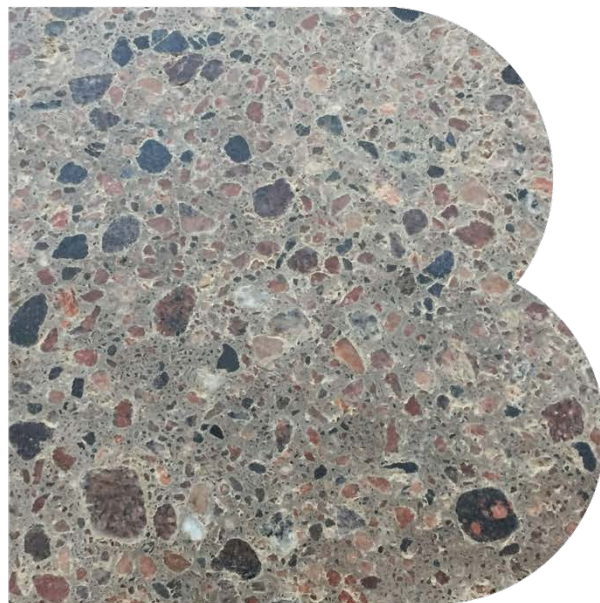




Loppuraportti

31.5.2025



Euroopan unionin rahoittama –
NextGenerationEU



Viite

Erityisavustuspäätös/myönteinen päätös 25.4.2022 (allekirjoituspv. 27.4.2022) VN/4809/2022

Erityisavustuspäätöksen muutospäätös 22.2.2023 VN/4809/2022 (jatkoaika)

Erityisavustuspäätöksen muutospäätös 26.4.2024 VN/4809/2022

Erityisavustuspäätöksen muutospäätös 2.10.2024 VN/4809/2022 (jatkoaika)

Avustushakemus

Vähähiilinen, teolliseen tuotantoon soveltuva, polttamaton massiivisaviseinä ylijäämä-
materiaaleista (Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelma)

Hakija

Vihdin Betoni Oy (Y-tunnus 1500124-1)

Ahmoontie 300

03400 Vihti

Yhteyshenkilö

Kristiina Kuusiluoma, arkkitehti SAFA

kiti@collaboratorio.fi, +358 45 352 7911

Hankkeen kokonaiskesto: 27.4.2022-30.4.2025

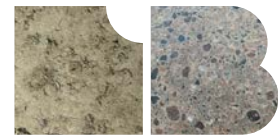
Väliraportointi ja -maksatus: 27.4.2022-30.4.2024

Loppuraportointi ja -maksatus: 30.4.2025



Sisällysluettelo

Sisällysluettelo.....	3
1 Tiivistelmä Summary	4
2 Hankkeen tausta ja tavoitteet.....	7
3 Hankkeen osapuolet ja menetelmät.....	7
4 Hankkeen tulokset.....	9
5 Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset.....	13
6 Viestinnän toteutuminen ja tulokset.....	14
7 Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	17
8 Talousraportti.....	18
9 Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	19
10 Yhteenveto hankkeen päätuloksista Summary of the Project's Key Results.....	21
Keskeiset hankkeen tulosdokumentit	29
Liitteet.....	29



1 Tiivistelmä | Summary

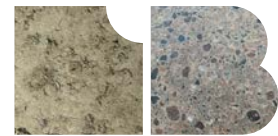
Tämän loppuraportin kohteena on Vihdin Betoni Oy:n ja Collaboratorio Oy:n yhteishanke, jonka tavoitteena on kehittää ekologinen ja kestävä rakennusmateriaali ja -järjestelmä hyödyntämällä ylijäämäisiä, polttamattomia maa-aineksia (kiveä ja savea) sekä rakennus- ja teollisuusjätteitä. Kehitettävästä materiaalista valmistettavan rakennusjärjestelmän on tarkoitus soveltua teolliseen tuotantoon, vähentää merkittävästi rakentamisen hiilijalanjälkeä ja jätteiden määrää sekä tukea ilmastonmuutokseen sopeutumista.

Hanke on jatkoa vuonna 2017 alkaneelle yhteiselle kehitystyölle, ja tämä raportti kattaa hankkeen edistymisen ajanjaksolla 27.4.2022–30.4.2025. Hanke on osa Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmaa, ja sitä rahoitetaan erityisavustuksella. Hankkeessa on edetty pääpiirteissään hankesuunnitelman mukaisesti seuraavilla osa-alueilla: materiaalien tutkimus ja hankinta, tuotantotekniikan kehittäminen, prototyyppien valmistus ja testaus sekä viestintä ja sidosryhmäyhteistyö. Hankkeen aikana on seurattu tiiviisti muutostarpeita ja niihin on reagoitu hakemalla muutosta alkuperäiseen päätökseen.

Merkittävimpänä hankkeen saavutuksena voidaan pitää uuden yrityksen, Luonnonbetoni Oy:n, perustamista 9.3.2025. Yritys jatkaa kehitetyn rakennemateriaalin ja -järjestelmän jatkokehitystä ja kaupallistamista. Rakennemassan kehityksessä ja tutkimuksessa on edistytty merkittävästi: rakennusjätteen käyttöä on pilotoitu (esimerkiksi Finlandia-talon purettu julkisivumarmori), eri massakoostumuksia ja kuituvahvisteita on testattu, ja sementtistabiloinnin sekä betonimurskan lisäämisen vaikutuksia on arvioitu. Koe-elementeillä suoritetuissa testeissä on saatu innostavia tuloksia muun muassa seuraavilla osa-alueilla: Böhmin testi, M1-luokitus, liukkaus-, jäätymis-sulamis-, puristus- ja kuormituskokeet sekä kiinnitystestit. Lisäksi on toteutettu kiinnikkeiden ja saumauksien testauksia sekä vetokokeita. Laatu- ja seurantajärjestelmän kehitystyö koko tuotantoketjulle raaka-aineista asennukseen on käynnistetty. Samoin viestintä ja yhteistyö sidosryhmien kanssa ovat edenneet, ja ympäristöseloste (EPD) sekä tuotekortit on laadittu suunnitellusti.

Hankkeessa on kohdattu myös haasteita, erityisesti soveltuvien pilottikohteiden löytämisessä, testausten logistiikassa ja aikataulutuksessa, näytteiden valmistuksen ja olosuhteiden dokumentoinnissa sekä testausinfrastruktuurin saatavuudessa.

Loppuraportissa esitellään hankkeen tavoitteet, toteutetut toimenpiteet, saavutetut tulokset sekä esiin nousseet riskit ja jatkotutkimustarpeet. Lisäksi raportoidaan hankkeen budjetin ja rahoitussuunnitelman toteutuminen sekä viestinnän edistyminen. Hanke on auttanut hankekumppaneita etenemään suunnitellusti kohti ekologisesti kestävien, polttamattomien massiivisavituotteiden teollista tuotantoa ja vahvistamaan asemaansa vähähiilisen rakentamisen kansainvälisenä edelläkävijänä.



ENG

Summary

This final report concerns the joint project of Vihdin Betoni Oy and Collaboratorio Oy, which aims to develop an ecological and sustainable building material and system by utilizing surplus, unfired earth materials (stone and clay) as well as construction and industrial waste. The building system developed from this material is intended to be suitable for industrial production, significantly reduce the carbon footprint of construction and the amount of waste, and support climate change adaptation.

The project continues the joint development work that began in 2017, and this report covers the project's progress during the period from April 27, 2022, to April 30, 2025. The project is part of the Low-Carbon Built Environment Programme and is funded through a special grant. The project has progressed largely in accordance with the project plan in the following areas: research and procurement of materials, development of production technology, prototype manufacturing and testing, as well as communication and stakeholder collaboration. Throughout the project, changes have been closely monitored and responded to by applying for amendments to the original decision when necessary.

The most significant achievement of the project is the establishment of a new company, Luonnonbetoni Oy, on March 9, 2025. The company will continue the further development and commercialization of the building material and system created during the project. Significant progress has been made in the development and research of the structural mass: the use of construction waste has been piloted (for example, the dismantled marble façade of the Finlandia Hall), various mix compositions and fiber reinforcements have been tested, and the effects of cement stabilization and the addition of crushed concrete have been evaluated. Tests conducted on experimental elements have yielded encouraging results in areas such as the Böhm test, M1 classification, slip resistance, freeze-thaw durability, compression and load tests, and anchoring tests. In addition, fastener and joint testing, as well as tensile tests, have been carried out. The development of a quality and monitoring system for the entire production chain, from raw materials to installation, has been initiated. Communication and stakeholder cooperation have also progressed, and an Environmental Product Declaration (EPD) and product sheets have been completed as planned.

The project has also encountered challenges, particularly in identifying suitable pilot sites, managing logistics and scheduling for testing, documenting sample preparation and conditions, and accessing testing infrastructure.

This final report presents the project's objectives, actions taken, results achieved, identified risks, and future research needs. It also reports on the implementation of the project's budget and funding plan, as well as progress in communication efforts. The project has supported the project partners in advancing toward the planned goal of industrial production of ecologically sustainable, unfired earthen products and in strengthening their position as international pioneers in low-carbon construction.



Kuva. Ympäristörasitustestin koekuuti ennen pintakäsittelyä.



2 Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hanke pohjautuu Collaboratorio Oy:n ja Vihdin Betoni Oy:n vuonna 2017 alkaneeseen kehitysprojektiin, jossa vuosina 2020–2021 toteutettiin Hämeen ELY-keskuksen tukema massiivisaven tutkimus- ja kehittämishanke. Projektissa kehitettiin rakentamiseen soveltuva massiivisavimateriaali "Luonnon betoni" sekä työmenetelmiä sen käytölle erityisesti lattiarakenteissa. Tuloksena syntyivät ensimmäiset pilotit, joissa materiaalia käytettiin lattioiden, sisäseinien ja huonekalujen rakentamiseen.

Kansainvälisiä yhteistyökumppaneita ovat olleet mm. Martin Rauch ja Hanno Burtscher (Itävalta), Ulrich Röhlen (Claytec, Saksa), Lothar Grün (Ecoluft, Saksa) sekä toimijoita Sveitsistä, Ranskasta ja Baltiasta. Kotimaisia yhteistyötahoja ovat olleet mm. Arkkitehtitoimisto Livady, arkkitehti Kasper Jämfelt, tutkijat Tapio Strandberg ja Mikael Westermarck sekä yritykset kuten Wienerberger, Rudus, Suomen Luonnonmaalit, Vahanen, RASEKO ja A-insinöörit. Hanke liittyy myös Tampereen yliopiston ja professori Juha Vinhan työhön vähähiilisiin rakennusmateriaaleihin liittyen.

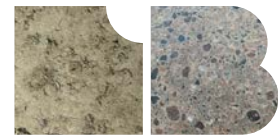
Hankkeen päämääränä on tarjota ilmastonmuutoksen hillintään vähähiilinen vaihtoehto betonille kehittämällä teollisesti valmistettava massiivisavirakennejärjestelmä talonrakentamiseen. Lisäksi tavoitteena on tukea ilmastonmuutokseen sopeutumista hyödyntämällä massiivisaven termistä massaa rakennusten sisäilman ja lämpötilan hallinnassa, mikä vähentää jäähdytyksen tarvetta. Kolmanneksi hanke edistää kiertotaloutta: raaka-aineina hyödynnetään ylijäämäisiä maa-aineksia (savea ja kiviaineksia) sekä rakentamisen ja/tai teollisuuden jätevirtoja. Massiivisavesta valmistettu rakennus voidaan purkaa ja materiaalit uudelleen käyttää kokonaisuudessaan ilman ominaisuuksien menetystä tai energiantensiivistä prosessia.

3 Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Päähakija, päätoteuttaja:	Vihdin betoni Oy, yhteyshenkilö Hannu Kaikkonen
Osatoteuttaja ja hankkeen vastuullinen vetäjä:	Collaboratorio Oy, yhteyshenkilö Kristiina Kuusiluoma
Asiantuntija, rakenne- ja tutkimussuunnittelu:	Volante Oy, yhteyshenkilö Sami Volanen
Tutkimuslaitokset	Metropolia
Yritykset	AFRY (ent. Vahanen Rakennusfysiikka), Eurofins, Contesta, Fila Solutions SPA

Hankkeen tavoitteiden saavuttamiseksi on hyödynnetty seuraavia menetelmiä: vertailuanalyysiä (benchmarking), tutkimusmenetelmiä, kokeellisia testejä, prototyyppien valmistusta, analysointia, aineiston keruuta sekä viestintä- ja yhteistyökäytäntöjä.





4 Hankkeen tulokset

Hankkeen tavoitteiden ja suunniteltujen tulosten toteutumisen arviointi ja mahdollisten poikkeamien syyt.

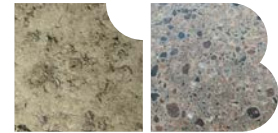
Vaiheen tulosta verrataan tavoitteeseen asteikolla 1–3:

1 Vaiheessa saavutettiin edistystä. 2 Tavoite saavutettiin osittain. 3 Tavoitteeseen päästiin pääosin.

TEHTÄVÄ	TAVOITE	TULOS	ARVIOINTI/POIKKEAMINEN
1: YLIJÄÄMÄRAAKA-AINEIDEN TUTKIMINEN			
1.1 Kiviaines	Ylijäämäkiviainekset ja uusiokäyttö: materiaaliähteiden selvitys (mm. murskatun betonin soveltuvuus ja potentiaali hiilen sitomiseen)	- Rakennusjätteen hyödyntäminen LB-massassa (Case Finlandia-talon julkisivujen marmorilaatat) - Muiden ylijäämäkiviähteiden selvitys → löydetty sekoitukseen hyvin soveltuva ylijäämäkiviaines - Löydetty massaan soveltuva kivikuitu (basaltti) - Pilotoitiin Vihdin betonin ylijäämäbetonin hyödyntäminen - Jatkokehitys: murskatun betonin hyödyntäminen	3- (pilottikohteessa halutaan minimoida betoninkäyttö)
1.2 Savimateriaali	Ylijäämämaasaven hankinta, materiaaliähteiden selvitys (kumppanit + määrät?)	- On löydetty soveltuva kohde läheltä tuotantopaikkaa - Saven laatu varmistettu	3
1.3 Laadunvarmistus-suunnitelma ja testausmenettelyt	Ympäristökelpoisuuden varmistaminen (haitta-aineet), käyttökelpoisuus tuotteessa, tasalaatuisuus, näytteenottosuunnitelma	- Case Finlandia-talo onnistuneesti suoritettu, laatat tutkittu kemiallisesti ja mikrobiologisesti mahdollisten haitta-aineiden selvittämiseksi, selvitetty soveltuvuus aiottuun käyttöön, ympäristölupa haettu, laatat varastoitu Vihdin betonin tontille luvan mukaisesti - Laadunvarmistussuunnitelma ja testausmenettelyt saviaineksen osalta, Ylijäämä savimateriaalin hankintaohje laadittu - Jatkokehitys: Ylijäämäisen kivimateriaalin hankintaohje	3
1.4 Viranomaisasiat	Esiselvitys jätteiden tuotteistamiseen	Case Finlandia-talo	3
1.5 Näytteenotto	Näytteenoton pilotointi testieristä	Case Finlandia-talo, näytteenotto (kemialliset ja mikrobiologiset tutkimukset)	3
	Toimintamalli ja toimittajakumppanit materiaalien hankintaan	Tiedossa kumppanit kiviaineksen sekä saven	3



		hankintaan, ylijäämäisen aineksen osuus nyt noin 40 % Tiekartta laadittu, jotta päästään 100% ylijäämäisen raaka-aineen osuuteen.	
2: SEKOITUKSEN KEHITYS			
2.1 Sekoitusten teko	Seinäelementtiin soveltuvat sekoitukset testimateriaaleista	Koesekoitukset tehty	3
2.2 Laadunvarmistus ja testaus	Massiivisavalle kehitetty sulamis-jäätymistestimenetelmä	Menetelmä kehitetty	3
	Sekoitusprosessi ylijäämämateriaaleista	Tavoite saavutettu täysin	3
3: ELEMENTTIEN KEHITYS JA SOVELTUVUUS PILOTTIKOHTEESEEN			
3.1 Selvitys savibetonin potentiaalisista käyttökohteista ja niissä vaadittavista kelpoisuuden toteamismenettelyistä	Pohjoisiin olosuhteisiin soveltuva, eristetty ulkoseinäelementti	- Elementtialhio on olemassa - Tehtävään soveltuva rakennesuunnittelija on saatu hankittua	3
3.2 Elementtisuunnittelu		Elementtisuunnittelu pilottihankkeeseen on valmistunut	3
3.3 Prototyyppien teko		- Prototyyppisuunnitelmat tehty - Prototyyppit toteutettu ja testattu suunnitelman mukaan	3
3.4 Kelpoisuuden toteamismenettelyyn tarvittavat tutkimukset ja testaukset		- Puristuslujuustestit (kantava seinä) - Böhme-testi, kulutuksen kestävyys (lattia) - Liukastumisen estoluokitus (lattia) - Sulamis-jäätymistesti (ulkokuorielementti) - M1-testaus (pinnoittamaton rakennemassa) - Kuormituskokeet (kantava seinä, välipohjaelementti) - Kiinnitystestit	3
3.5 Tuotanto	Suunnitelma tuotantolinjastoksi	Alustava suunnitelma tuotantolinjastoksi valmistunut	3
4: PILOTTIKOHTEN ELEMENTTIEN ASENNUS JA SAUMAUS, SUUNNITTELU JA TOTEUTUS			
4.1 Asennuksen suunnittelu, testaus ja koeasennus kohteessa	Asennusohjeet	Koeasennuksia tehty onnistuneesti (Habitare, Milano, Kauppatori, elementtitehtaalla)	3
4.2 Saumaus, suunnitelma ja toteutus pilottikohteessa	Saumausohjeet	Koesaumauksia tehty onnistuneesti (Habitare, Milano, Kauppatori)	3



4.3 Seurantamittarit		Kesken (alustava suunnitelma seurantamittareista laadittu mm. painuma)	1 (pilottikohteen rakentaminen keväällä 2026)
4.4 Korjaus- ja huolto-ohjeet		Kesken	2 (lattioiden/välipohjien osalta valmis, laaditaan ympäristörasituksen jatkotestin jälkeen huolto-ohjeet julkisivuille)
	Pilottikohteen elementtien onnistunut koeasennus	- Koeasennuksia tehty onnistuneesti in-situ (Habitare, Milano, Kauppatori) - Pilottikohteen elementtien koeasennukset tehtaassa	3
PROJEKTINJOHTO JA VIESTINTÄ			
1.1 Projektin johto		- Toteutettu benchmarking tutkimusmatkat Saksaan 5. 2022 ja Ranskaan 7.2022 - projekti viety loppuun onnistuneesti - loppuraportointi hoidettu - jatkotoimenpiteet hahmotettu	3
1.2. Ympäristövaikutukset LOA (EDP)	Hiiiljalanjalanjälen vähentäminen	- EDP laadittu - Jatkossa: 3. osapuolen hyväksyntä	3
1.3 Viestintä ja julkaisut		- Aktiivinen viestintä IG:ssä, tehty julkaisusuunnitelma - Seminaari-esittelyt myös kansainvälisesti - Verkkosivujen päivittäminen kesän 2025 aikana	3



Kuva. Luonnonbetonin rakennemassan testiekkoja.



5 Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset

Positiiviset vaikutukset:

Merkittävä hiilipäästöjen vähennyspotentiali:

Hankkeen edetessä tunnistettiin, että pelkän ulkoseinäelementin kehittämisen sijaan on perusteltua luoda kokonainen rakennejärjestelmä, joka hyödyntää savea monipuolisesti erilaisissa rakennusosissa (seinät, välipohjat, lattiat, väliseinät). Tämä laajentaa soveltamisalaa ja kasvattaa vähähiilisyyden vaikuttavuutta merkittävästi.

Vähähiilinen vaihtoehto betonille:

Kehitetty rakennejärjestelmä tarjoaa kestäväen ja erittäin vähähiilisen vaihtoehdon perinteisille, runsaasti päästöjä aiheuttaville rakennusmateriaaleille, erityisesti betonille, joka on maailman yleisin rakennusmateriaali. Hiilipäästöt ovat alle 3,5 % suomalaisen betonin päästöistä (laskelma ei huomioi ylijäämäisen raaka-aineen käyttöä).

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen:

Massiivisavi toimii lämpöä ja kosteutta tasaavana rakenteena, mikä parantaa rakennusten passiivista viihtyvyyttä ja vähentää koneellisen viilennyksen tarvetta lämpenevässä ilmastossa.

Kiertotalouden edistäminen:

Savirakenteet ovat täysin uudelleenkäytettäviä ja palautettavissa takaisin luontoon ilman jätteitä. Tämä vastaa radikaalisti kiertotalousperiaatteisiin ja vähentää rakennusjätettä merkittävästi.

Uusi teollinen osaaminen ja liiketoimintapotentiaali:

Hanke on luonut uutta tietoa ja osaamista ekologisesta rakentamisesta sekä mahdollistanut uuden yrityksen (Luonnonbetoni Oy) perustamisen, mikä tukee alan siirtymää kohti kestävää tuotantoa ja työllistämistä.

Negatiiviset tai haasteelliset vaikutukset:

Tuotannon skaalaamiseen liittyvät päästöt:

Mikäli teollisen tuotannon laajentaminen tai kansainvälistyminen toteutetaan ilman tarkkaa energiatehokkuuden ja raaka-aineiden logistiikan hallintaa, voi osa saavutetusta hiiliedusta heikentyä.

Kohdekohtainen sovellettavuus:

Savirakentaminen ei ole kaikissa rakennustyypeissä tai olosuhteissa vielä teknisesti tai taloudellisesti optimaalista, mikä saattaa rajoittaa vaikuttavuutta erityisesti kaupunkirakenteessa tai korkeassa rakentamisessa.

Riittämätön lainsäädännöllinen tuki:

Suomessa lainsäädäntö ja viranomaismenettelyt eivät vielä täysin tue savirakentamisen laajamittaista käyttöönottoa, mikä voi hidastaa ratkaisujen käytännön vaikuttavuutta.



6 Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Viestinnän pääasiallinen sisältö, määrä, laatu, kohderyhmät

Hankkeessa on viestitty pääasiallisesti sosiaalisessa mediassa, lisäksi on pidetty useita luentoja ja seminaariesitelmää sekä järjestetty yksi kansainvälinen workshop arkkitehtipiskelijöille, lisäksi on pidetty lukuisia hanke-esittelyjä mahdollisille tuleville yhteistyökumppaneille/asiakkaille. Hankkeesta on myös kirjoitettu julkaisuissa. Hankkeen tuotoksia on ollut esillä useissa tapahtumissa ja messuilla. Alla listaus hankkeen aikana tapahtuneesta viestinnästä:

Tapahtumat, messut:

- 6.2023 Dineo Seshee Bopape, I Re-member Mama, Helsinki Biennali
- 9.2022 Habitare Materials
- 4.2023 Habitare Materials Milanon Alcovassa (Salone del Mobile, Fuorisalone)
- 5.-11.2025 Pohjoismaiden paviljonki, Industry Muscles, Venice Biennale

Julkaisut (sosiaalinen media):

- 9.2022 koeseinä habitareen, IG + Habitaren kanavat
- 11.2022 Finlandia-talon julkisivumarmorilaattojen uusiokäyttö seinärakenteissa, IG
- 4.2023 koeseinärakenne Finlandia-marmorilla (uusiokäyttö) Milanon Fuorisaloneen, yhteistyö Habitaren kanssa, julkaistu IG + Habitaren kanavat
- 6.2023 koeseinä kauppatorilla (mm.pintakäsittelykokeilu ja pinnan kestävyys) yhteistyö HAM + Dineo julkaisut IG + HAMin kanavat
- 8.2024 YM/IG Stoori
- 4.2025 alkaen viikoittainen IG julkaisu
- Luonnonbetonin IG-julkaisustrategia laadittu

Luennot/ seminaariesittelyt:

- 9.9.2022 KIRAHubin tietoisuus & Vähähiilinen, teolliseen tuotantoon soveltuva, polttamaton massiivisaviseinä ylijäämämateriaaleista
- 11.9.2022 Habitare: Terve koti-paneeli + Kollaasi-esittely + haastattelu, Jussi Laine, Nemoarkkitehdit
- 4.10.2022 KIRAILmasto, rahoitettujen hankkeiden esittelytilaisuus
- 2.2023 Kansainvälinen luento/hanke-esittely Paimion parantolassa NORDMAKIn koulutuksen yhteydessä
- 30.11.2023 YMXSLUSH Climate tech for built environment - pitching competition
- 24.1.2024 SARA aloitusseminaari
- 25.-28.6.2024 Kansainvälinen seminaariesitelmä Luonnonbetonista ja workshop, Ground Matters, Australasian Student Architecture Congress, Hobart, Australia
- 10.10.2024 KIRAILmasto paneelikeskustelu Finnbuildissä aiheella "Vähähiilinen betoni ja kiertotalous"
- 6.11.2024 Puupäivät, Saven käyttö (puu)rakentamisessa
- 11.2.2025 Aalto Yliopisto, Rakennussuunnittelun perusteet, Massiivisavirakenteet
- 26.3.2025 Werstas Petraamo, BalticReed workshop, BACK TO BASICS: Reintroducing traditional building materials to serve contemporary needs
- Luentoja arkkitehtitoimistoille/rakennuttajille mm. Lundén ja COBE (Tanska), Norrøn (Tanska), JKMM, Huttunen-Lipasti, JOARC, Koko (Viro), Henning Larsen (Tanska), Mesura (Espanja), AMAA (Italia), Premico, Pohjola Rakennus



Julkaisut:

- artikkeli, "96,5 % betonia vähemmän päästöjä: Suomessa yleinen materiaali ei kelpaa edes tienpohjiksi, mutta nyt siitä rakennetaan lattiaita ja seuraavaksi kokonaisia kivitaloja", Eeva Törmänen, Tekniikka ja Talous -lehti, julkaistu 17.12.2024
<https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/96-5-betonia-vahemman-paastoja-suomessa-yleinen-materiaali-ei-kelpaa-edes-tienpohjiksi-mutta-nyt-siita-rakennetaan-lattiaita-ja-seuraavaksi-kokonaisia-kivitaloja/764633db-0feb-48f9-9149-449aabde77d7>
- artikkeli, "Pioneering simplicity in Helsinki", Sarah Lebner, julkaistu 3.10.2023
https://architectureau.com/articles/pioneering-simplicity-in-helsinki/?fbclid=PAAaY3BUqX2tUjUadhm5b7tSEprhtg7RiZuJtW1CTkzWmwSwEKRgi5IXWca1L_aem_AeSQBx9_1gwF2PcwKBI9Jls-c_2VNHqRe99td9VqPnJ9xRZWLRqzw3XwxEME67RfVDO
- artikkeli, "Luonnonbetoni ponnistaa Vihdistä designmessuille Milanoon", Marja Keski-Luopa, sanomalehti Länsi-Uusimaa 3.2023
- artikkeli, "Kehitystavoitteena vähähiilinen teollinen massiivisaviseinä", Sampsa Heilä, Rakennusinsinöörit ja -arkkitehdit RIA ry:n RIA-lehti, 2/2023
<https://www.lukusali.fi/index.html?p=Rakennusinsinöörit%20ja%20-arkkitehdit%20RIA%20ry&i=022442b2-0063-11ee-84ed-00155d64030a>
- artikkeli, "LUONNONBETONI: building an ecofriendly future with natural concrete", Philip Denvir, SCAN magazine, julkaistu 2.2022

Verkkosivut:

- Hankekortin päivitys Ympäristöministeriön sivuille
- Luonnon betonin nettisivuilla julkaistaan hankkeen keskeiset tulokset

Arvio viestinnän onnistumisesta

Hankkeen viestintä on ollut monipuolista, suunnitelmallista ja vaikuttavaa. Viestinnän pääkanavina ovat toimineet sosiaalinen media, seminaarit ja luennot, julkaisut sekä osallistuminen kansainvälisiin tapahtumiin. Sisällöllisesti viestintä on kattanut hankkeen tavoitteet, tulokset ja sovellukset selkeästi ja kiinnostavasti.

Viestintää on kohdistettu laajalle sidosryhmäjoukko: arkkitehtipiskelijöille, ammattilaisille, mahdollisille asiakkaille sekä suurelle yleisölle, niin kotimaassa kuin kansainvälisesti. Tuloksena on syntynyt huomattavaa näkyvyyttä sekä uusia kontakteja, jotka luovat pohjaa jatkoyhteistyölle ja kaupalliselle hyödyntämiselle.

Voidaan todeta, että hankkeen viestintä on ollut sekä laadullisesti että määrällisesti onnistunutta. Kansainvälinen kiinnostus ja uudet verkostot osoittavat viestinnän vaikuttavuuden. Samalla on tunnistettu, että viestinnän jatkuva kehittäminen ja toistuva viestiminen ovat avainasemassa vaikuttavuuden lisäämisessä.



Kuva. Haastattelu seminaariesitelmän jälkeen, Ground Matters, Australasian Student Architecture Congress, Hobart, Australia. Nina Hamilton



7 Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Arvio tulosten kestävydestä ja konkreettisuudesta ja siihen liittyvistä riskeistä

- Hankkeessa saavutetut tulokset ovat olennaisia ja hyvin konkreettisella tasolla jatkoon kannalta ja niitä tullaan hyödyntämään yrityksen tuotekehityksessä sekä tuotteiden markkinoinnissa. Hankkeessa tehtyjen innovaatioiden mahdollisuudet immateriaalioikeuksien hankintaan selvitetään. Lisäksi haetaan Luonnonbetonille tavaramerkkiä.
- Hankkeen lopputulos on hyvinkin kestävä, sillä hanke ei jää irralliseksi kokeiluksi, vaan sen vaikutukset jatkuvat, kehittyvät ja vakiintuvat osaksi uuden hankkeessa syntyneen yrityksen käytäntöjä ja savirakentamisen markkinoita. Hanke on ollut luonteva kehityskulku Luonnonbetonin vuonna 2017 alkaneessa kehitystyössä, jota on voitu apurahojen turvin buustata.
- Poliittinen tuki:** Hankkeen tuloksille on olemassa poliittista tahtotilaa, kuten lainsäädännön muutoksia tai strategisia ohjelmia, jotka tukevat niiden jatkohyödyntämistä. Tanskan markkinoilta on saatu arvokasta oppia siitä, miten uusille rakennuksille asetetut hiilijalanjäljen raja-arvot vaikuttavat konkreettisesti materiaalivalintoihin ja ohjaavat rakentamista kohti vähähiilisyyttä. Suomessa vastaavat raja-arvot on tarkoitus ottaa käyttöön vuoden 2026 alussa. Toistaiseksi niiden kunnianhimo jää selvästi Tanskan tasosta. Raja-arvojen tiukentamista suunnitellaan kuitenkin myös Suomessa tulevaisuudessa. Luonnonbetonin ratkaisujen tulee olla "valmiina" vastaavaan tulevaan kysytään myös kotimaassa.
- Institutionaalinen/lainsäädännöllinen tuki:** Kyseessä on täysin uudentyyppinen rakennustuote, jolle ei ole myönnetty vielä CE-merkintää Euroopassa. Uusi ratkaisu vaatii uusia standardeja. Rakennuslupaa ei ole vielä saatu pilottikohteelle, joten tiedossa ei vielä ole viranomaisten vaatimat hyväksyntämenettelyt. Mistä löytyy osaamista mahdolliseen 3. osapuolen tarkastukseen?
- Taloudelliset ja rahoituskelliset mahdollisuudet:** Hankkeen aikana on vahvistunut käsitys siitä, että kehitetyt tuotteet omaavat merkittävää markkinapotentiaalia. Jatkossa keskeinen kysymys on, miten rahoitetaan tuotteen pilotointi ja kaupallistaminen. Erityisesti kansainvälisillä markkinoilla kiinnostus on suurta – jopa suurempaa kuin kotimaassa. Neuvottelut ovat käynnissä mm. Tanskan, Viron, Italian ja Espanjan toimijoiden kanssa, ja ensimmäiset tuoteasennukset on jo toteutettu Tanskaan ja Italiaan. Seuraavaksi selvitetään Business Finlandin tukimahdollisuudet, erityisesti liittyen siihen, miten hankkeita voitaisiin toteuttaa muissa Pohjoismaissa paikallisia raaka-aineita hyödyntäen. Samalla kartoitetaan sopivin liiketoimintamalli Luonnonbetonille: esimerkiksi paikallinen tuotantomalli tai lisensointiperusteinen laajentuminen. Kysyntää on erityisesti Pohjoismaissa, Baltiassa, Välimeren ympäristössä – ja jatkokehityksessä keskeistä on löytää tapa hyödyntää kunkin alueen omia materiaaliressursseja tehokkaasti ja ekologisesti.
- Teknologian soveltuvuus:** Kehitetty ratkaisu on osoittautunut teknisesti toteuttamiskelpoiseksi ja sillä on potentiaalia teolliseen skaalaukseen. Yhteensopivuus olemassa olevien tuotantoprosessien ja rakennustapojen kanssa on hyvä, mutta siirtyminen laajempaan teolliseen tuotantoon tuo mukanaan omat haasteensa. Näitä ovat erityisesti tuotantotilojen kapasiteetin riittävyys ja osaavan työvoiman saatavuus. Mikäli markkinakysyntä kehittyy ennakoidulla tavalla, seuraavassa vaiheessa tarvitaan ulkopuolista sijoitusta tuotannon skaalaamiseen. Konkreettisena tavoitteena on mallituotantolinjaston toteuttaminen Luonnonbetonin tuotantotiloihin Vihdin Nummelaan sekä tarvittavien tiimien rakentaminen tuotantoa ja tuotekehitystä tukemaan.
- Sidosryhmien kiinnostus ja sitoutuminen:** Hankkeen aikana on havaittu, että sidosryhmien – kuten rakennusalan toimijoiden, viranomaisten, sijoittajien ja loppukäyttäjien – kiinnostus kehitettyä ratkaisua kohtaan on selvästi kasvanut. Erityisesti rakennusalan kasvava tarve vähähiilisille vaihtoehdoille ja EU-tasoiset ympäristötavoitteet ovat lisänneet valmiutta kokeilla ja ottaa käyttöön uusia materiaaleja. Useat viranomaiset ja asiantuntijatahot ovat



osoittaneet kiinnostusta, ja käynnissä on keskusteluja mm. pilotointikohteista ja tuotekelpoisuuden arvioinnista. Myös sijoittajien kiinnostus on herännyt, erityisesti kansainvälisesti, ja potentiaaliset markkinat esimerkiksi Tanskassa ja Baltiassa tukevat sitoutumisen syvenemistä. Loppukäyttäjien puolella ekologisuus, sisäilman laatu ja materiaalien esteettisyys koetaan vetovoimatekijöiksi, jotka vahvistavat ratkaisun kysyntää.

Ehdotukset hankkeen tulosten hyödyntämiseksi

Alla on pohdittu käytännön keinoja ja suuntaviivoja siitä, miten hankkeen tuloksia voidaan viedä eteenpäin ja hyödyntää laajemmin – niin liiketoiminnassa kuin lainsäädännön ja yhteiskunnan tasolla.

1. Liiketaloudelliset näkökohdat

Kuinka tuloksista voi syntyä kannattavaa liiketoimintaa? Esimerkiksi:

- Tuotteen kaupallistaminen: Mitä vaiheita tarvitaan, jotta kehitetty rakennusmateriaali tai järjestelmä voidaan tuoda markkinoille? (esim. pilotointi, CE-merkintä, tuotetestaus, jakelukanavat)
- Uuden yrityksen Luonnonbetoni Oy:n liiketoimintamallit: lisensointimalli, franchising, tai tuoteintegraatio olemassa olevien yritysten tuotantoon?
- Asiakassegmentit: Keitä ovat mahdolliset maksavat asiakkaat – julkiset tilaajat, rakennusliikkeet, arkkitehdit, kuluttajat?
- Kilpailuetu: Mikä tekee tuotteesta ainutlaatuisen ja houkuttelevan markkinoilla? (mm. pienempi hiilijalanjälki, kierrätettävyys, sisäilman laatu, monipuolinen esteettinen ilmaisu)

2. Lainsäädännölliset näkökohdat

Miten säädökset voivat tukea tai estää hankkeen tulosten käyttöönottoa?

- Tarve standardoinnille: Pitääkö tuotteelle kehittää oma standardi tai sertifiointi?
- Rakentamismääräykset: Voiko materiaalia käyttää rakenteissa nykyisten määräysten puitteissa? Tarvitaanko ohjeistuksia tai säädösmuutoksia?
- Tuki- ja kannustinjärjestelmät: Voisiko materiaalin käyttöön liittyä veroetuja, julkisia tukia tai hiilikädenjäljen huomiointia julkisissa hankinnoissa?
- Kiertotalouslainsäädäntö: Voiko materiaali hyötyä EU:n kiertotalous- ja hiilineutraalisuustavoitteista?

3. Ehdotuksia hyödyntämiseksi käytännössä

- Pilotointia kunnallisissa rakennushankkeissa (päiväkodit, koulut, paviljongit)
- Arkkitehtikilpailujen kautta tuotteiden esiin tuominen
- Oppilaitosyhteistyö (RASEKO, Aalto, Oulu, Tampere, Ammattikorkeakoulut) – koulutusta suunnittelijoille ja rakentajille
- Viesti lainsäätäjille ja viranomaisille: kannanotto vähähiilisten materiaalien puolesta, esimerkiksi lausunnot rakentamismääräyksiä uudistettaessa

8 Talousraportti

Hanke on toteutunut pääosin alkuperäisen budjetin mukaisesti. Merkittävimmät poikkeamat koskivat asiantuntijapalveluiden kustannuksia, jotka alittivat budjetoidun noin 15 prosentilla. Tämä johtui siitä, että useat testaukset voitiinkin toteuttaa omana työnä tehtaalla. Tämän seurauksena laitevuokrat ja tuotannon henkilöstökulut



nousivat vastaavasti.

9 Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Tunnistettut jatkokehitystarpeet ja mahdolliset jatkohankkeiden aiheet

- Raaka-aineiden käsittelyyn ja saviementtien kuivaukseen liittyy tarpeita kehittää tuotantolinjaa ja -layoutia tuotannon skaalautuessa.
- Rakennusfysiikkaan liittyvät lisätestaukset, kuten kapillaarisuus, vesihöyryn läpäisevyys ja ilmatiiviys (esim. yhteistyö Tampereen yliopiston ja Xamkin kanssa).
- Välipohjaratkaisun jatkokehittäminen erityisesti ääneneristävyyden osalta (esim. Xamk, Turku AMK).
- Rakennusjärjestelmän jatkuva kehittäminen, kuten suunnitteluohjeiden laatiminen ja elementtien liitosdetaljien optimointi.
- Kansainvälistymisen suunnittelu: miten ja millä toimintamallilla tuotantoa voidaan toteuttaa kansainvälisesti.

Suositukset tuleville vastaaville hankkeille

- Viestintään on syytä panostaa entistä enemmän – erityisesti säännöllisyyteen, kohderyhmien huomioimiseen ja dokumentointiin.



Kuva. Kuormituskokeen testijärjestely.



10 Yhteenveto hankkeen päätuloksista | Summary of the Project's Key Results

Oman tien kulkeminen kannattaa

Hankkeessa on tehty kansainvälistä vertailua benchmarking-matkoilla Saksaan (5/2022) ja Ranskaan (7/2022) sekä analysoimalla alan toimijoiden käytäntöjä Keski-Euroopassa ja Espanjassa. Vertailuanalyysin perusteella on tunnistettu eri maiden toteutustavoissa useita haasteita, jotka liittyvät niiden soveltamiseen Suomen ilmastoon ja rakennuskulttuuriin – erityisesti Itävallan, Saksan ja Ranskan mallien osalta.

Tämän pohjalta on päätetty kehittää täysin uudenlainen seinäelementti ja sen tuotantotapa, mukaan lukien pintakäsittelyratkaisut silloin, kun savipinta halutaan jättää näkyviin. Toisin kuin Keski-Euroopassa, Suomessa ei sovelleta esimerkiksi eroosiokatkoja julkisivuihin. Ratkaisu pohjautuu ennen kaikkea vaatimuksiin nopeudesta, kustannustehokkuudesta ja pitkäaikaiskestävyydestä – erityisesti pakkasenkestävyydestä.

Suomessa ei voida rakentaa samalla tavoin kuin Keski-Euroopassa. Tämä on selkeyttänyt entisestään tarvetta kehittää paikallisiin olosuhteisiin sopiva, omaleimainen lähestymistapa savirakentamiseen. Tällä suomalaisella tavalla on jo havaittu olevan kansainvälistä kiinnostusta. Tavoitteena on yhdistää Vihdin Betonin 40 vuoden kokemus betonirakentamisesta uudenlaiseen savirakentamiseen. Tämän pohjalta kehitetään uudenlainen, teknisesti ja visuaalisesti kiinnostava ratkaisu, joka avaa mahdollisuuksia suomalaisen massiivisavirakentamisen kansainväliseen soveltamiseen.

Ylijäämä-kierrätysmateriaaleissa merkittävä potentiaali

Hankkeen ylijäämämateriaalien hyödyntämisessä keskityttiin erityisesti kiviaineksen hankintaan, sillä se muodostaa valtaosan rakenteellisesta massasta. Finlandia-talon julkisivumarmorin uusiokäyttö saatiin vietyä onnistuneesti päätökseen raportointikaudella, ja kyseinen kiviaines on nyt valmiina hyödynnettäväksi Karjalohjan pilottikohteessa. Prosessin aikana opitut asiat tarjoavat arvokkaita lähtökohtia muiden vastaavien rakennusjäte-erien integroimiseksi Luonnonbetonin rakennemassan raaka-aineisiin. Finlandia-marmorin käyttö koerakennuksen sisäkuoressa tuo mukanaan arkkitehtonisesti ja esteettisesti vahvan elementin, joka tukee myös hankkeen kansainvälistä kiinnostavuutta.

Kiviainesselvityksen tuloksia voidaan soveltaa myös murskatun, kierrätetyn betonin hyödyntämiseen. Tässä hankkeessa murskatun betonin käyttöä ei kuitenkaan lähdetty laajemmin tutkimaan, koska pilottihankkeessa haluttiin maksimoida polttamattomien ja luonnonmukaisten raaka-aineiden osuus. Sen sijaan selvitettiin Vihdin Betonin oman ylijäämäbetonin mahdollisuuksia osana rakennemassaa.

Hankkeessa kartoitettiin myös potentiaalisia yhteistyökumppaneita ylijäämämateriaalien toimitusketjuun sekä laadittiin ylijäämäisen savimateriaalin hankintaohje yrityksen käyttöön. Työn tuloksena havaittiin, että kierrätettyjen ja ylijäämäisten materiaalien osuus rakenteellisessa massassa on mahdollista kasvattaa nykyisestä noin 40 prosentista jopa lähes 100 prosenttiin. Samalla tunnistettiin tarve hyödyntää paikallisia materiaaleja erityisesti vientihankkeissa, mikä avaa uusia mahdollisuuksia kansainvälisessä mittakaavassa.



M1-kriteerit täyttävän rakennemassan kehitys etenee – tulokset tukevat pilottikohteen toteutusta

Hankkeessa kehitetty rakennemassa on saavuttanut M1-luokituksen vaatimukset, ja tulokset täyttävät hyvin pilottikohteen tarpeet. Näytteet testattiin Eurofinsin testilaboratoriossa, ja niiden perusteella rakennemassa on todettu täyttävän sisäilman laatuluokituksen (M1) kriteerit.

Kehitystyötä jatketaan massan puristuslujuuden parantamiseksi, erityisesti raekokoa optimoimalla ja kuituvahvistusta lisäämällä. Eri rakenneosille suunnitellaan jatkossa omat reseptiikkansa, jotta massan ominaisuudet voidaan sovittaa tarkasti erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Luonnonbetonin kokonaisvaltainen rakennejärjestelmä– kohti suurempaa ilmastovaikutusta

Hankkeen aikana havaittiin, että yksittäisen seinäelementin sijaan on tarkoituksenmukaisempaa kehittää kokonaisvaltainen, massiivisavea hyödyntävä rakennejärjestelmä, joka mahdollistaa laajemman ilmastovaikutuksen erityisesti hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Tämän pohjalta hankesuunnitelmaa tarkennettiin. Luonnonbetonin rakennemassan ja rakenneratkaisujen teknistä toimivuutta on testattu kattavasti kantavissa ja ei-kantavissa rakenteissa sekä sisä- ja ulkoseinäelementeissä. Testaaminen on keskittynyt rakenteelliseen lujuuteen, kulutuskestävyyteen, sisäilmapäästöihin, säänkestävyyteen ja liukastumisen estoon. Testien suunnittelu perustuu hankesuunnitelman lisäksi tutkimus- ja kehitystyössä esiin nousseisiin rakenteellisiin ja tuotannollisiin tarpeisiin, ja niillä pyritään vastaamaan rakentamismääräysten, standardien ja tulevan hiilijalanjälkisäätelyn vaatimuksiin. Tutkimustulokset tukevat kehitteillä olevan järjestelmän kaupallistamista ja laajempaa käyttöönottoa sekä Suomessa että kansainvälisesti. Hankkeessa saavutetut rakennejärjestelmän keskeiset ratkaisut ja ominaisuudet on koottu tuotekortteihin. Luonnonbetonin rakennejärjestelmän kehittämiseksi on toteutettu seuraavat toimenpiteet ja saavutettu seuraavat tulokset:

1. Puristuslujuuden testaus (kantava seinä)

- Testattiin kuusi eri reseptiä (3 koekuutiota/massa) Metropolia AMK:n betonilaboratoriossa
- Massojen puristuslujuudet: 1,25–6,03 MN/m², parhaat tulokset merkittävästi perinteistä savirakentamista korkeammat
- Kaoliinisavea sisältänyt massa (massa 6) ei täyttänyt odotuksia
- Jatkotyössä keskitytään puristuslujuuden kehittämiseen raekoostumuksen ja kuitulisäysten avulla

2. Kulutuskestävyydesti (Böhme, lattia)

- Testattu EN 13892-3 mukaisesti Eurofinsin laboratoriossa
- Kulutuskestävyys hyvällä tasolla (Böhme-luokka A9), mutta testiä vääristi pinnan irtoaminen
- Testi uusitaan pinnan reunojen vahvistamiseksi

3. Liukastumisen estotesti (lattia)

- DIN 51130 mukainen liukastumistesti osoitti luokituksen R12 (erittäin hyvä)
- Luonnonbetonilattiat soveltuvat vaativiin käyttöympäristöihin ilman lisäkehitystä

4. Sulamis-jäätymistesti (ulkokuorielementti)

- 52 jäätymis-sulatusjaksoa eri suojakäsittelyillä Volante Oy:n laboratoriossa
- Parhaan tuloksen antoi hengittävä suoja-aine, joka säilytti 95 % suojapinta-alasta
- Jatkosuosituksena hengittävä suoja-aine ja tarkka julkisivudetaljointi kosteuden hallintaan

5. M1-luokan sisäilmatestausta (pinnoittamaton rakennemassa)

- Eurofinsin laboratoriossa suoritettu 28 vrk emissiotestaus
- Tulokset täyttivät M1-luokan vaatimukset
- Luokitusta haetaan Rakennustietosäätiöltä



6. Kuormituskokeet (kantava seinä, välipohjaelementti)

- Täyden mittakaavan seinä- ja välipohjatestit Luonnonbetonin tuotantotiloissa
- Hybridirakenne (Luonnonbetoni/puu) oli 50 % jäykempi kuin vastaava puurakenne
- Jatkokehityksessä tavoitteena myös kevyempi rakennevaihtoehto

7. Kiinnitystestit

- Testattiin erilaisten kiinnikkeiden vetolujuudet
- Betoniruuvit ja kemialliset ankkurit täyttivät odotukset; kiila-ankkureissa ja nailontulpissa heikompia tuloksia
- Kiinnitystestejä jatketaan uusilla kiinnikevaihtoehdoilla

8. Koeseinät insitu

- Koeseinien suunnittelu + toteutus (Habitare, Milano, Kauppatori)
- Kaikki koeasennukset saumauksineen, pintakäsittelykoe (Kauppatori) sekä purku suoritettiin onnistuneesti

9. Pilottikohde

- Pilottikohteen arkkitehtisuunnitelmat valmistuneet savirakenteiden osalta
- Koe-elementtien rakennesuunnitelmat valmistuneet ja testattu
- Tulosten pohjalta voidaan viimeistellä rakennesuunnitelmat
- Rakennuslupaa haetaan 6.2025
- Elementtien valmistus alkaa syksyllä 2025
- Rakentaminen alkaa keväällä 2026

10. Tuotekortit

- Laadittu kolme eri tuotekorttia: lattia, seinä, välipohja
- Julkaistu Luonnonbetonin verkkosivuilla

11. Ympäristöseloste

- EPD laadittu
- Pilotin runkorakenteen hiilijalanjälkeä verrattu betoniin, eristevertailu, välipohjan vertailut

12. Laatu- ja seurantajärjestelmän luominen aloitettu

- Työ on aloitettu laatimalla Ylijäämä savimateriaalin hankintaohje
- Tarvitaan kokonaisvaltainen Luonnonbetonin laatu- ja seurantajärjestelmä

Uusi tuotantotekniikka nykyaikaiseen savirakentamiseen

Hankkeessa on kehitetty massan sekoitustekniikkaa, sillä laajemman pilotin toteutuksen haasteeksi tunnistettiin aiemman prosessin hitaus, työläys ja epätarkkuus. Projektin aikana on suunniteltu ja testattu uusi tuotantolinja, joka on otettu käyttöön. Seinäelementtejä varten on kehitetty täysin uudenlainen valmistusmenetelmä, joka eroaa Keski-Euroopan benchmarking-kohteista sekä muista tunnetuista kansainvälisistä ratkaisuista. Lisäksi hankkeessa on laadittu tuotantosuunnitelma muun muassa pilottikohteen rakentamista varten. Uusi tuotantotapa mahdollistaa massiivisavirakentamiseen täysin uudenlaisen esteettisen ilmeen, jolle on tunnistettu kysyntää sekä kotimaassa että kansainvälisillä markkinoilla.

Uusi yritys jatkaa työtä

Yhtenä merkittävimpana hankkeen saavutuksena voidaan pitää uuden yrityksen, Luonnonbetoni Oy:n, perustamista 9.3.2025. Perustajaosakkaita ovat Hannu Kaikkonen, Kirsi Kaikkonen, Sami Volanen (toimitusjohtaja), Martino De Rossi



Euroopan unionin rahoittama – NextGenerationEU



24 (28)

sekä Kristiina Kuusiluoma (hallituksen puheenjohtaja). Yritys jatkaa kehitetyn rakennemateriaalin ja -järjestelmän jatkokehitystä ja kaupallistamista.



ENG

Summary of the Project's Key Results

Trailblazing a Nordic Approach to Earthen Architecture

The project team conducted benchmarking study trips to Germany (May 2022) and France (July 2022), along with a broader analysis of key actors in Central Europe and Spain. Based on this comparative analysis, several challenges were identified in adapting construction practices from countries like Austria, Germany, and France to the Finnish climate and regulatory context.

As a result, the decision was made to develop a completely new type of wall element and production method, including surface treatments in cases where the clay surface is intended to remain visible. Unlike in Central Europe, erosion breaks are not applied to façades in the Finnish solution. This approach is driven by requirements for speed, cost-efficiency, and long-term durability—particularly frost resistance.

Construction practices from Central Europe (or other parts of the world) are not directly applicable to Finnish conditions. This realization has further clarified the importance of defining a distinct and locally appropriate approach to earthen construction. It has already become evident that there is international interest in this Finnish methodology. The goal is to leverage Vihti Betoni's 40 years of experience in concrete construction to support the development of new earthen building solutions. This will result in a technically robust and aesthetically compelling system that brings fresh potential to the field of international earthen architecture.

Significant Potential in Surplus and Recycled Materials

In this project, the utilization of surplus materials focused particularly on the procurement of mineral aggregates, as they form the majority of the structural mix. The reuse of marble cladding from the Finlandia Hall was successfully completed during the reporting period, and the material is now ready to be used in the Karjalohja pilot site. The lessons learned from this process provide valuable insights for integrating other similar construction waste fractions into the raw material base of Luonnonbetoni. The use of Finlandia marble in the inner shell of the test building brings a strong architectural and aesthetic element, which also contributes to the project's international appeal.

The findings from the aggregate study can also support the future use of crushed, recycled concrete. In this project, the use of crushed concrete was not explored in depth, as the pilot aimed to maximize the share of unfired and natural materials. Instead, the potential use of Vihti Betoni's own surplus concrete as part of the structural mix was examined.

The project also identified potential partners for the surplus material supply chain and produced a procurement guideline for surplus clay material for internal use. As a result, it was found that the share of recycled and surplus materials in the structural mix could potentially be increased from the current 40% to nearly 100%. At the same time, the need to utilize locally sourced materials—particularly in export-oriented projects—was recognized, opening up new opportunities on an international scale.

Development of Structural Mass Meeting M1 Criteria Progresses – Results Support Pilot Project Implementation

The structural mass developed in the project has achieved the requirements for M1 certification, and the results fully meet the needs of the pilot site. Samples were tested in the Eurofins testing laboratory, confirming that the material complies with the M1 indoor air quality classification criteria.



Further development will focus on improving compressive strength by optimizing the particle size distribution and increasing fiber reinforcement. In the future, specific mix designs will be created for different structural components to tailor the material properties to various applications.

Comprehensive Luonnonbetoni Building System – Towards Greater Climate Impact

During the project, it was recognized that instead of developing an individual wall element, it would be more appropriate to create a comprehensive building system utilizing massive clay, enabling a broader climate impact, particularly in reducing carbon dioxide emissions. Based on this finding, the project plan was revised accordingly. The technical performance of Luonnonbetoni structural mass and structural solutions has been thoroughly tested in load-bearing and non-load-bearing structures, as well as in uncoated interior surfaces and exterior wall elements. The testing has focused on structural strength, abrasion resistance, indoor air emissions, weather resistance, and slip resistance. In addition to the original project plan, the testing design has been guided by structural and production-related needs identified during the research and development work, aiming to meet the requirements of building regulations, standards, and upcoming carbon footprint legislation. The research results support the commercialization and broader implementation of the developing system both in Finland and internationally. The key solutions and characteristics of the structural system achieved during the project have been compiled into product sheets. The following measures have been implemented and results achieved in the development of the Luonnonbetoni building system:

1. Compressive Strength Testing (Load-Bearing Wall)

- Six different mixes tested (3 test cubes per mix) at Metropolia University of Applied Sciences concrete laboratory
- Compressive strength range: 1.25–6.03 MN/m², with the best results significantly exceeding traditional clay construction
- The mix containing kaolin clay (Mix 6) did not meet expectations
- Further development will focus on improving compressive strength through particle size optimization and fiber reinforcement

2. Abrasion Resistance Test (Böhme, Floor)

- Tested according to EN 13892-3 at Eurofins laboratory
- Good abrasion resistance (Böhme Class A9), though surface detachment affected the results
- Retesting planned with reinforced surface edges

3. Slip Resistance Test (Floor)

- Tested according to DIN 51130; result R12 (very good)
- Luonnonbetoni floors are suitable for demanding environments without additional development

4. Freeze-Thaw Resistance Test (Exterior Wall Element)

- 52 freeze-thaw cycles with different protective treatments at Volante Oy laboratory
- The best performance was achieved with a breathable protective coating, retaining 95% of the treated surface
- Further recommendation: breathable coating and precise facade detailing for moisture management

5. M1 Indoor Air Quality Testing (Uncoated Structural Mass)

- 28-day emission test performed at Eurofins laboratory
- Results met M1 classification requirements
- Certification application will be submitted to the Building Information Foundation RTS



6. Load Testing (Load-Bearing Wall, Intermediate Floor Slab)

- Full-scale wall and floor element tests conducted at Luonnonbetoni production facilities
- Hybrid structure (Luonnonbetoni/wood) was 50% stiffer than a comparable wooden structure
- Further development targets include lighter structural alternatives

7. Fastener Tests

- Tensile strength of various fasteners tested
- Concrete screws and chemical anchors met expectations; wedge anchors and nylon plugs showed weaker results
- Further fastener testing with new alternatives is planned

8. In-situ Test Walls

- Design and construction of test walls (Habitare, Milan, Helsinki Market Square)
- Successful execution of all installations, including joints, surface treatment tests (Market Square), and dismantling

9. Pilot Project

- Architectural designs for clay structures completed
- Structural designs and testing of prototype elements finalized
- Final structural designs to be completed based on results
- Building permit application in June 2025
- Element production to start in autumn 2025
- Construction to begin in spring 2026

10. Product Sheets

- Three product sheets completed: floor, wall, intermediate floor
- Published on the Luonnonbetoni website

11. Environmental Product Declaration (EPD)

- EPD prepared
- Carbon footprint comparison of the pilot's structural frame with concrete, insulation comparisons, and intermediate floor comparisons completed

Development of Quality and Monitoring System

- Work initiated with a procurement guideline for surplus clay material
- A comprehensive Luonnonbetoni quality and monitoring system is required

New Production Technology for Contemporary Earthen Architecture

The project has developed a new mixing technique for the material, as the previous process was identified as too slow, labor-intensive, and imprecise for large-scale pilot implementation. During the project, a new production line was designed, tested, and taken into use. A completely new manufacturing method for wall elements has been developed, differing from benchmarking cases in Central Europe and other known international solutions. In addition, a production plan has been prepared, including for the construction of the pilot project. The new production method enables a completely new aesthetic for massive clay construction, for which demand has been identified both domestically and internationally.

Luonnonbetoni – A New Company to Continue the Work

One of the project's most significant achievements is the establishment of a new company, Luonnonbetoni Oy, on March 9, 2025. The founding shareholders are Hannu Kaikkonen, Kirsi Kaikkonen, Sami Volanen (CEO), Martino De

Rossi, and Kristiina Kuusiluoma (Chair of the Board). The company will continue the development and commercialization of the structural material and system created during the project.





Keskeiset hankkeen tulosedokumentit

1. Ylijäämä savimateriaalin hankintaohje, tiekartta (luottamuksellinen)
2. Rakennejärjestelmän kuvaus
3. Alustavat tuoteryhmäkohtaiset tuotekortit
 - a. Seinä (kantava seinäelementit, väliseinät, julkisivuelementit, eristäminen)
 - b. Alapohja (itsenäiset maanvaraiset laatat, pintalaatta, kelluva pintalaatta)
 - c. Välipohja
4. Toimitus- ja toteutustapaselostus (lattia) (jatkossa seinästä/välipohjasta)
5. Tutkimusraportti
6. EPD
7. Tuotantosuunnitelma (luottamuksellinen)
 - a. Tuotantolayout
 - b. Tuotantotekniikka
 - c. Asennustekniikka

Liitteet

1. Maksatushakemus
2. Pääkirjaote
 - a. Vihdin Betoni
 - b. Collaboratorio
3. Tuntikirjaukset
 - a. Vihdin Betoni
 - b. Collaboratorio
4. Hankebudjetin ja toteutuman vertailutaulukko
5. Palkkatodistukset Collaboratorio
6. Talousraportti Collaboratorio
7. Ulkopuolisen tilintarkastajan lausunto (*toimitetaan myöhemmin*)

Kunnioittavasti,

Nummelassa 31.5.2025

Hannu Kaikkonen
Vihdin Betoni Oy

Kristiina Kuusiluoma
Collaboratorio Oy