

Uudet materiaalit käyttöön hiilipihissä rakentamisessa

Tia Härkönen, toimittaja

Yksi ratkaisu rakentamisen päästöongelmaan ovat geopolymeerit ja muut vaihtoehtoiset sementit. Erilaisista jätteistä voidaan valmistaa materiaalia, joka lujittuu kuin betoni, mutta jonka hiilidioksidipäästöt ovat 40–90 % pienemmät kuin tavallisella betonilla.

Oulun yliopistossa Kuitu- ja partikkeliteknikan yksikköä vetävä professori *Mirja Illikainen* on yhdessä työryhmänsä kanssa tutkinut kiertotaloutta ja kehittänyt uusiokäyttöä teollisuuden ylijäämämateriaaleille jo useamman vuoden. Ryhmä tutkii ja kehittää materiaaleja, joiden tarkoitus on korvata sementtiä ja käytössä olevaa betonia.

"Sementti on yksi insinööriyön taidonnäyteistä. Sementti ja siihen pohjautuva betoni on luotettavaa, halpaa ja monikäyttöistä. Samalla ongelmana on kuitenkin sen hiilidioksidipäästöt", sanoo Mirja Illikainen.

Sementin hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää

Illikainen puhui tammikuussa Betoniseminaarissa Dipolissa. Hän totesi, että sementin hiilidioksidipäästöt ovat vähennettävissä. Keinoja on kaksi: oikeanlainen suunnittelu ja betonin tehokas käyttö, jossa materiaaleja ei tuhleta sekä uudenlaiset vaihtoehtoiset materiaalit.

Oululaisilla tutkimus liittyy erityisesti jälkimmäiseen.

"Meillä on valtavasti hyödyntämättömiä luonnonvaroja niin Suomessa kuin ympäri maailmaa. Teollisissa prosesseissa syntyy erilaisia sivuvirtoja ja jätteitä, joista osa hyödynnetään erilaisissa käyttökohteissa, mutta iso osa jää täysin hyödyntämättä", hän haastoi.

Geopolymeerit ratkaisuna

Sementin korvaajaksi kelpaavia sivuvirtoja ja jätteitä kertyy muun muassa kaivostoimin-

nasta ja louhinnasta, paperi-, mineraali- ja metallituotteiden valmistuksesta, energiatuotannosta ja rakentamisesta.

"Sivuvirtoja on syytä ajatella luonnonvaroina, jotka pitäisi hyödyntää ennen kuin otetaan neitseelliset materiaalit käyttöön", Mirja Illikainen korostaa.

Jätteet ja sivuvirrat ovat peräisin maaperästä ja koostuvat näin ollen maaperän perusalkuaineista, kuten piistä, kalsiumista, raudasta, alumiinista ja magnesiumista. Nämä kemialliset komponentit pystyvät sopivissa olosuhteissa reagoimaan samalla tavoin kuin sementti. Myös kovettumaan.

1 Oulun yliopistossa Kuitu- ja partikkeliteknikan yksikköä vetävä professori Mirja Illikainen on yhdessä työryhmänsä kanssa.

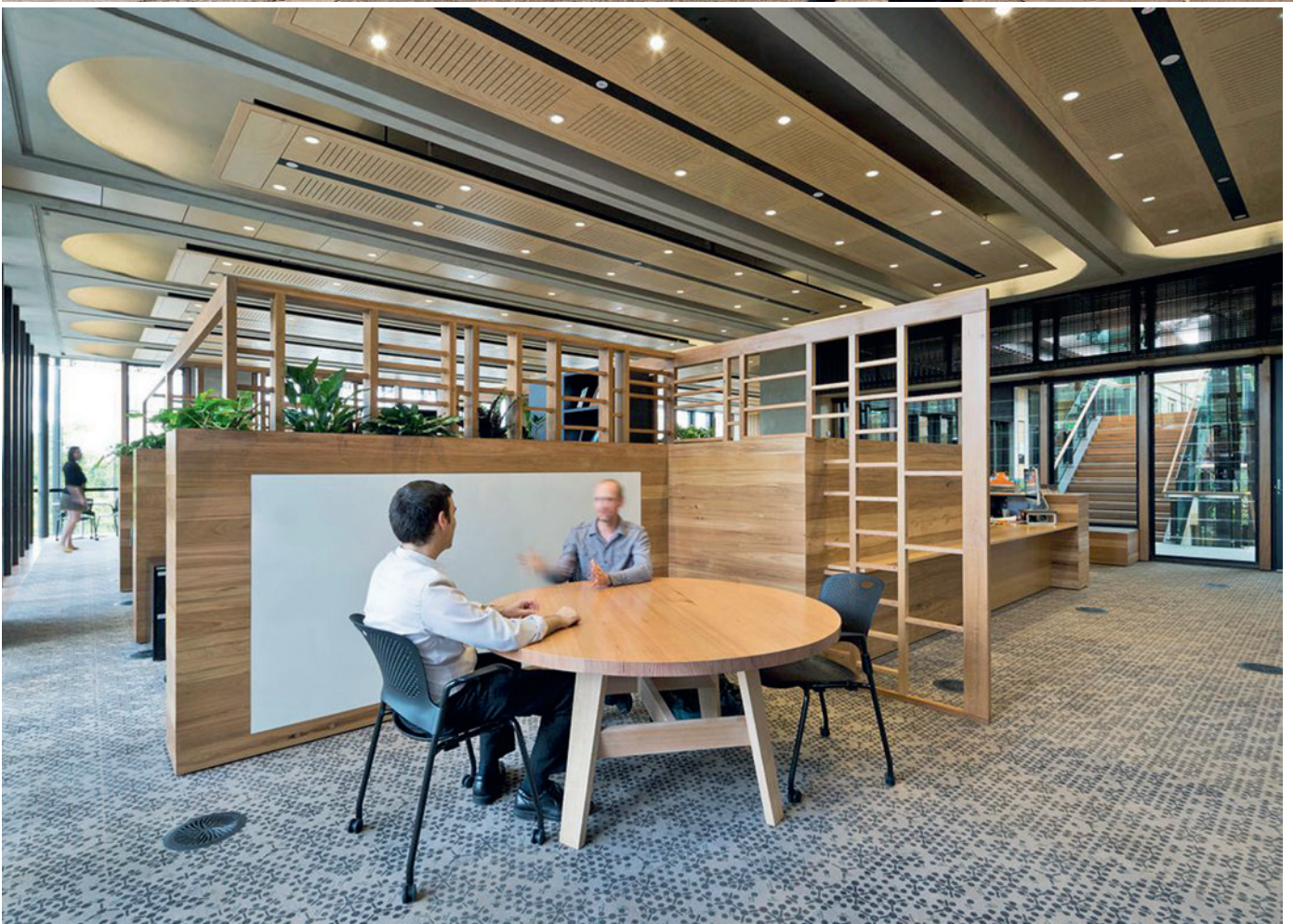
2 The University of Queensland's Global Change Institute (GCI), Australiassa. Queenslandin yliopistorakennus on yksi maailman ensimmäisistä rakennuksista joissa on käytetty geopolymeeribetonia rakennustarkoitukseen.

3 Queenslandin yliopiston 2 m x 10 m välipohjaelementeissä on käytetty polymeeribetonia. Materiaali on valmistettu masuunikuonan ja lentotuhkan yhdistelmästä.



Mikko Törmänen

1





4

”Yksi ratkaisu päästöongelmaan ovat juuri geopolymeerit ja muut vaihtoehtoiset sementit. Erilaisista jätteistä voidaan valmistaa materiaalia, joka lujittuu kuin betoni, mutta jonka hiilidioksidipäästöt ovat 40-90 % pienemmät kuin tavallisella betonilla.

Yritykset aktiivisesti mukana tutkimuksessa

Kiertotalouden materiaalitutkimukselle on kysyntää. Se näkyy muun muassa siinä, miten yritykset ovat lähteneet tutkimushankkeisiin mukaan.

”Aluksi tutkimuksestamme oli kiinnostunut lähinnä prosessiteollisuus, jonka tavoitteena oli löytää hyödyllisiä käyttökohteita syntyville jätteille ja sivuvirroille. Viime vuosina tutkimuksesta on kiinnostunut myös betoniteollisuus ja rakennustuotteita valmistava teollisuus. Meillä on paljon yhteistyökumppaneita, jotka tutkimuksen myötä pyrkivät myös kaupallistamaan ekologisempia tuotteita. Tutkimusta on tehty yli neljäkymmenen eri yrityksen kanssa yli kahdessakymmenessä projektissa”, hän sanoo tyytyväisenä.

Materiaali käyttötarkoituksen mukaan

Illikainen näkee, että tulevaisuuden rakentamisessa valinta materiaalista pitäisi tehdä sen mukaan, mikä on sen riittävä tai tarvittava ominaisuus kuhunkin käyttötarkoitukseen.

”Sivuvirtojen ja jätteiden ominaisuudet vaihtelevat. Tämä vaikuttaa siihen, millaisia ovat niistä valmistetun lopputuotteen omi-

naisuudet. Kaikissa käyttökohteissa ei tarvita esimerkiksi korkeaa puristuslujuutta. Toisaalta geopolymeerien lujuusominaisuudet voidaan saada erittäin isoiksi, kuten esimerkiksi masuunikuonasta kehittämässämme geopolymeerilaastissa.”

Kyseisen laastin puristuslujuus on ollut jopa 107 megapascalia 28 vuorokauden lujittumisen jälkeen. Tavallisen korkealujuusbetonin määritellään kestävän vähintään 55 megapascalia.

Tärkeää Illikaisen mielestä on myös se, että ongelmallisia jätteitä yritetään aktiivisesti saada hyötykäyttöön. Rakennusten purkamisen yhteydessä syntyvä lasi- ja kivivillajäte on yksi materiaali, jolle ei vielä tällä hetkellä ole järkevää käyttöä. Ne sopivat professorin mukaan kuitenkin erinomaisesti geopolymeerin lähtöaineeksi.

”Sivuvirtojen ja jätteiden hyödyntämisessä täytyy kuitenkin muistaa, että uusiomateriaalien valmistaminen ei aina ole järkevää. Hyöty häviää, jos esimerkiksi materiaalin sijainti on hankala ja kuljetusmatkat pitkiä, materiaalin laadunvaihtelut suuria tai materiaali sisältää haitallisia ainesosia. Myös lainsäädäntö ja sääntely estävät tai edistävät tapauksesta riippuen sivuvirtojen hyödyntämistä kiertotalouteen”, hän sanoo.

Professori Illikainen muistuttaakin, että haasteita on, eivätkä geopolymeeritkaan ihan lähitulevaisuudessa voi ratkaista maailmanlaajuisen sementintuotannon Co₂-ongelmaa. Osa ratkaisua ne kyllä ovat.



5

4 Erilaisista jätteistä voidaan valmistaa materiaalia, joka lujittuu kuin betoni, mutta jonka hiilidioksidipäästöt ovat 40-90 % pienemmät kuin tavallisella betonilla.

5 Geopolymeeri on betonimainen aine, joka syntyy esimerkiksi teräs- ja kaivannaisteollisuuden pii- ja alumiinipitoisesta jäteaineesta tietyissä alkalisisissa eli korkean pH:n olosuhteissa. Aineen koostumusta voidaan säätää olosuhteita muuttamalla. Erittäin kestävä geopolymeeriä voidaan valaa minkälaiseen muotoon tahansa, harkoiksi tai vaikka 3D tulosteeksi saakka.



6

EU:lta yli 5 miljoonan tuki mineraalivillan kierrätyksen käynnistämiseen

Mineraalivillan kierrättämistä edistävä WOOL2LOOP-hanke on saanut 5,3 miljoonaa euroa EU-tukea. Kolmivuotinen hanke käynnistyi viime kesänä 2019.

WOOL2LOOP-hanketta koordinoi suomalainen Saint-Gobain Finland Oy. Hankkeen tieteellisenä koordinaattorina toimii Oulun yliopisto. Innovaation pohjana on Oulun yliopiston Kuitu- ja Partikkeliteknikan tutkimusyksikön vuonna 2014 tekemä tieteellinen tutkimuslöydös, jossa mineraalivillajäte palautetaan uusiokäyttöön kemiallisella alkaliaktivoinnilla eli geopolymerisoinnilla.

Näin mineraalivillasta saadaan sementtiä korvaavaa raaka-ainetta uusiin rakennusteollisuuden tuotteisiin. Lisäksi hankkeessa keski-

6-9 Mineraalivillajätteestä voidaan valmistaa geopolymerisoinnin avulla uusia rakennustuotteita.



7



8



9

Geopolymeerin valmistus

Tarkempi ilmaus "alkaliaktivoitu materiaali"

- "Tavallinen" betoni: Sementti + vesi + hiekka + sora
- Geopolymeeribetoni: Teollisuuden sivuvirta + alkaliaktivaattori + hiekka + sora



tytään purkuprosessiin, materiaalin lajitteluun, analysointiin ja prosessointiin.

Euroopassa syntyy vuosittain noin 2,5 miljoonaa tonnia mineraalivillajätettä rakentamisessa ja purkurakentamisessa. Tällä hetkellä mineraalivillajäte päättyy lähes täysin kaatopaikalle. Valmistamalla mineraalivillajätteestä geopolymeerisoinnin avulla uusia rakennustuotteita voidaan korvata rakentamisessa käytettäviä neitseellisiä raaka-aineita ja pienentää merkittävästi rakennusmateriaalien tuotannon ja rakentamisen hiilijalanjälkeä.

Hankkeessa on mukana yhteensä 15 yritystä ja tutkimuslaitosta sekä laajoja pilottikokeiluja eri puolilla Eurooppaa.

Saint-Gobainin lisäksi mukana ovat mm. kansainvälinen rakennusmateriaaleja valmistava CRH, pohjoismainen ympäristöpalveluyritys Delete sekä Saint-Gobain -konserniin kuuluva Saint-Gobain Ecophon. Muut hankkumppanit ovat Sloveniasta, Portugalista, Tanskasta, Belgiasta, Hollannista, Ranskasta ja Puolasta.

Kahdelle Oulun yliopiston tutkimushankkeelle myönnettiin yhteensä yli miljoonan euron rahoitus – molemmissa tutkitaan hiilidioksidin hyötykäyttöä

Yliopiston kiertotaloustutkijoille on myönnetty kaksi Suomen Akatemian "C1 Hiili hyödyksi" -tutkimusrahoitushanketta, joiden yhteisbudjetti on yli miljoona euroa. Hankkeiden puitteissa on aloitettu tutkimus, joka voi tulevaisuudessa mahdollistaa hiilidioksidin teollisten hyödyntämisen ilmakehästä.

Toinen hankkeista on professori *Ulla Lassin* tutkimusryhmän hanke, joka keskittyy bioelektrokemialliseen konversioon. Hanke tehdään yhteistyössä Tampereen yliopiston kanssa, jossa on vetäjänä apulaisprofessori *Marika Kokko*. Projektissa muunnetaan hiilidioksidia ja metanolia orgaanisiksi hapoiksi mikrobielektrosynteesillä bakteerien avulla.

Toisessa hankkeessa keskitytään uudenlaisen sementin kehittämiseen. Tutkimusryhmää vetää yliopistotutkija *Päivö Kinnunen*.

Tutkimus on osa Oulun yliopiston strategista epäorgaanisiin sivuvirtoihin keskittyvää tutkimusta, jolle Suomen akademia myönsi viime vuonna yli viiden miljoonan euron rahoituksen.

Alkuvuodesta 2020 perustettu InStreams Hub -tutkimuskeskittymässä kootaan yhteen Oulun yliopiston huippututkijat ratkomaan luonnonvarojen käyttöä ja kestävästi teollisen tuotannon haasteita. Keskittymän tarkoitus

on myös syventää yliopiston ja teollisuuden yhteistyötä sekä kasvattaa tietoisuutta kiertotaloudesta ja parantaa edellytyksiä tutkimustulosten kaupallistamiseksi.

Oulun yliopiston tutkijaryhmä kehittää uudenlaista sementtiä, joka tavallisesta sementistä poiketen sitoisi itseensä hiilidioksidia.

Tutkimusta vetävä *Päivö Kinnunen* kertoo, että sementin valmistusta voidaan muuttaa uusilla magnesiumipohjaisilla raaka-aineilla, joihin ei liity hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi sementin lujittuminen perustuu hiilidioksidin sitomiseen tuotteeseen.

Nykyään valmistusmalli on päinvastainen eli hiilidioksidi poistetaan sementistä, joka onkin yksi pahiten ilmastoa rasittavista ihmisen tuottamista materiaaleista. Arviot sementtiteollisuuden hiilidioksidipäästöistä ovat noin 5–8 prosentin luokkaa eli enemmän kuin esimerkiksi lentoliikenteen päästöt.

Magnesiumipohjainen sementti ei ole uusi keksintö, mutta sen ongelmana on heikko pitkäaikais- ja vedenkestävyys, joihin nyt Oulussa haetaan uutta tietoa ja hallittavuutta monivuotisessa tutkimuksessa.

Yliopistotutkija *Päivö Kinnunen* mukaan asetaattipohjaisen etikkahapon tiedetään lujittavan uutta sementtiä ja parantavan sen vedenkestävyyttä, mutta miksi ja miten muutos tapahtuu, siitä ei ole vielä riittävästi tietoa.

- Voivatko geopolymeerit ratkaista maailmanlaajuisen sementin tuotannon CO₂ – ongelman? → Eivät lähitulevaisuudessa
- Ovatko geopolymeerit osa ratkaisua? → Kyllä



New materials introduced for low-carbon building

One solution to the emission problem of the building industry is provided by geopolymers and other alternative cements. A material which hardens like concrete but has 40–90% lower carbon dioxide emissions than normal concrete can be produced from waste.

Residues and wastes that can be used to replace cement are generated in e.g. mining and excavation activities, manufacture of paper, mineral and metal products, energy production, and building. The wastes and residues originate from the soil and are thus composed of the basic elements of soil. These chemical components are in appropriate conditions capable of reacting in the same way as cement. Including hardening.

In the construction industry of the future, the selection of a material should be based on its sufficient or required properties for each application. For example, high compression strength is not required in all applications. On the other hand, geopolymers can possess extremely high strength properties. Geopolymer mortar developed from furnace slag is an example of this.

Another important aspect is to find useful applications for problem wastes. Demolition of buildings produces e.g. glass and mineral wool waste for which no reuse applications have been found so far. Yet they are ideally suitable as source materials for geopolymers.

However, it is not sensible in every case to produce recycled materials. The advantages can be lost due to e.g. problematic location of the waste or long transport distances, large variations in material quality or harmful ingredients contained in the material. Laws and regulations can also prevent or promote, as the case may be, the utilisation of residues in circular economy.

The researchers of circular economy at the University of Oulu have been granted funding for two research projects from the “C1 Value” programme of the Academy of Finland. The research started within these projects may make industrial utilisation of carbon dioxide from the atmosphere possible in the future.

One of the projects focuses on bioelectrochemical conversion. Carbon dioxide and methanol are converted in this project into organic acids through microbial electrosynthesis based on bacteria.

The other project aims at developing a new kind of cement. Unlike conventional cement, it would bind carbon dioxide. The study is part of Oulu University's strategic research on inorganic residues. InStreams Hub is a research hub that focuses on resolving challenges related to the use of natural resources and industrial production. The hub is also designed to deepen cooperation between the University and industry as well as to increase awareness of circular economy and develop opportunities for the commercialisation of the results of the research activities.