

Uudet materiaalit käyttöön hiilipihissä rakentamisessa

Professori Mirja Illikainen
Oulun yliopisto



UNIVERSITY
OF OULU



Sementti ja betoni - yhteiskunnan rakennusaineet





... on vain yksi ongelma

Sementin valmistus:

$\sim 0.8 \text{ t CO}_2$ / klinkkeritonni

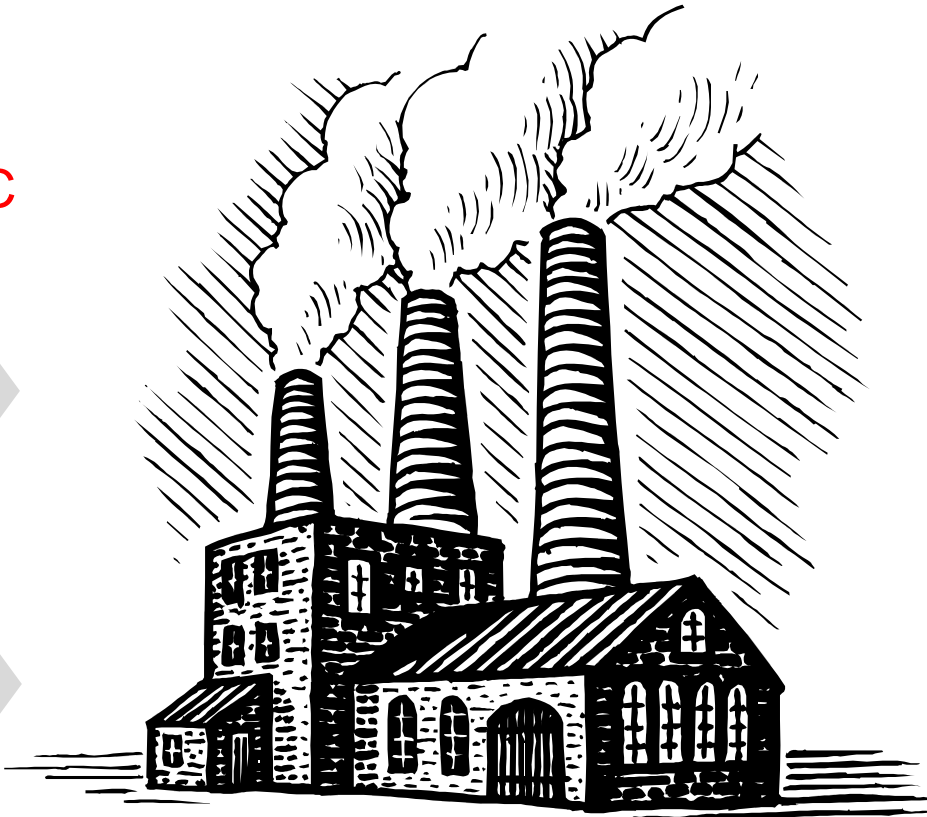
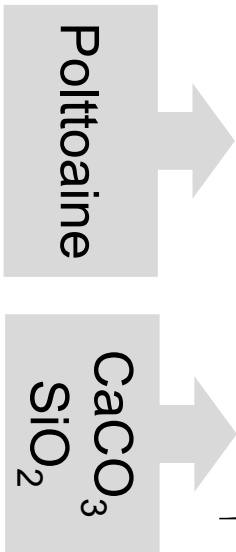
CO₂ lähteet:

Kemia $\sim 55\%$

$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

Polttoaineet $\sim 45\%$

$\sim 1400^\circ\text{C}$



Sementtiklinkkeri
 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$



UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM

Eco-efficient cements:

Potential, economically viable solutions for a low-CO₂, cement-based materials industry



Sementin hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää:

- A) Oikeanlaisen suunnittelun ja betonin tehokkaan käytön avulla**
- B) Uusien, vaihtoehtoisten materiaalien avulla**



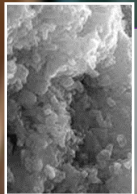
Mineraalijätteen synty Suomessa 2016 (tonnia)

Kaivostoiminta ja louhinta	93 661 000
Paperituotteiden valmistus	168 000
Mineraalituotteiden valmistus	202 000
Metallituotteiden valmistus	1 377 000
Energiantuotanto	957 000
Rakentaminen	13 389 000

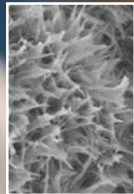
yhteensä: 109 754 000

Ratkaisu: geopolymeerit ja muut vaihtoehtoiset sementit

40 – 90 % pienemmät
hiilidioksidipäästöt



Geopolymer:
Al, Si, Na, K



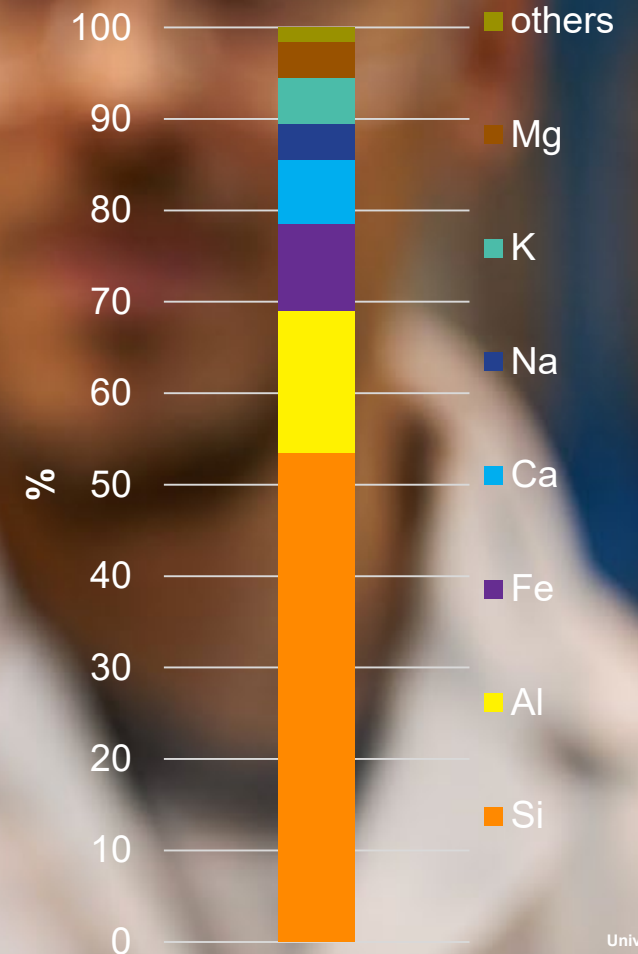
C-S-H:
Ca, Si, Al, Fe



Ettringite:
Ca, Al, S, Fe,



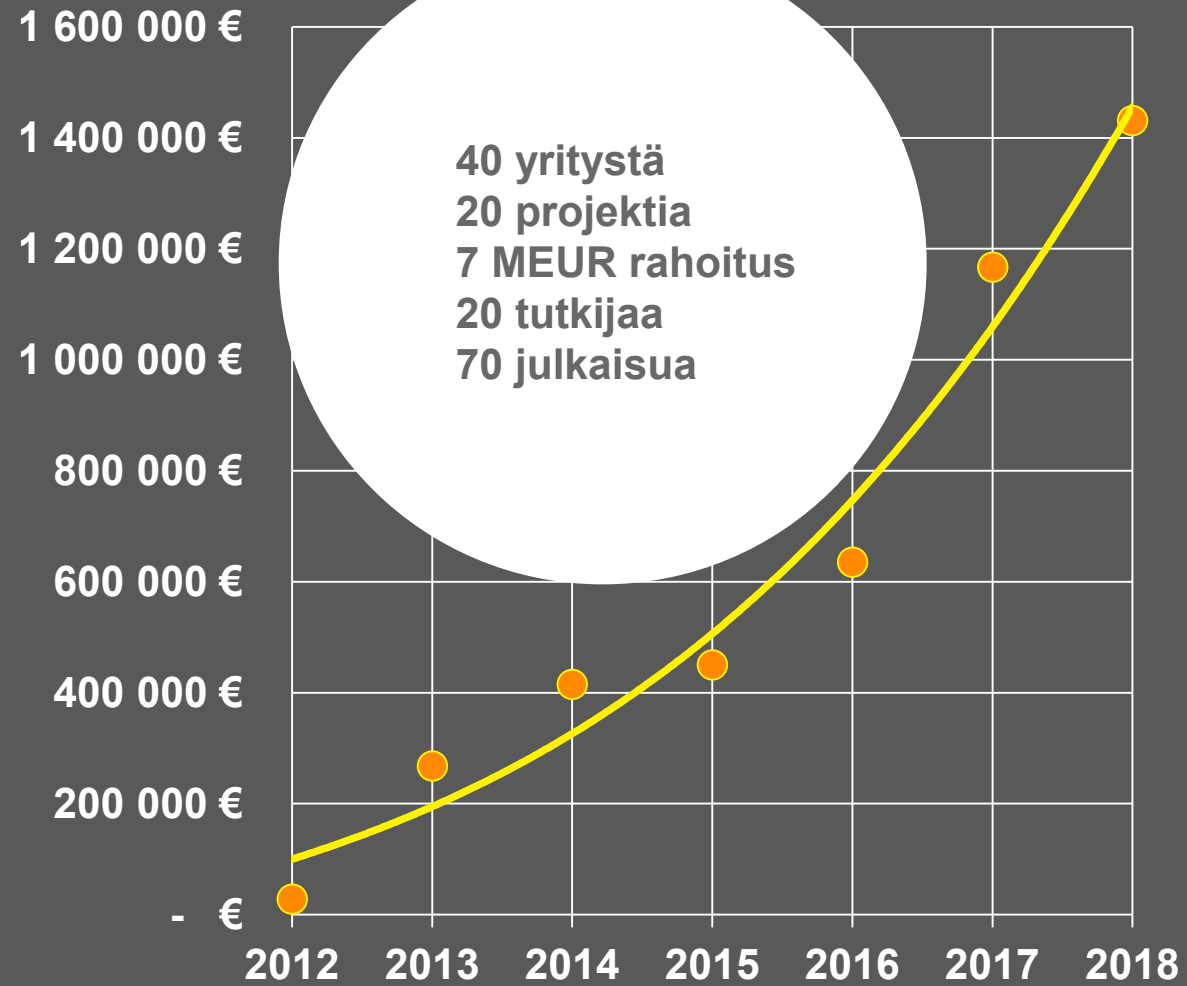
Carbonates:
 CaCO_3 , MgCO_3







Rahoitus, EUR





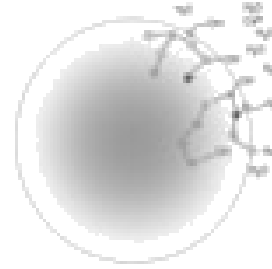
Geopolymeerin valmistus

Tarkempi ilmaus
”alkaliaktivoitu materiaali”

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



Geopolymeerin valmistus



Alumiinisilikaatin
liukeneminen



Liuenneiden
komponenttien
uudelleenjärjestäytyminen



Geelin muodostus

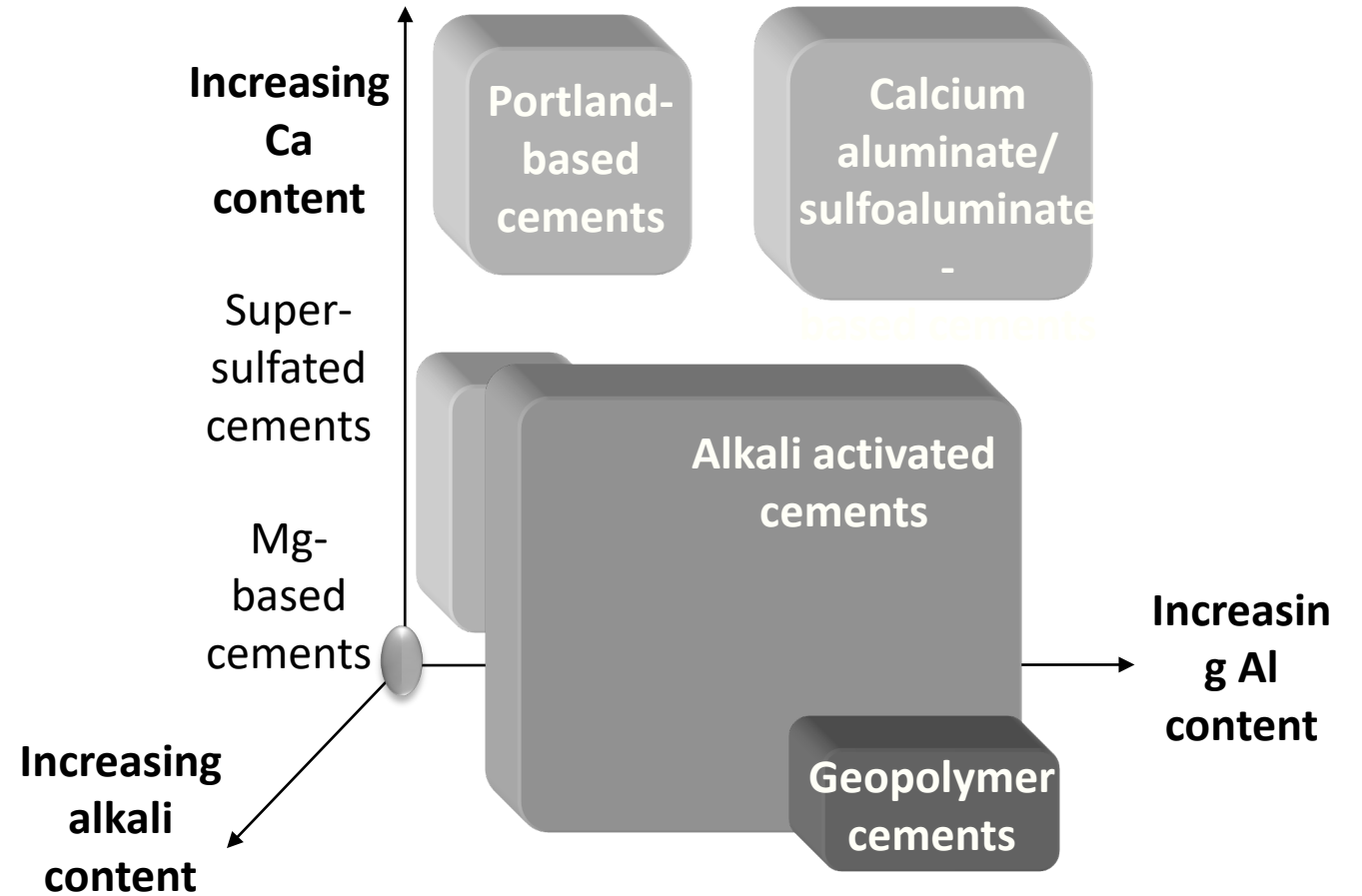


Lujittuminen

Korkea Ca: C-A-S-H
Matala Ca: N-A-S-H



Materiaalin pitäisi valit käyttötarkoituksen mukaan





Maailmanennätysluja geopolymeerikuivalaasti

Oulun yliopistossa on kehitetty ennätysluja ekobetoni – valmistetaan kuivista raaka-aineista ja vedestä



Oulun yliopistossa on kehitetty ekobetoni

Oulun yliopistossa on kehitetty maailman lujimman sementtiä sisältämättömän ekokuivabetonin eli geopolymeeribetonin.



Rakennuslehti
Kaikki mitä tietää pitää

Uutiset Näkökulmat

Masuunikuonasta syntyi ennätysluja ekobetoni

Oulun yliopiston tutkijaryhmä on kehittänyt maailman lujimman sementtiä sisältämättömän ekokuivabetonin eli geopolymeeribetonin.

Merja Mannila

Ekobetoni on vihreämpi vaihtoehto

■ Oulussa on keksitty huippuvahva ekokuivabetoni, joka lyö laudalta kaikki vertaisensa. Pula-ajan materiaali nousi tutkijoiden työpöydälle ympäristösyistä. Uutuuden standardoinnissa saattavat auttaa löydökset entisestä Neuvostoliitosta.

Katja Pulkkinen

Oulun yliopistossa on kehitetty poikkeuksellisen lujaa betonia, joka ei sisällä vettä. Sementti on korvattu geopolymeerillä, joka tehdään alumiinisilikaattimateriaalista. Alumiinisilikaatti saadaan sivuvirtaan raaka-ainetta valmistettaessa. Erilaiset betonin kaltaiset materiaalit, joissa sementti korvataan geopolymeerillä, ovat viime aikoina nousseet esinä ympäristösyistä. Maailman sementin tuotanto aiheuttaa runsaasti ilmastopäästöjä. Lisäksi sementin perinteinen betoni on korroosiovaarallinen, mikä lisää sen uuden korvikkeen tarvetta. Uudet korvikkeet tarjoavat mahdollisuuden hyödyntää monenlaisia jätteitä betonin raaka-aineina, mikä vähentää betonin hiilijalanprinttiä.

Lajissaan maailman ykkönen

Erilaiset betonin kaltaiset materiaalit, joissa sementti korvataan geopolymeerillä, ovat viime aikoina nousseet esinä ympäristösyistä. Maailman sementin tuotanto aiheuttaa runsaasti ilmastopäästöjä. Lisäksi sementin perinteinen betoni on korroosiovaarallinen, mikä lisää sen uuden korvikkeen tarvetta. Uudet korvikkeet tarjoavat mahdollisuuden hyödyntää monenlaisia jätteitä betonin raaka-aineina, mikä vähentää betonin hiilijalanprinttiä.

Nykymaailma on tehty betonista

Betoni on maailman käytetyin rakennusmateriaali. Sitä valmistetaan maailman jokaista asukasta kohti. Perinteisesti betoni koostuu sementistä, vedestä ja kiviaineksesta. Sementti on betonin perusainesosa, joka muokkaa betonin muotoon ja vahvuuteen. Sementin pääainesosa on kalkkikivi, joka poltetaan 1400 asteessa. Kalkkikivestä saadaan sementtiklinkeriä, jota sekoitetaan kiviainekseen ja veteen. Sementtiklinkeriä käytetään betonin raaka-aineena. Betonin pääainesosa on kalkkikivi, joka poltetaan 1400 asteessa. Kalkkikivestä saadaan sementtiklinkeriä, jota sekoitetaan kiviainekseen ja veteen. Sementtiklinkeriä käytetään betonin raaka-aineena.

Ekobetoni on vihreämpi vaihtoehto

Ekobetoni on vihreämpi vaihtoehto. Se valmistetaan kuivista raaka-aineista ja vedestä. Ekobetoni on vihreämpi vaihtoehto. Se valmistetaan kuivista raaka-aineista ja vedestä.





**MINERAL WOOL
WASTE**



**MINERAL WOOL
POWDER**



addition of e.g.
 NaOH
 Na_2SiO_3
 NaAlO_2



**MINERAL WOOL
GEOPOLYMER**



WOOL2LOOP

Mineral wool waste back to loop with advanced sorting, pre-treatment, and alkali activation

Call/Topic: Raw materials innovation for the circular economy: sustainable processing, reuse, recycling and recovery schemes

Type of action: Innovation action

Duration: 36 months

Project start: 1st of June, 2019

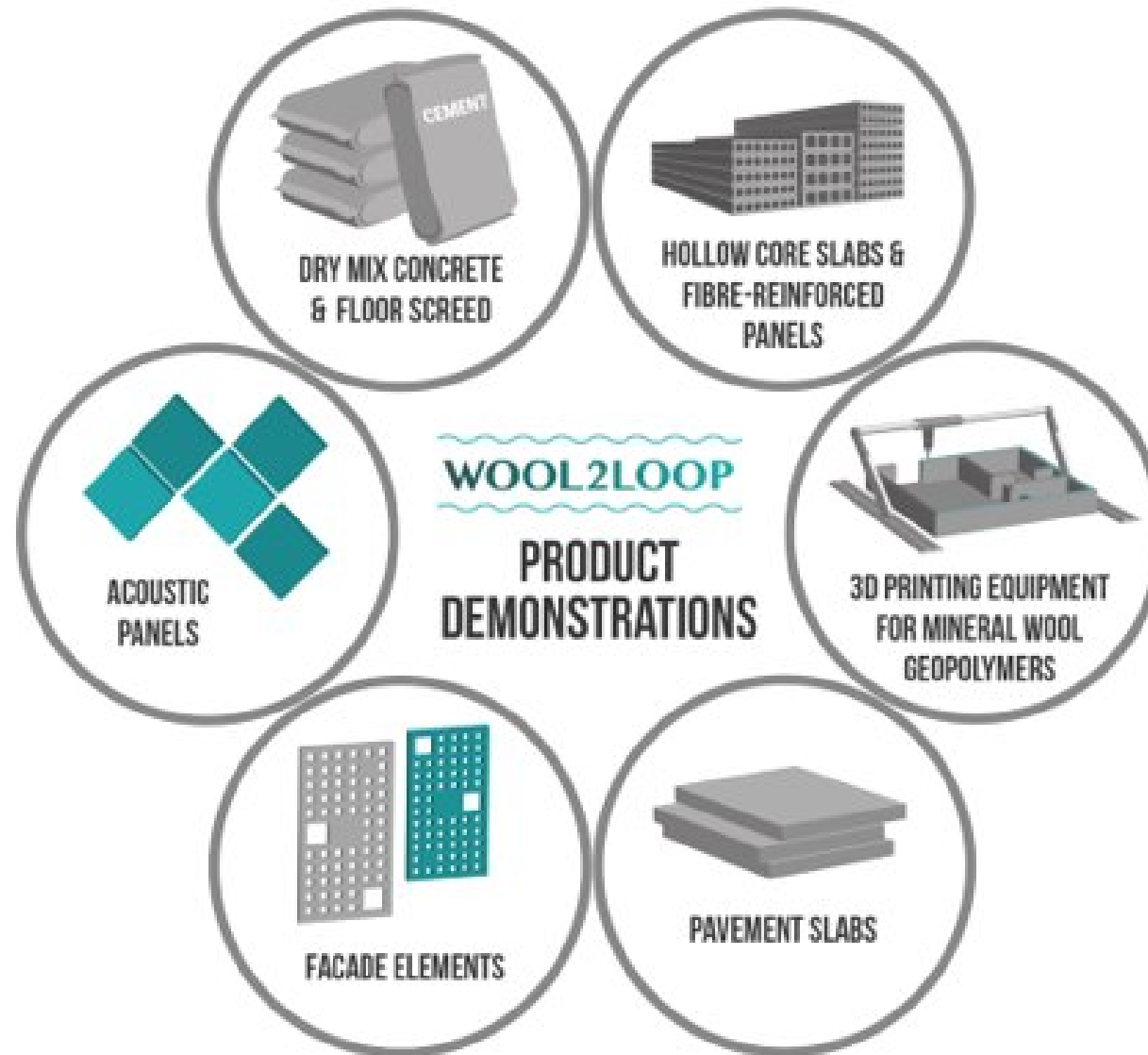
Project budget: 6,7 MEUR

Total EU funding: 5,3 MEUR



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 821000.

The opinions expressed in this document reflect only the author's view and in no way reflect the European Commission's opinions. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.





Haasteita?

- Prosessointi
- Sijainti
- Kustannukset
- CO2
- Markkinaodotukset
- Lainsäädäntö ja säätely



- Kemiallinen koostumus
- Minerologia
- Fysikaaliset ominaisuudet
- Reaktiivisuus
- Laadun vaihtelu
- Haitalliset ainesosat



Tilanne meillä ja maailmalla

GEOPOL[®]

orbix

LUCID³ON



CARBICRETE

banah[®]
cement reimagined



Zeobond

Cemfree[™]
Part of the DBGroup



CEMENTBOUW

A CRH COMPANY

KEKØ

BETOLAR

The University of Queensland's Global Change Institute (GCI)





Image courtesy of Bob Talling

1980's

Bob Talling: AAM -kattotiilet, Helsinki

Pavel Krivenko: AAM -viemäriputket, Oulu



Image courtesy of Pavel Krivenko



1950's
Glukhovsky Instituuhti, Kiev



Pyramidit
Roomalaista betonia





Lopuksi...

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







Kiitos!