

KEKO

Keko geopolymeerit oy

Geopolymeeribetonituotteen
valmistus Topinpuiston
kiertotalouskeskukseen

Geopolymeeribetonituotteen valmistus Topinpuiston kiertotalouskeskukseen

KEKO

Jouni Rissanen, TkT

jouni@kekogeopolymeerit.fi

Keko Geopolymeerit Oy

www.kekogeopolymeerit.fi

30.11.2021

Tiivistelmä

Keko geopolymeerit Oy pilotoi mineraalivillajätteen hyötykäyttöä asiakkaan mukaan räätälöidyissä liikenne-esteissä kokeilupalveluhankinnassa. Pilotointi toteutettiin vuoden 2021 aikana yhteistyössä Lounais-Suomen Jätehuollon kanssa.

Pilotoinnin aikana Keko valmisti kolme liikenne-estettä, jotka oli suunniteltu Lounais-Suomen Jätehuollon toiveiden pohjalta. Kokeilupalveluhankinnan aikana Keko suunnitteli liikenne-esteet sekä kehitti liikenne-esteiden valmistukseen soveltuvat muotit. Pilotoinnin aikana Keko kehitti ja testasi myös lukuisia liikenne-esteisiin soveltuvia geopolymeeribetonireseptejä, joissa hyödynnettiin sideaineena mineraalivillaa ja mineraalivillajätettä. Keko vastasi myös liikenne-esteiden valmistuksesta ja viimeistelystä.

Pilotoinnin aikana tehdyn arvion mukaan geopolymeeribetonin raaka-aineista ja raaka-aineiden kuljetuksesta syntyvä muodostuva CO₂-jalanjälki on noin 72 % pienempi kuin tavanomaisella betonilla. Mineraalivillan hyödyntäminen geopolymeeribetonin sideaineena voisi laskea CO₂-jalanjälkeä tästä vielä noin 4–14 %. Tämän lisäksi mineraalivillajätteen hyödyntäminen geopolymeeribetonissa voisi vähentää merkittävästi kaatopaikoille läjitettävän mineraalivillajätteen määrää.

Sisällysluettelo

Hankkeen taustaa.....	3
Betonin ympäristövaikutukset	3
Geopolymeerit ovat merkittävässä osassa.....	3
Keko Geopolymeerit Oy valmistaa, tutkii ja kehittää geopolymeerituotteita	5
Hankkeen tavoite.....	6
Pilotoinnin merkitys.....	6
Hankkeen lopputulos.....	7
Asiakkaan mukaan räätälöity geopolymeeribetonituote on lupaava konsepti	7
Mineraalivillajätteeseen ja kuonaan pohjautuva geopolymeeribetoni soveltui hyvin liikenne-esteen materiaaliksi	9
Geopolymeeribetonin CO ₂ -päästöt ovat huomattavasti pienempiä kuin tavanomaisella betonilla	10
Yhteenveto	12

Hankkeen taustaa

Betonin ympäristövaikutukset

Betoni on maailman käytetyin rakennusmateriaali ja yksistään betoniteollisuuden on arvioitu olevan vastuussa jopa 8 % ihmiskunnan tuottamista CO₂-päästöistä. Betoni on edullinen, luja, kestävä ja monipuolinen materiaali, jonka raaka-aineet ovat saatavilla lähes kaikissa maanosissa. Nykyaikaista betonia on tutkittu jo yli sata vuotta ja insinöörit jo useassa sukupolvessa ovat harjaantuneet sen käyttöön rakennusmateriaalina lukuisissa eri käyttökohteissa. Nykyaikainen elämäntapamme onkin täysin riippuvainen betonista ja tämän vuoksi on mahdoton kuvitella, että ihmiskunta voisi luopua betonista tai edes merkittävässä määrin vähentää sen käyttöä.

Suurin osa betonin negatiivisista ympäristövaikutuksista on peräisin sen sideaineen, portlandsementin, valmistuksesta. Sementin valmistus perustuu kalkkikiven, eli kalsiumkarbonaatin kalsinointiin korkeassa kuumuudessa. Kalsinoinnin aikana kalsiumkarbonaatin sisältämä hiili vapautuu ilmakehään hiilidioksidina. Tätä osuutta betonin CO₂-päästöistä ei voida siis välttää, niin kauan kuin sementti valmistetaan kalsiumkarbonaatista. Tämän lisäksi kalsinointiin tarvittavan korkean lämpötilan saavuttaminen vaatii runsaasti energiaa, mikä tuotetaan nykyisin pitkälti fossiilisia polttoaineita hyödyntäen.

Geopolymeerit ovat merkittävässä osassa

Edellä mainitut ongelmat ovat viimevuosikymmenien aikana sytyttäneet tutkijoiden ja rakennusteollisuuden kiinnostuksen betoniin soveltuvia vaihtoehtoisia sideaineita kohtaan. Nämä vaihtoehtoiset sideaineet pitävät sisällään mm. alkaliaktivoitua materiaalia ja niiden alaryhmän geopolymeerit, mutta näiden lisäksi on kehitetty myös muita mielenkiitollisia, usein teollisuuden sivuvirtoihin pohjautuvia, sideainesysteemejä.

Alkali-aktivoinnilla tarkoitetaan prosessia, jossa alumiinia ja piitä (sekä usein myös kalsiumia) sisältävät raaka-aineet saadaan reagoimaan alkalisen aktivaattorin kanssa, joka voi olla liuos tai kiinteä materiaali. Näiden materiaalien reagoidessa keskenään muodostuu lujittuvia reaktiotuotteita, joilla on kyky toimia tavanomaisen sementin kaltaisena sideaineena. Alkali-aktivointiin sopivat pääasiassa raaka-aineet voivat olla peräisin luonnosta (esim. savimineraalit ja vulkaaniset tuhkat) tai ne voivat olla eritavoin prosessoituja teollisuuden sivuvirtoja tai jättemateriaaleja (esim. terästeollisuuden kuonat, polttolaitosten tuhkat ja kaivosten rikastushiekat). Aktivaattorit ovat yleensä teollisessa mittakaavassa valmistettavia emäksisiä kemikaaleja, jotka sisältävät tavallisesti alkalimetalleja ja reaktiivista piitä. Geopolymeereillä tarkoitetaan alkaliaktivoitujen materiaalien alaryhmää, jonka raaka-aineissa ei ole kalsiumia tai sen määrä on hyvin vähäinen. On hyvä huomata, että arkisemmissä kielenkäytössä termit *geopolymeeri* ja *alkali-aktivoitu materiaali* sekoitetaan usein keskenään, ja sanaa *geopolymeeri* käytetään usein markkinointiterminä alkaliaktivoituille materiaaleille.

Vaihtoehtoisten sideaineiden hyödyntäminen betonissa voi olla ympäristön kannalta perusteltua mm. seuraavissa tapauksissa:

- Vaihtoehtoinen sideaineen pohjautuu materiaaleihin, joiden tuotannossa syntyy vähemmän hiilidioksidia kuin tavanomaisen sementin tuotannossa.
- Vaihtoehtoinen sideaine on ominaisuuksiltaan ylivertainen tavanomaiseen sementtiin verrattuna, jolloin sideainetta tarvitaan paljon vähemmän, mikä johtaa puolestaan pienempiin CO₂-päästöihin valmiin betonituotteen kohdalla.
- Vaihtoehtoisessa sideaineessa hyödynnetään jättemateriaalia, jolloin vähennetään jätteen käsittelystä ja loppusijoituksesta koituvia ympäristövaikutuksia.
- Vaihtoehtoisessa sideaineessa hyödynnetään joko jättemateriaaleja tai teollisuuden sivuvirtoja, jolloin voidaan merkittävästi vähentää neitseellisten luonnonvarojen käyttöä.

- Vaihtoehtoinen sideaine pohjautuu materiaaleihin, joita on saatavilla paikallisesti ja sideaine voidaan valmistaa lopullisen hyödyntämiskohteen läheisyydessä. Näin ollen raaka-aineiden kuljetuksesta syntyvät CO₂-päästöt pienenevät merkittävästi, mikä voi olla merkittävä etu verrattuna tilanteeseen, jossa tavallista sementtiä pitää kuljettaa huomattavia matkoja.

Jätevirtojen tai teollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen vaihtoehtoisten sideaineiden raaka-aineina voi olla myös taloudellisesti kannattavaa näiden jäte- tai sivuvirtojen tuottajille mikäli:

- Se vähentää merkittävästi jätteen käsittelystä koituvia kustannuksia (välivarastointi, logistiikka ja loppusijoitus)
- Sivuvirralla löydetään käyttökohde tai markkina, jossa materiaalista saadaan parempi hinta kuin nykyisessä käyttökohteessa.

Keko Geopolymeerit Oy valmistaa, tutkii ja kehittää geopolymeerituotteita. Keko Geopolymeerit Oy on perustettu Oulussa 2019 Oulun yliopiston geopolymeeritutkimukseen pohjautuen ja yrityksen tavoitteena on geopolymeeritekniologian kaupallistaminen. Tarjoamamme tuotteet ja palvelut:

- **Yksilöllisten geopolymeerituotteiden valmistus**
 - Valmistamme monenlaisia yksilöllisiä geopolymeerituotteita asiakkaan toivomusten mukaan. Tuotteet voivat olla mitä tahansa esineitä, joita voidaan valmistaa esimerkiksi betonista tai keraameista: ulkokalusteita, infratuotteita, sisustusesineitä, yrityslahjoja jne.
 - Tuotteiden side- ja täyteaineet voivat pohjautua teollisuuden sivuvirtoihin tai yleisesti markkinoilla oleviin raaka-aineisiin. Parhaassa tapauksessa voimme valmistaa tuotteita suoraan asiakkaan tuottamista materiaaleista. Tähän mennessä olemme hyödyntäneet tuotteissamme mm. erilaisia terästeollisuuden kuonia, mineraalivillajätettä sekä kierrätettyjä kiviaineksia.
- **Geopolymeeritekniologian pilotointi**
 - Voimme toteuttaa tai olla mukana laajemmissakin geopolymeeritekniologiaan liittyvissä pilotointihankkeissa. Kekon rooli voi olla esimerkiksi tuotteen ja toteutuksen suunnittelu, tuotteen valmistus, raaka-aineiden hankkiminen, käsittely ja logistiikka, materiaalin kehittäminen sekä sopivien yhteistyökumppaneiden tavoittaminen.
- **Tutkimukseen ja tuotekehitys**
 - Kehitämme jatkuvasti uusia kiertotalouden sivutuotteisiin ja jätevirtoihin pohjautuvia materiaaleja, tuotteita ja palveluita. Voimme tehdä tilaustutkimusta suoraan asiakasorganisaatiolle tai voimme toimia partnerina laajemmassa tutkimushankkeessa. Luonnollisesti olemme avoimia kaikenlaisille mielenkiintoisille yhteistyökuvioille.

Hankkeen tavoite

Pilotointihankkeen tavoitteena oli toteuttaa pieni erä suurikokoisia (200–1000 kg/kpl) ulkokäyttöön tarkoitettuja geopolymeerituotteita Turussa sijaitsevalle Topinpuiston kiertotalousalueelle. Tuotteet oli tarkoitus valmistaa geopolymeeribetonista, jonka sideaine pohjautuisi teollisuuden sivu- tai jätevirtaan. Mahdollisuuksien mukaan pilotoinnissa hyödynnettävä sivu- tai jätevirran oli tarkoitus olla sellainen, mitä ei ole vielä hyödynnetty rakennusmateriaalina kaupallisessa mittakaavassa. Pilotoinnin aikana valmistettava tuote voisi olla esimerkiksi jonkinlainen ulkokaluste tai infratuote.

Pilotoinnissa Keko vastaa sivuvirtojen hankinnasta ja prosessoinnista, tuotteen suunnittelusta asiakkaan tarpeiden mukaisesti, tuotteesta käytettävän materiaalin kehityksestä sekä tuotteen valmistuksesta. Pilotoitavasta tuotteesta riippuen osa tuotteen suunnittelusta tai valmistuksesta voidaan teettää alihankintana.

Pilotoinnin merkitys

Keko geopolymeerit Oy:lle pilotoinnin tavoite oli testata yksilöllisen tuotteen suunnittelu- ja valmistusprosessin läpivientiä sekä mineraalivillajätteen soveltuvuutta geopolymeeribetonin raaka-aineeksi. Näiden oppien kautta Keko voi skaalata palvelukonseptin ja geopolymeerituotteiden valmistuksen muihin kohteisiin.

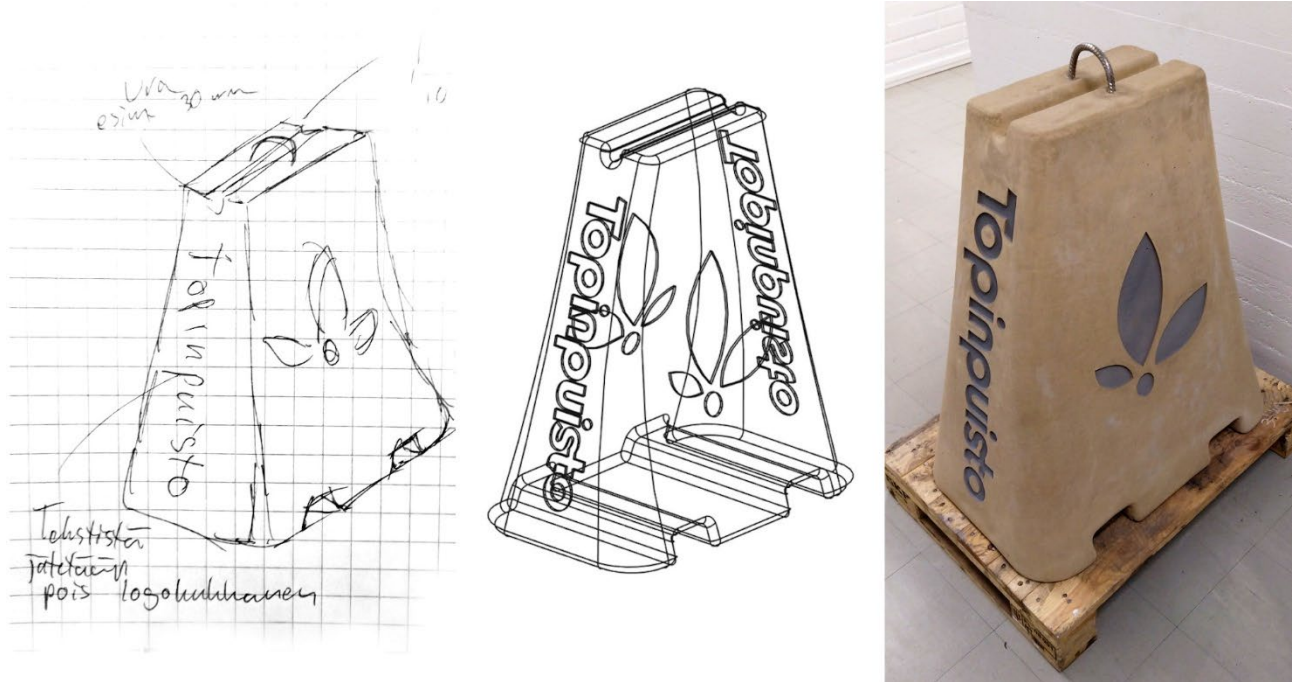
Pilotointihankkeen tutkimuskysymykset:

- **Miten valittu materiaali soveltuu pilotoitavaan tuotteeseen**
 - Kekon toiminnassa on jo tähän mennessä havaittu, että laboratoriossa hyväksi havaitun geopolymeeriseoksen hyödyntäminen suuremmassa mittakaavassa ei välttämättä ole täysin suoraviivaista, sillä monet tuotannon kannalta merkittävät ilmiöt eivät välttämättä tule lainkaan ilmi pienessä labramittakaavassa. Tämän vuoksi on tärkeää valmistaa isompia geopolymeerieriä.
- **Sivu- tai jätevirran arvoketju**
 - Onko valitun sivu- tai jätevirran hyödyntäminen taloudellisesti mielekäästä?
- **Tuotteen CO₂-jalanjälki**
 - Hankkeessa arvioidaan lopullisen tuotteen CO₂-jalanjälki ja sitä verrataan vastaavaan käyttöön soveltuvaan tavanomaiseen betoniin.

Hankkeen lopputulos

Asiakkaan mukaan räätälöity geopolymeeribetonituote on lupaava konsepti

Hankkeen alussa Keko geopolymeerit Oy ja Lounais-Suomen jätehuolto ideoivat yhdessä millainen tuote pilotoinnin aikana toteutettaisiin. Lopulta osapuolet päätyivät liikenne-esteeseen, jonka ulkonäkö poikkeaisi merkittävästi perinteisestä betoniporsaasta. Asiakkaan kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta Keko luonnosteli muutamia vaihtoehtoja, joista asiakas valitsi lopulta sulavasti muotoillun liikenne-esteen, joka höystettäisiin Topinpuisto-aiheisella logolla sekä logosta poimitulla kukkaelementillä.



Kuva 1. Liikenne-esteen matka varhaisesta luonnoksesta cad-malliksi ja lopulliseksi tuotteeksi.

Tämän jälkeen Keko pääsi testaamaan, kuinka asiakkaan toiveiden mukaan muotoillun tuotteen valmistus sujuisi käytännössä. Hankkeen aikana Keko suunnitteli lopullisen tuotteen, kehitti tuotteen valamiseen soveltuvan muotin sekä geopolymeeribetonireseptin. Hanke huipentui varsinaisten liikenne-esteiden valmistamiseen ja viimeistelyyn. Liikenne-esteiden näkyvyyden parantamiseksi, esteiden visuaaliset elementit käsiteltiin valoa heijastavalla pinnoitteella.



Kuva 2. Liikenne-esteiden visuaaliset elementit käsiteltiin valoa heijastavalla pinnoitteella.

Pilottiprojekteille tyypilliseen tapaan, tämänkin hankkeen aikana tuli vastaan lukuisia käytännön haasteita, joita ei hanketta valmistellessa osattu ennakoida. Haasteille onnistuttiin kuitenkin löytämään luovia ratkaisuja ja ne tarjosivatkin loistavia aineksia prosessin jatkokehitystä varten. Hankkeesta saatujen kokemusten pohjalta Keko jatkaa konseptin kehitystyötä ja tavoitteena on, että jatkossa näyttäviä ja asiakkaan toiveiden mukaan muotoiltuja ympäristöystävällisiä geopolymeerituotteita voidaan tarjota kilpailukykyiseen hintaan.



Kuva 3. Yksityiskohta liikenne-esteen logosta ennen pintakäsittelyä

Mineraalivillajätteeseen ja kuonaan pohjautuva geopolymeeribetoni soveltui hyvin liikenne-esteen materiaaliksi

Pilotoitavan tuotteen geopolymeeribetonissa päädyttiin lopulta hyödyntämään prosessoitua mineraalivillaa sekä mineraalivillajätettä. Mineraalivillaa käytetään yleisesti rakennusten eristemateriaaleina ja termi pitää sisällään sekä lasivillan että kivivillan, joista molemmat valmistetaan epäorgaanisista materiaaleista. Mineraalivillajätettä syntyy runsaasti purkuteollisuudessa, Euroopassa noin 2,5 miljoonaa tonnia vuodessa. Rakennusten mineraalivillaeristeet voidaan erotella melko tarkasti muusta purkujätteestä ja se toimitetaan yleensä kaatopaikalle. Mineraalivillajäte ei ole sinällään erityisen haitallista ympäristölle, mutta sen loppusijoitus ja erityisesti välivarastointi vaatii runsaasti tilaa. Mineraalivillajäte on esimerkiksi Suomessa yksi merkittävimmistä jätejakeista, joita yhä loppusijoitetaan kaatopaikoille. Matalan tiheydensä vuoksi mineraalivillajätettä on pidetty vaikeana materiaalina kierrättää tai muutoin hyödyntää. Osa mineraalivillasta voidaan kierrättää takaisin eristekäyttöön, mutta kierrätetyt määrät ovat yhä melko vähäisiä.

Mineraalivillan hyödyntämistä geopolymeerien raaka-aineena on aikaisemmin tutkittu lähinnä laboratoriomittakaavassa, joten hankkeessa saatiinkin runsaasti uutta tietoa siitä, miten kyseinen materiaali toimii hiukan suuremmissa mittaluokassa geopolymeeribetonin raaka-aineena.

Hankkeen aikana Keko geopolymeerit Oy testasi lukuisia sideaine- sekä geopolymeeribetonireseptejä, joissa hyödynnettiin mineraalivillaa ja mineraalivillajätettä. Näistä valittiin lopulta kaksi reseptiä, joita hyödynnettiin valmistetuissa tuotteissa yhdessä referenssinä toimineen geopolymeeribetonireseptin kanssa.



Kuva 4. Mineraalivillajätettä sisältävä liikenne-este Topinpuistossa

Hankkeessa saatujen kokemusten perusteella mineraalivillajäte on teknisessä mielessä lupaava lisä geopolymeereihin soveltuvien raaka-aineiden jo ennestään laajaan perheeseen. Mineraalivillojen havaittiin muun muassa vaikuttavan lujittuneen materiaalin ulkonäköön, toinen testatuista mineraalivillalaaduista tuotti hiekkakiveä muistuttavan värin, kun taas toinen tuotti lujittuneeseen materiaaliin siniharmaan sävyjä. Monista muista sivuvirroista ja jätemateriaaleista poiketen, mineraalivillan kemiallinen koostumus on suhteellisen tasalaatuinen, jonka ansiosta se sopii erinomaisesti geopolymeerien raaka-aineeksi. Hankkeen päättymisen jälkeen Keko kerää vielä tietoa, millainen vaikutus hankkeessa tutkituilla materiaaleilla on geopolymeeribetonin pitkäaikaiseen kestävyYTEEN, miten valoheijastava pinnote kestää ja miten materiaalin ulkonäkö kehittyy sen ikääntyessä.

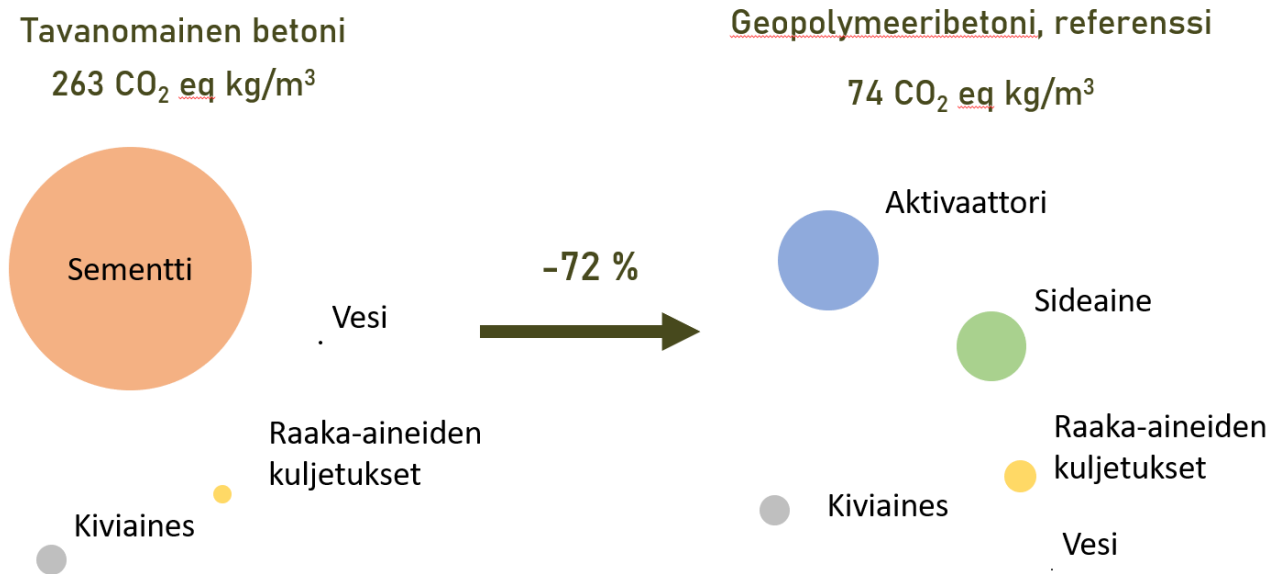
Geopolymeeribetonin CO₂-päästöt ovat huomattavasti pienempiä kuin tavanomaisella betonilla

Suurin osa niin geopolymeeribetonin kuin tavanomaisenkin betonin CO₂-päästöistä on peräisin raaka-aineiden valmistusprosesseista sekä raaka-aineiden kuljetuksesta. Päästöjä syntyy toki myös betonitehtaassakin betonin valmistuksen aikana (esim. sekoitus, tuotantotilojen lämmitys, betonin kuljetus käyttökohteeseen jne.), mutta nämä ovat suhteellisen pieniä raaka-aineiden valmistusprosesseissa sekä jatkoprosessoinnissa syntyviin päästöihin verrattuna.

Hankkeen aikana tehdyn arvion perusteella geopolymeeribetonin raaka-aineista ja raaka-aineiden kuljetuksesta koostuvat CO₂-päästöt ovat yhteensä noin 72 % pienemmät verrattuna tavanomaiseen betoniin (Kuva 3). Geopolymeeribetonin ja tavanomaisen betonin valmistuksesta syntyvät CO₂-päästöt arvioitiin kutakuinkin yhtä suuriksi. Tavanomaisessa betonissa ylivoimaisesti suurin osa päästöistä syntyy sementin valmistuksesta, jossa hiilidioksidia vapautuu etenkin kalsiumkarbonaatin kuumennuksesta sekä

kuumennukseen käytettävistä polttoaineista. Geopolymeeribetonin suurin CO₂-päästöjen lähde on aktivaattorina käytettävät kemikaalit, joiden tuotantoprosessit ovat varsin energiaintensiivisiä. Masuunikuona on yleisimmin käytetty geopolymeerien raaka-aine, joka muodostaa myös merkittävän osan geopolymeeribetonin CO₂-jalanjäljestä. Masuunikuona on tuotteistettu terästeollisuuden sivuvirta, jonka vuoksi sille allokoidaan osa teräksen tuotannossa syntyvistä hiilidioksidipäästöistä. Raaka-aineiden kuljetuksesta syntyvät CO₂-päästöt ovat hiukan suurempia geopolymeeribetonin kohdalla tavanomaiseen betoniin verrattuna, mikä on seurausta aktivaattorin raaka-aineiden pitkistä kuljetusmatkoista.

Masuunikuonan osittainen korvaaminen mineraalivillajätteellä laskee geopolymeeribetonin CO₂-jalanjälkeä vain 4–14 %, mikä johtuu masuunikuonan jo ennestään pienestä CO₂-jalanjäljestä. Mineraalivillajätteen hyödyntäminen geopolymeeribetonissa onkin mielekkäämpää, kun sitä tarkastellaan läjitykseen päätyvän jätteen vähentämisen kannalta. Hankkeen aikana saatujen kokemusten perusteella villaa voitaisiin hyödyntää geopolymeeribetonissa parhaillaan useita satoja kiloja betonikuutiota kohti.



Kuva 5. Geopolymeeribetonin ja tavanomaisen betonin CO₂-jalanjäljen jakautuminen raaka-aineiden ja raaka-aineiden kuljetusten kesken. Hankkeen aikana kehitetyllä geopolymeeribetonilla oli noin 72 % pienempi CO₂-jalanjälki tavanomaiseen betoniin verrattuna.

Yhteenveto

Pilotoinnin aikana Keko geopolymeerit Oy:n testaama konsepti asiakkaan toiveiden mukaan valmistetuista geopolymeeribetonituotteista vaikuttaa lupaavalta. Pilotoinnista saatujen kokemusten perusteella Keko jatkaa konseptin hiomista, jotta tulevaisuudessa asiakkaille voidaan valmistaa yksilöllisiä ja ympäristöystävällisiä geopolymeeribetonituotteita kilpailukykyisin kustannuksin.

Mineraalivillajätettä sisältävä geopolymeeribetoni soveltui erittäin hyvin liikenne-esteen materiaaliksi. Hankkeesta saatujen kokemusten perusteella mineraalivillajätteen hyödyntäminen geopolymeeribetonin raaka-aineena vaikuttaa laajemmassakin mittakaavassa ainakin teknisessä mielessä mahdolliselta. Tällä hetkellä mineraalivillajätteen hyödyntämistä rajoittaa kuitenkin prosessoidun mineraalivillajätteen heikko saatavuus sekä jätemateriaalin hyödyntämiseen liittyvä lainsäädäntö.

Hankkeessa pilotoidun geopolymeeribetoneiden CO₂-jalanjäljet ovat varsin pieniä, vain noin 30 % tavanomaisen betonin CO₂-jalanjäljestä. Suurin osa geopolymeeribetonin CO₂ jalanjäljestä on peräsin ns. aktivaattorissa käytettävien kemikaalien raaka-aineista ja valmistusprosesseista. Geopolymeeribetonissa yleisesti käytettyjen sideaineiden CO₂ jalanjäljet ovat jo nyt merkittävästi pienempiä kuin portlandsementin, jonka vuoksi sideaineen korvaaminen esim. jätemateriaalilla ei tuota enää radikaalia pudotusta geopolymeeribetonin CO₂-jalanjälkeen. Geopolymeerien ympäristövaikutusten minimoinnissa uudet vaihtoehtoiset aktivaattori ovatkin avainasemassa. Mineraalivillajätteen hyödyntäminen geopolymeeribetonissa tarjoaa kuitenkin oivan tavan vähentää kaatopaikoille läjitettävän mineraalivillajätteen määrää sekä läjityksestä koituvia kustannuksia. Hankkeesta saatujen kokemusten perusteella mineraalivilla jätettä voitaisiin hyödyntää jopa useita satoja kiloja jokaista tuotettua geopolymeeribetonikuutiota kohti.

Kokeilupalveluhankinta toteutettiin osana 6Aika: ILPO - Ilmastoposiitiiviset yritysalueet ja arvoketjut - hanketta. Hankkeen rahoittajina toimivat Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR), kuutoskaupungit, muut hanketoteuttajat sekä Suomen valtio.

KEKO

WWW.KEKOGEOPOLYMEERIT.FI