

BETONI ON HIILIDIOKSIDINIELU

Jorma Virtanen, kehitysjohtaja
Finnsementti Oy



1 Betonin käyttö ympäristörakentamisessa on luontevaa, johtuen betonin valmistuksessa käytettävistä luonnonmateriaaleista. Kuvassa Micropolis-skeittipuisto Helsingissä.

2 Finnsementin Paraisten kalkkivilouhos talvisessa maisemassa.



Vaikka sementin valmistuksen yhteydessä vapautuu melko runsaasti hiilidioksidia – sitoutuu merkittävä osa tästä takaisin betonin elinkaaren aikana, jos rakenteen purun jälkeen betoni murskataan jatkokäyttöön. Tätä takaisin sitoutumista ei ole mitenkään otettu huomioon betonin elinkaarilaskelmissa tai päästökaupassa.

Maapallon ilmakemian lämpeneminen eli nk kasvihuoneilmiö on alkanut huolestuttaa viime vuosina yhä enemmän. Lämpenemisen katsotaan johtuvan lisääntyneen energiankäytön myötä kohonneista kasvihuonekaasujen pitoisuuksista. Ilmakehän hiilidioksidin pitoisuuden kasvun on ennustettu edelleen kiihtyvän jos päästöjä ilmaan ei pystytä rajoittamaan huomattavasti maailmanlaajuisesti.

Rajoituksiin on pyritty mm. *Kioton sopimuksella*, josta suurin hiilidioksidipäästäjä USA on kuitenkin jättänyt pois. Kioton sopimus ei myöskään rajoita kehittyvien talouksien kuten Kiina, Intia ja Brasilia -päästöjä mitenkään. Joulukuussa 2009 pyrittiin Kööpenhaminassa pääsemään yhteisymmärrykseen Kioton sopimuksen jatkosta vuoden 2012 jälkeen – tässä kuitenkin onnistumatta. Seuraavan kerran sopimusta yritetään 2010 marras-joulukuun vaihteessa Cancun:ssa Meksikossa.

EU on pyrkinyt ottamaan tiennäyttäjän roolin ja se on päättänyt yksipuolisesti vähentää päästöjään 20 %:lla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä. EU on myös luvannut nostaa päästövähennystavoitteensa 30 %:iin, jos kansainvälinen sopimus saadaan aikaan. Päästöjen vähentämiseen pyritään mm. päästökaupalla, jonka piiriin EU:ssa kuuluu energiateollisuutta ja runsaasti energiaa käyttävää teollisuutta, mukaan lukien sementtiteollisuus.

HIILIDIOKSIDI SEMENTIN VALMISTUKSESSA

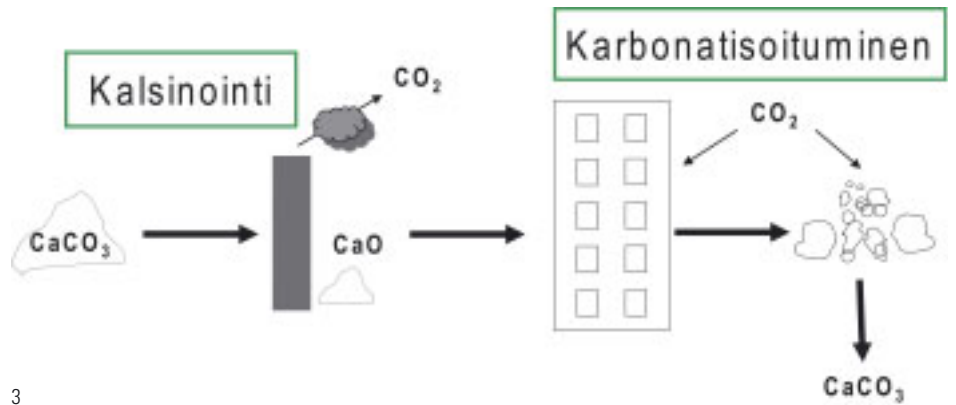
Sementtiklinkkeri valmistetaan kalkkikivestä ja muista kivilajeista kiertouunissa, jossa osittain sulan materiaalin lämpötila nousee noin 1400 - 1450 °C:een. Prosessin alussa, kun kalkkikiven lämpötila nousee noin 900 °C:een, tapahtuu kalsinoituminen eli kalsiumkarbonaatin hajoaminen kalsiumoksidiksi ja hiilidioksidiksi. Kalkkikivestä irtoava hiilidioksidimäärä on noin 500 kg valmistettua sementtiklinkkeritonniä kohti. Tämän lisäksi hiilidioksidia syntyy käytetyn polttoaineen palamisen yhteydessä. Palamisesta aiheutuva hiilidioksidipäästö riippuu laitoksen energiatehokkuudesta ja käytetyistä polttoaineista ja se on nykykäsillä laitoksilla luokkaa 300 - 400 CO₂-kg/klink-

Jenna Seario

1

Jorma Virtanen

2



3
Hiilidioksidin kierto betonin elinkaaren aikana /1/

keritönni. Sementin valmistuksen hiilidioksidipäästöstä noin 60 % onkin peräisin kalkkikivestä.

BETONI KARBONATISOITUU

Betonin kovettuminen perustuu sementin ja veden kemialliseen reaktioon, jossa sementtimineraaleista syntyy sementtikiveä ja kalsiumhydroksidia. Kalsiumhydroksidi on vesiliukoinen ja voimakkaan emäksinen yhdiste, joka reagoi edelleen hiilidioksidin kanssa kalsiumkarbonaatiksi joutuessaan kosketuksiin ilman kanssa. Tätä kalsiumhydroksidin ja hiilidioksidin reaktiota kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Tämän reaktion, karbonatisoitumisen, myötä kalkkikivestä vapautunut hiilidioksidi sitoutuu taas takaisin kalsiumkarbonaatiksi.

Karbonatisoituminen alentaa betonin emäksisyyttä, joka suojaa raudoituksia ruostumiselta. Karbonatisoitumista pyritäänkin minimoimaan teräsbetonirakenteissa. Kuivissa sisätiloissa ei kuitenkaan ole riittävästi kosteutta, jotta rauditus ruostuisi, ja siksi betonin karbonatisoitumisesta ei ole vaaraa rakenteiden säilyvyydelle.

Betonin karbonatisoituminen etenee hidastuen rakenteen pinnalta syvemmälle betoniin. Karbonatisoituminen on sitä nopeampaa mitä huokoisempaa eli heikompaa betoni on. Ohuet rakenteet karbonatisoituvat kauttaaltaan huomattavasti nopeammin kuin paksut rakenteet.

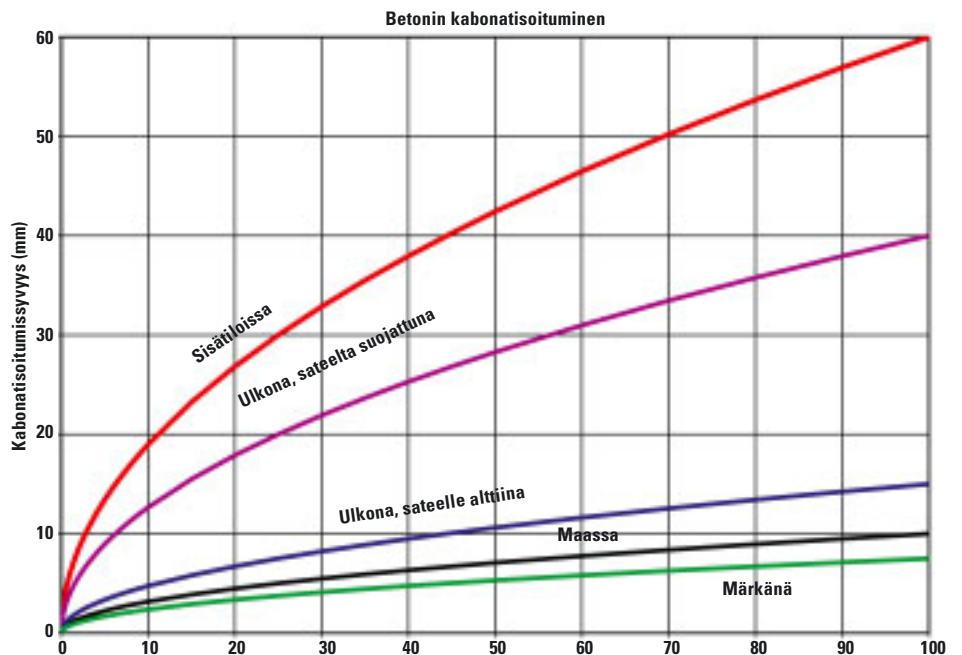
Rakennuksen käyttöänsä aikana betoni karbonatisoituu vain pinnaltaan muutaman millin tai sentin syvyyteen (kuva 4). Tässä vaiheessa ei betoniin sitoudu vielä kovin suurta määrää hiilidioksidia. Suuri osa sementtikiveä pääsee kuitenkin kosketuksiin ilman hiilidioksidin kanssa ja karbonatisoituminen nopeutuu, jos betoni rakenteen purkamisen yhteydessä murskataan uusiokäyttöä varten "sepeliksi". Halkaisijaltaan 100 mm:n betonirakeen täydelliseen karbonatisoitumiseen voidaan arvioida kuluvan noin 1100 vuotta, 10 mm:n rakeen noin 11 vuotta ja 1 mm:n rakeen enää noin yhden kuukauden ajan.

Pohjoismaisessa tutkimuksessa "CO₂ Uptake from Carbonation of Concrete" arvioitiin, että betonista karbonatisoituu noin 20 - 40 % rakennuksen 70-vuotisen käyttöänsä aikana – ja jopa 60 - 80 % jos betoni tämän jälkeen murskataan ja käytetään esim. tierakenteissa sepelinä. Näin karbonatisoituminen sitoo takaisin noin neljänneksen kalkkikivestä irronneesta hiilidioksidista 100 vuoden aikana. Arviot Tanskassa ja Ruotsissa vuonna 2003 valmistettujen betonien karbonatisoitumisesta on esitetty

Taulukko 1. Betonin karbonatisoitumisnopeus Pohjoismaissa [mm / √ vuosii] /1/.

Rakenne	Betonin lujuustaso			
	< 15 MPa	15 – 20 MPa	25 – 35 MPa	>35 MPa
Ulkona, sateelle alttiina	5	2,5	1,5	1
Ulkona, sateelta suojattuna	10	6	4	2,5
Sisätiloissa	15	9	6	3,5
Märkänä	2	1	0,75	0,5
Maassa	3	1,5	1	0,75

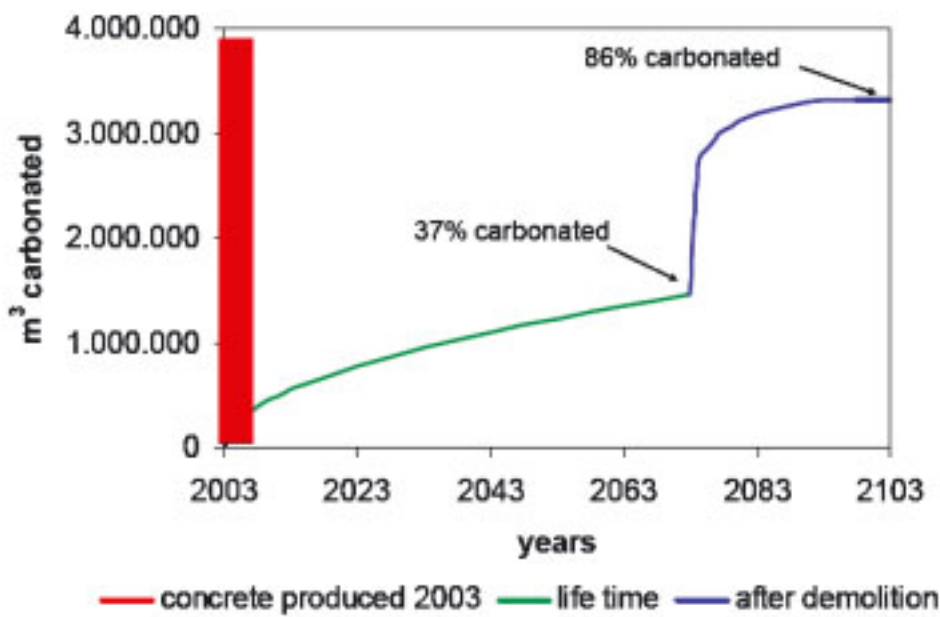
4
Tavanomaisen betonin (25 – 35 MPa) karbonatisoituminen erilaisissa ympäristöolosuhteissa /1/.



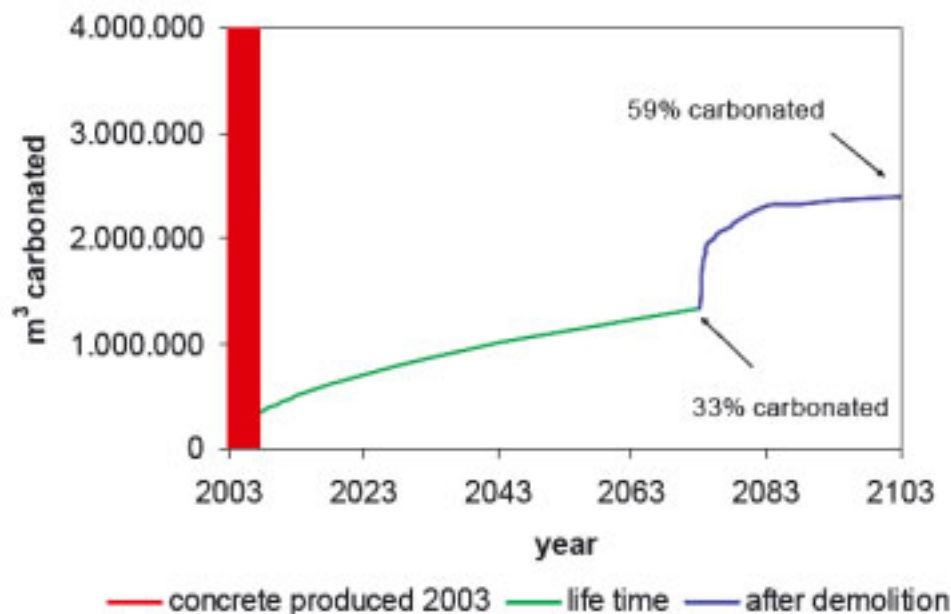


Riitus Oy
5

5
Betonimurske korvaa tienrakentamisessa luonnonsoraa.



6
Arvio Tanskassa vuonna 2003 valmistetun betonin karbonatisoitumisesta /1/.



7
Arvio Ruotsissa vuonna 2003 valmistetun betonin karbonatisoitumisesta /1/.
/1/ Knut O. Kjellsen, Maria Guimaraes, Åsa Nilsson: The CO₂ Balance of Concrete in a Life Cycle Perspective, Danish Technological Institute, Nordic Innovation Centre, 19. December 2005, ISBN: 87-7756-758-7

kuissa 6 ja 7. Karbonatisoitumisasteen erot Tanskan ja Ruotsin välillä selittyvät mm. betonien erilaisista lujusluokista, käyttökohteista ja murskattavan betonin osuudesta.

Projektin raportteja löytyy esimerkiksi *Nordisk InnovationsCenter*:in Internet-sivuilla osoitteesta: <http://www.nordicinnovation.net/prosjekt.cfm?id=1-4415-226>

CONCRETE ACTS AS A CARBON DIOXIDE SINK

Quite a lot of carbon dioxide is released in the manufacture of cement. However, a significant part of it is taken up during the life cycle of concrete, if concrete is after demolition crushed for re-use. This uptake has not been taken into account in the life cycle calculations of concrete or in emissions trading.

Cement clinker is made of limestone and other aggregates. The amount of carbon dioxide released from limestone during the process is about 500 kg per each ton of cement clinker produced. Carbon dioxide is also produced in the combustion of fuel during the manufacturing process. The carbon dioxide releases resulting from combustion depend on the energy-efficiency of the plant and the fuels that are used; at modern plants releases amount to 300 - 400 kg of CO₂ per 1 ton of clinker. Limestone accounts for about 60% of carbon dioxide releases in the production of cement.

The curing of concrete is based on a chemical reaction between cement and water, with cement minerals turning into cement stone and calcium hydroxide. Through carbonation of concrete the carbon dioxide released from limestone is converted back into calcium carbonate.

Concrete carbonation only extends a few millimetres or a centimetre below the surface during the service life of the building. The amount of carbon dioxide taken up by concrete is not very high at this stage. Most of the cement stone, however, is in contact with the carbon dioxide contained in air, and the rate of carbonation increases, if concrete is in the demolition process crushed for reuse. For a concrete structure that is 100 mm in diameter complete carbonation takes about 1100 years; for a 10 mm structure it takes ca. 11 years and for a 1 mm structure only about one month.

According to an estimate presented in a Nordic study "CO₂ Uptake from Carbonation of Concrete", about 20% - 40% of carbon dioxide released from limestone is taken up by carbonation during a 70-year service life of a building – and up to 60% - 80%, if the concrete is then crushed and reused as e.g. gravel in road structures.

BETONI ON KESTÄVÄN RAKENTAMISEN MATERIAALI

Betoni vastaa erinomaisesti ilmastonmuutosta torjuvan kestävä rakentamisen haasteisiin. Kestävällä rakentamisella tarkoitetaan energiatehokasta, materiaalitehokasta, pitkäaikaiskestävää, turvallista, terveellistä ja viihtyisää rakentamista. Kun lisäksi otetaan huomioon vaatimukset elinkaaren aikaiselle kokonaistaloudellisuudelle sekä arvonsa säilyttävälle ja korjausvelattomalle rakentamiselle, betonin ominaisuudet tekevät siitä elinkaaren aikaisen ympäristövaikutusten vertailussakin kestävä rakennusmateriaalin.

SEMENTTI JA BETONIN KARBONATISOITUMINEN

Betonirakenteiden CO₂-päästöt rakennuksen koko elinkaaren aikaisista CO₂-päästöistä ovat n. 3 - 4%. Tästä sementin osuus on n. 2/3 eli 2,5 % koko rakennuksen elinkaaren CO₂-päästöistä. Varovasti arvioiden betonin karbonatisoituminen säästää rakennuksen elinkaaren aikana noin 0,5% rakennuksen koko CO₂-päästöistä. Vaikutus rakennustasolla on siis suhteellisen vähäinen. Kun tarkasteluun otetaan betonin kierrätettävyys ja hyödynnettävyys uuden tuotteen raaka-aineena, murskatun betonin karbonatisoitumispotentiaali ja siten hiilidioksidin sitomispotentiaali onkin jo merkittävää luokkaa.

BETONIN TERMINEN MASSA JA TIIVEYS

Betonirakennus säästää kevyeen rakennukseen verrattuna massiivisuutensa ja paremman tiiveyden ansiosta vähintään 15 % lämmitys- ja jäähdytysenergiasta. Tämä koostuu vähintään 5 %:n säästöstä niin lämmityksessä, jäähdytyksessä kuin paremman tiiveyden tuomana säästönä (ks. Betoni 3/2010). Varovastikin arvioituna tämä tarkoittaa n. 7 %:n säästöä CO₂-päästöissä 50 käyttövuoden aikana.

On helposti laskettavissa, että jo 25 käyttövuoden jälkeen betonirakennus on kuitannut pois kaikki betonin ja sementin valmistusvaiheen CO₂-päästöt ja jatkaa energiansäästäjänä ja sitä kautta CO₂-nieluna. Koska betonisen rakennuksen todellinen elinkaari on helposti 100 vuotta, elinkaaren aikainen hiilidioksidipäästöjen vähentämispotentiaali on kevyt-rakenteisiin ratkaisuihin verrattuna merkittävä.

Betoniteollisuus ry



Finnsementti Oy

8, 9

Finnsementti Oy:n Lappeenrannan tehtaasta 40 % tuotetaan muun teollisuuden jätteellä, joka muuten menisi kaatopaikalle.



Finnsementti Oy