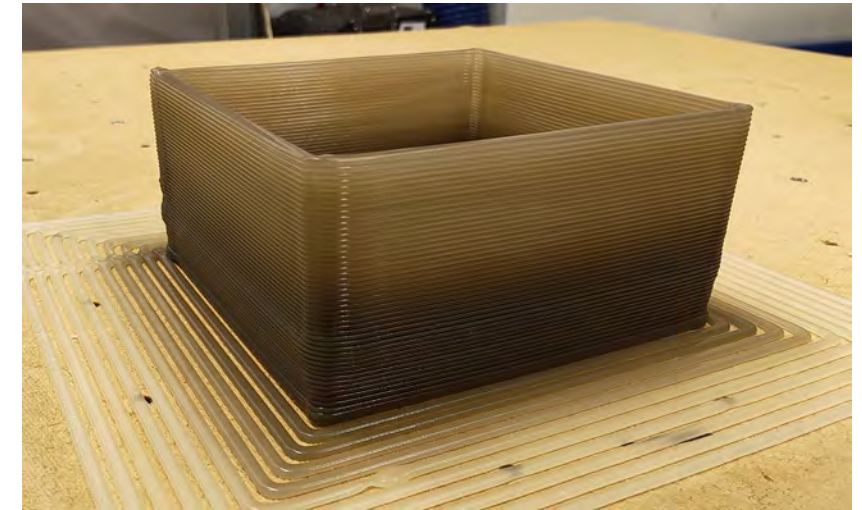
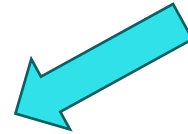


Pohjois-Savon liitto

Robot scale printing



Layer width: 8mm
(0.4-0.6mm in lab)
Layer height: 2mm
(0.1-0.2mm in lab)



Euroopan unionin
osarahoittama

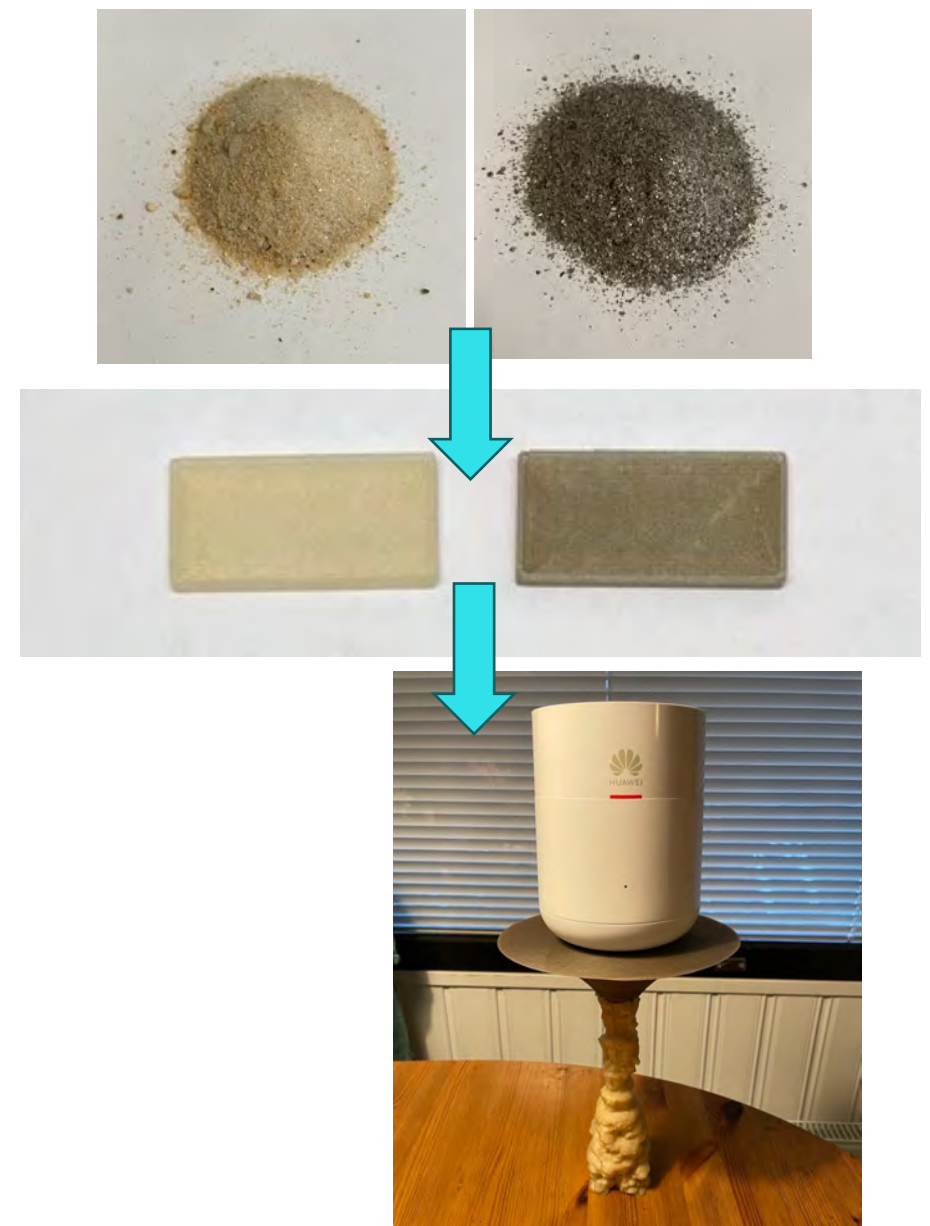
Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

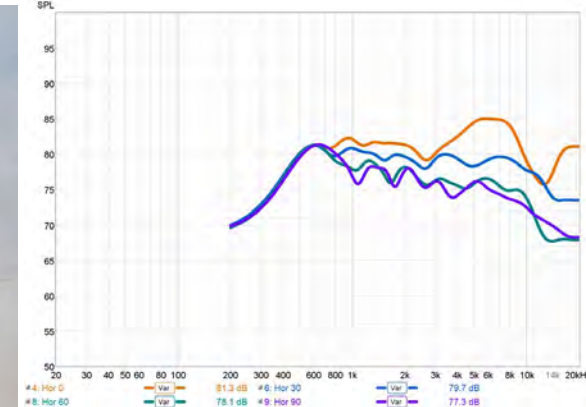
Learning and improved capabilities from setelit project

- Broader particle size range compounded and printed
- Equaled highest mineral %
- Increased range of mineral types
- Material processing (sieving, grinding) knowhow increased
- First mixed mineral compounding and printing, relatively high mass % (40)
- Scaling of prints from 0.4mm line width to 8mm line width



Future research

- Permanent molds for pouring CPB material into
- Speaker housing and stand print, testing audio spectrum (Aalto collaboration)
- Larger particle size – robot arm printing of Yara tailings, to see how visible mica flakes print/look/behave
- Higher % tailings content, 50%+
 - *Likely require additives to reduce brittleness, e.g. PEG (polyethylene glycol) or beeswax*
- Mechanical strength testing – collaboration
- Structural characterisation to see how tailings interact with biopolymer in compounding and printing stages (SEM, XCT imaging)





Kiitos / Thanks!

ian.corfe@gtk.fi

www.gtk.fi



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Geopolymerisoinnilla kohti lisäarvoa

Keko Geopolymeerit Oy

Jouni Rissanen 20.11.2025



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Alkaliaktivoidut materiaalit

- Alkaliaktivoidut materiaalit ovat epäorgaanisia sideaineita.
 - Sama funktio kuin sementillä
- Raaka-aineena usein piitä, alumiinia ja kalsiumia sisältävä mineraalinen sivuvirta.
- Aktivaattoriliuos saa raaka-aineen liukenemaan ja reagoimaan.
- Geopolymeerit ovat alkaliaktivoitujen materiaalien alaryhmä.
 - Eivät sisällä juurikaan kalsiumia



Lisäarvoa alkaliaktivoinnilla

- Sivuvirtojen tehokas hyödyntäminen
 - Monipuolinen raaka-ainevalikoima
 - Edulliset raaka-aineet
 - Pienet CO₂-päästöt
- Lopputuotteen ominaisuudet
 - Lujuus
 - Kestävyys
 - Haitta-aineiden stabilointi
 - Erityiset funktionaaliset ominaisuudet



Jokaiselle sivuvirralle mahdollisimman arvokas käyttökohde

Geopolymeeri Maarakennus

Sementin raaka-aine

Sideaine

Keinotekoinen aggregaatti

Alkaliaktivointi

Runkoaine

Sementin seosaine

Aktivaattori

Kaatopaikka

Stabilointi



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



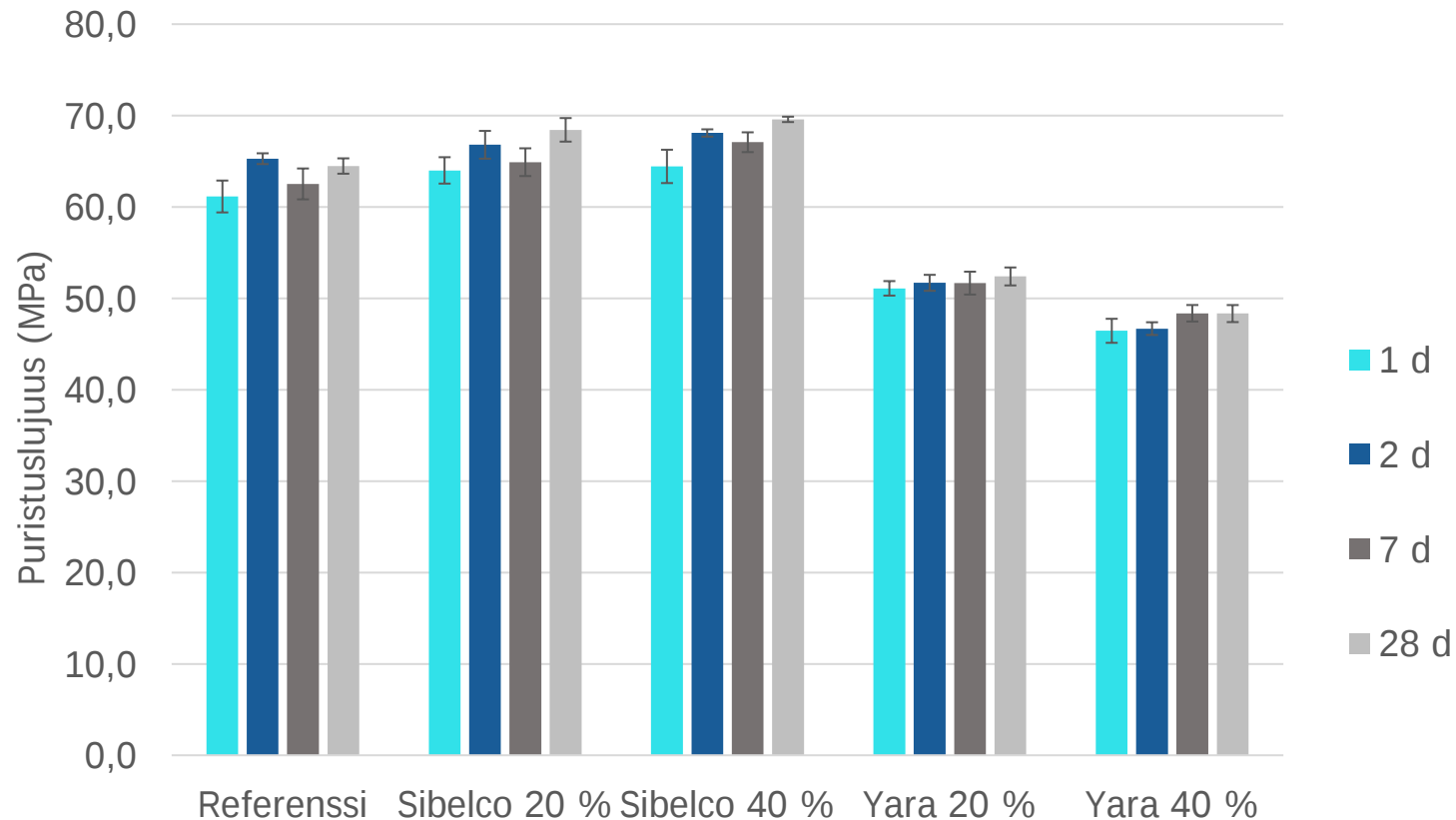
Pohjois-Savon liitto

Case esimerkki: Rikastushiekat geopolymeerilaastin runkoaineena

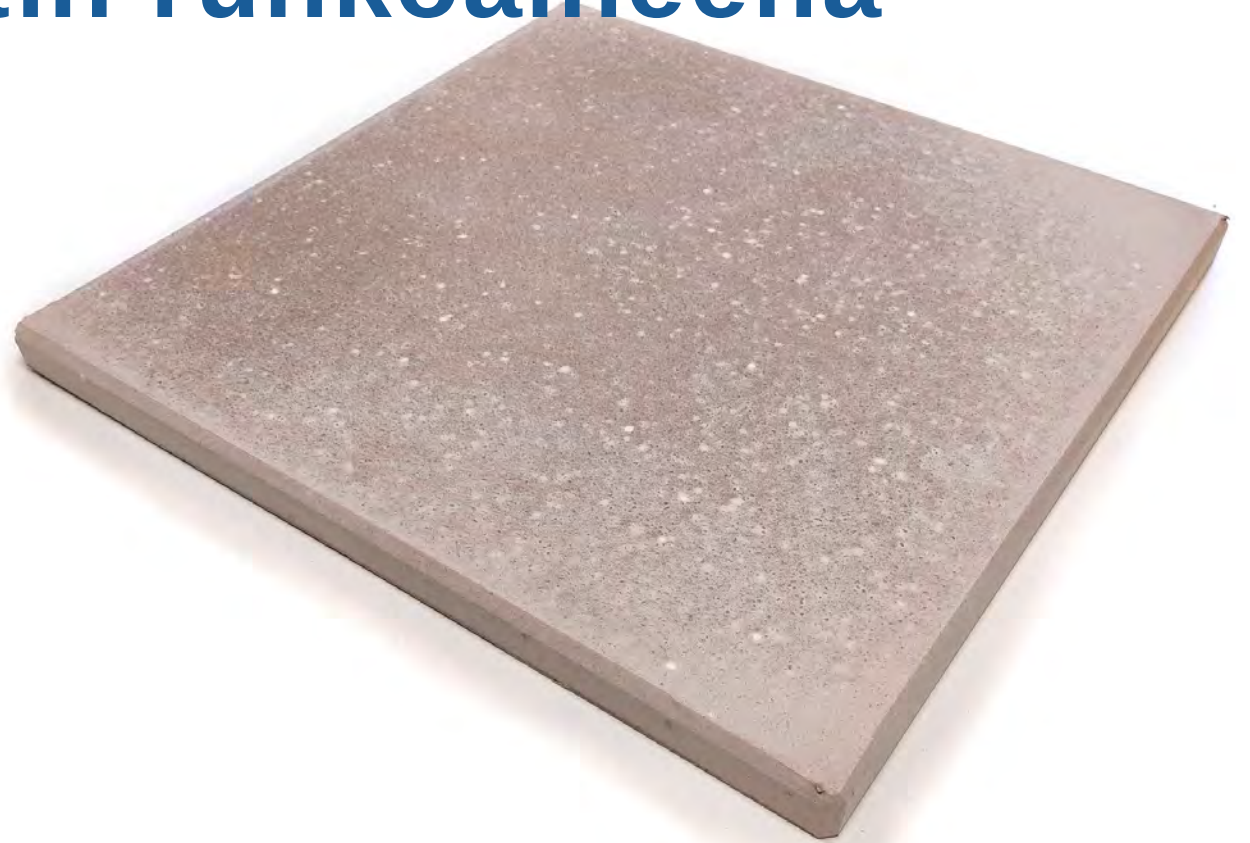
- Rikastushiekat tiedettiin hyvin inerteiksi, joten ne eivät soveltuneet geopolymeerin raaka-aineeksi
- Rikastushiekkoja hyödynnettiin metakaoliini-pohjaisen geopolymeerilaastin runkoaineena
 - Rikastushiekoilla korvattiin 20 - 40 % tavanomaisesta hiekasta
- Materiaalia voisi hyödyntää esim. keraameja muistuttavien sisustuslevyjen valmistukseen



Case esimerkki: Rikastushiekat geopolymeerilaastin runkoaineena



Case esimerkki: Rikastushiekat geopolymeerilaastin runkoaineena



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

KEKO

Geopolymeerit Oy

Kekon T&K -palvelut tukevat sivuvirtapohjaisten materiaalien kiertotaloutta:

- Alkaliaktivointi
- Geopolymeerit
- Muut vaihtoehtoiset sideaineet
- Sementin seosaineet
- Runkoaineet



www.kekogeopolymeerit.fi
jouni@kekogeopolymeerit.fi
[+358505337475](tel:+358505337475)



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto

Kiitos



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027



Pohjois-Savon liitto