

# Hiilidioksidin hyötykäyttö betonin valmistuksessa

## Bio-CO<sub>2</sub> -hankkeen päätösseminaari

Tapio Vehmas  
Sampo Mäkikouri  
30.8.2018

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

# Esityksen sisältö

- Johdanto.
- Hiilidioksidin hyötykäyttö betonin valmistuksessa.
- Termodynaaminen mallinnus.
- Loppupäätelmät.

# Johdanto

- Betoniteollisuus on merkittävä hiilidioksidin tuottaja.
- Sementin valmistus vastaa tällä hetkellä 7% globaaleista hiilidioksidipäästöistä
- Tulevaisuudessa osuuden arvioidaan nousevan jopa 20%.
- Ongelma on tiedostettu laajasti ja vaihtoehtoisia ratkaisuja etsitään.

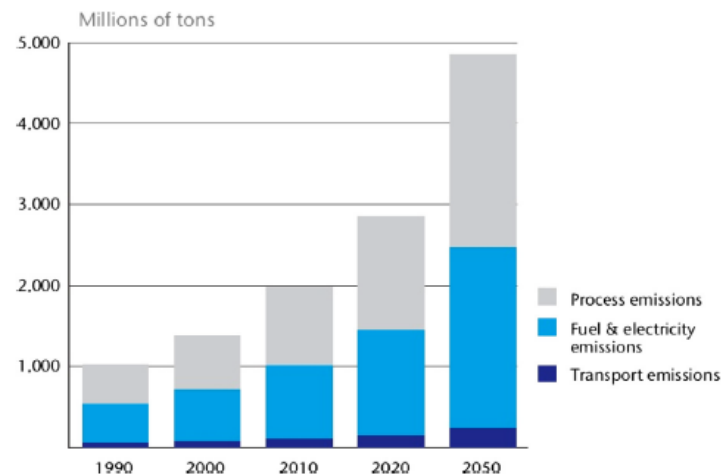


Figure 6. Projected global cement industry reference CO<sub>2</sub>, million metric tonnes (Battelle, 2002).

*Kuvaaja 1. Ennuste betonin hiilidioksidipäästöistä.*

# Johdanto

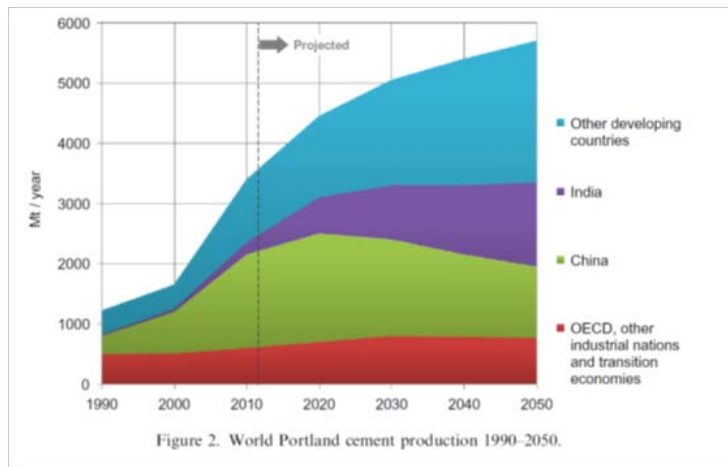
- Sementin hiilidioksidipäästöt syntyvät pääasiallisesti sementin klinkkerifaasista.
- Klinkkerin korvaaminen vaihtoehtoisilla sideaineilla on laajasti käytössä.
- Uusia vaihtoehtoisia tai täydentäviä sideaineita etsitään aktiivisesti.
  - Käyttökelpoiset materiaalit ovat jo käytössä.
  - Uusien materiaalien kohdalla ongelmaksi on muodostunut teollisen skaalan soveltaminen.



*Kuvaaja 2. Jätetuhkista VTT:llä valmistettu muurirakenne.*

# Johdanto

- Tulevaisuuden sementintuotanto voidaan jakaa kehittyneisiin ja kehittyviin maihin.
- Kehittyvissä maissa infrastruktuurin rakentaminen mahdollistaa uudentyyppiset sideaneet.
- Kehittyneissä maissa tulee löytää ratkaisuja jotka toimivat jo olemassa olevan infran kanssa.



Kuvaaja 3. Ennuste globaalista sementintuotannosta.

# Hiilidioksidin hyötykäyttö betonin valmistuksessa

- Hiilidioksidin hyötykäyttö betonin valmistuksessa palvelee ensisijaisesti kehittyneitä maita.
- Tällä hetkellä hiilidioksidin hyötykäyttö perustuu kalsiumkarbonaatin saostamiseen tuoreeseen betonimassaan.
  - Saostunut kalsiumkarbonaatti kiihdyttää lujuudenkehitystä kiteytymisvaikutuksen perusteella.
  - Kalsiumkarbonaatti mahdollisesti reagoi osittain.



Kuvaaja 4. Hiilidioksidin sovellus valmisbetonissa.

# Hiilidioksidin hyötykäyttö betonin valmistuksessa

- Hiilidioksidissa on suurempi potentiaali kuin nykyisin on käytössä.
- Hiilidioksidi voi toimia lähtöaineena erilaisille karbonaattimineraaleille.
- VTT tutki hiilidioksidin potentiaali muodostaa erilaisia reaktiotuotteita sementin kanssa termodynaamisen mallintamisen keinoin.



Kuvaaja 5. Dawsonite  $\text{NaAlCO}_3(\text{OH})_2$   
<https://en.wikipedia.org/wiki/Dawsonite>

# Termodynaaminen mallinnus

- Termodynaaminen mallinnus on laskentaohjelma joka ennustaa termodynaamisen tasapainon.
- Mallinnus toteutettiin GEMS –ohjelmalla lisättynä CEMDATA – tietokannalla. Lisäksi yleisesti käytössä olevista tietokannoista lisättiin karbonaattimineraalit.
- Lähtökoostumus:
  - CEM I
  - Vesisementti-suhde: 0.5
  - CO<sub>2</sub> kaasu muuttujana
  - T= 25°C, P= 1atm



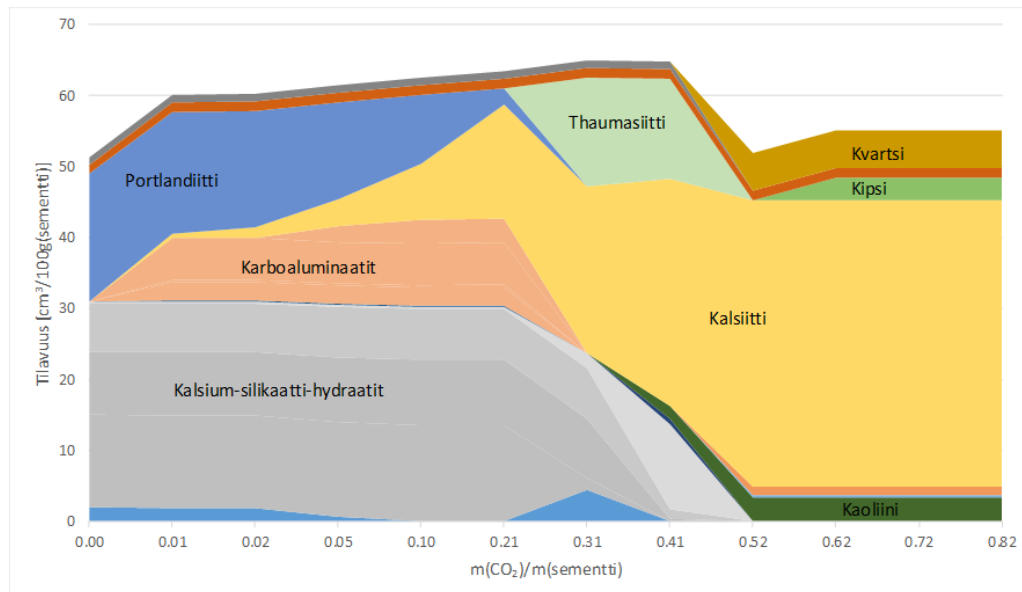
Kuvaaja 6. Taikapata.



# Termodynaaminen mallinnus

## Tulokset

- Alkuvaiheessa muodostuu kalsiumkarboalumiinaatteja.
- Reaktiotuotteiden tilavuus kasvaa.
- Portlandiitti ja kalsiumsilikaatti-hydraatit stabiileja.



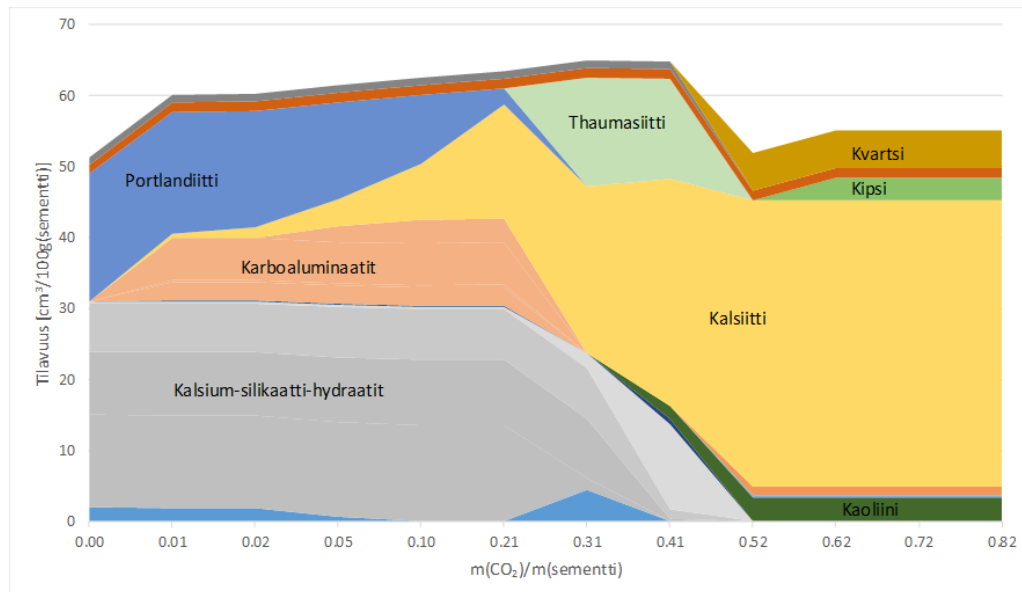
Kuvaaja 7. Termodynaaminen mallinnus sementin ja hiilidioksidin reaktiotuotteista.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Termodynaaminen mallinnus

## Tulokset

- Seuraavassa vaiheessa portlandiitti muuttuu kalsiitiksi.
- Karboaluminaattien muodostuminen jatkuu.
- Tilavuus kasvaa edelleen.



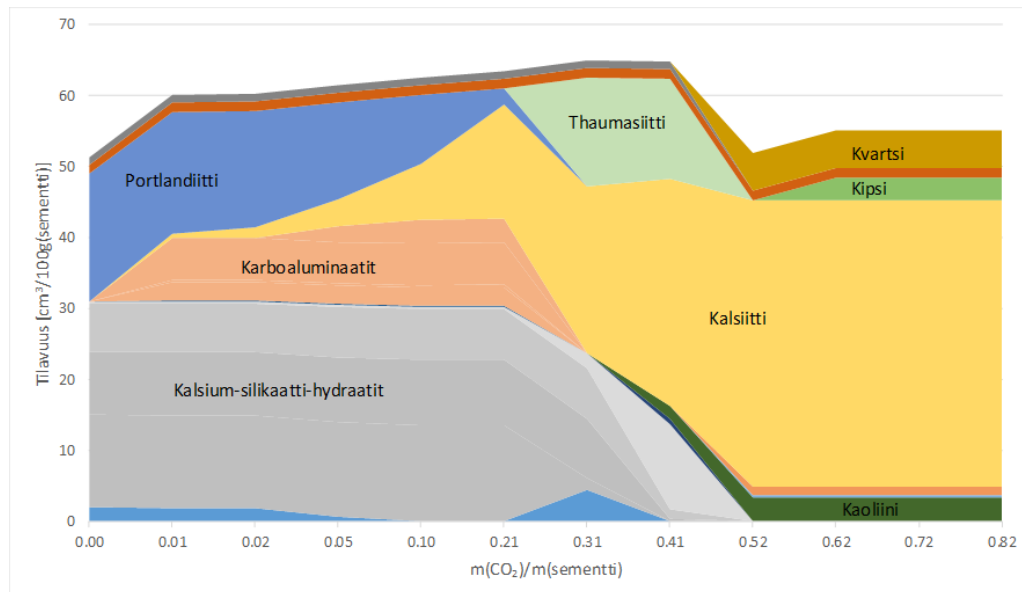
Kuvaaja 7. Termodynaaminen mallinnus sementin ja hiilidioksidin reaktiotuotteista.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Termodynaaminen mallinnus

## Tulokset

- Portlandiitin kuluttua loppuun, karboaluminaatit liukenevat ja thaumasiitin muodostuminen alkaa. Kalsiumsilikaattihydraatit muuttavat muotoaan.
- Sideaine saavuttaa maksimitilavuutensa.



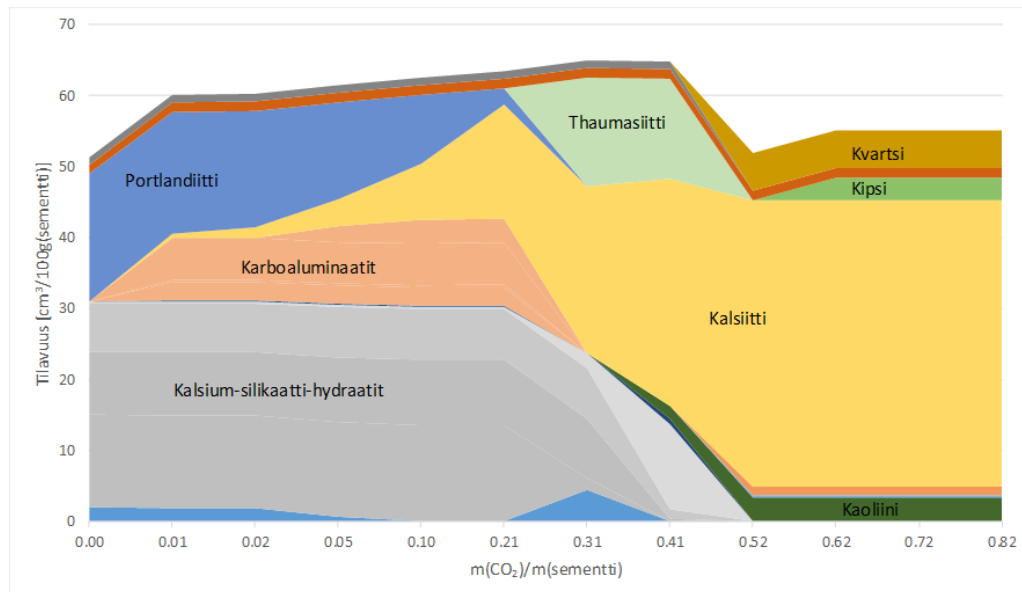
Kuvaaja 7. Termodynaaminen mallinnus sementin ja hiilidioksidin reaktiotuotteista.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Termodynaaminen mallinnus

## Tulokset

- Viimeisessä vaiheessa thaumasiitti ja kalsiumsillikaattihydraatit hajoavat kalsiitiksi, kaoliiniksi kipsiksi, kvarttsiksi ja pienissä määrin dawsoniitiksi ja dolimiitiksi.



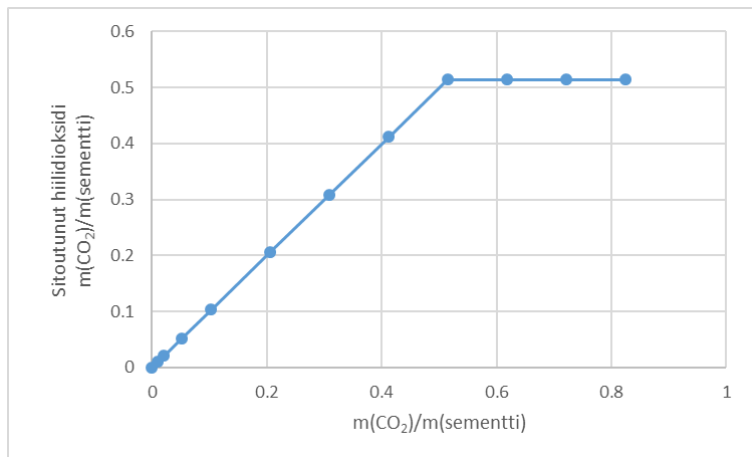
Kuvaaja 7. Termodynaaminen mallinnus sementin ja hiilidioksidin reaktiotuotteista.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

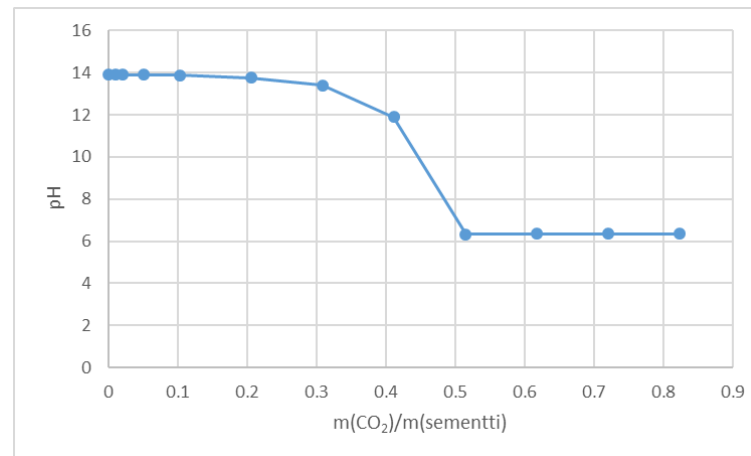
# Termodynaaminen mallinnus

## Tulokset

- Hiilidioksidia sitoutuu maksimissaan 0,5 g/g(sementti).
- pH putoaa voimakkaasti 0,3-0,5 g/g(sementti).



Kuvaaja 8. Termodynaamisen mallinnuksen ennustama hiilidioksidin sitoutuminen.



Kuvaaja 9. Termodynaamisen mallinnuksen ennustama huokosveden pH

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Loppupäätelmät

- Termodynaamisen mallinnuksen perusteella hiilidioksidia voidaan hyödyntää sideaineena.
  - Sementin vähennys.
- Hiilidioksidi mahdollistaa uusia reaktiotuotteita.
  - Uusia vaihtoehtoisia sideaineita.
  - Matalampi klinkkerin polttolämpötila (beliittisementit).
- Hiilidioksidin sitominen (pienemmät suorat hiilidioksidipäästöt)
  - Ei vaatimuksia kaasun puhtaudelle.
  - Tulevaisuuden mahdollisuus.
- Vaikutus säilyvyyteen?

# KIITOS!

