

Betoni, joka juo hiilidioksidia – Carbonaid

16.11.2026

Betoni juo hiilidioksidia luonnostaan. Jokainen betoniseinä karbonatisoituu hitaasti pinnastaan, kun ilman hiilidioksidi reagoi sementin kalsiumyhdisteiden kanssa ja muodostaa kalkkikiveä. Prosessi kestää vuosikymmeniä ja etenee millimetrejä, usein niin hitaasti, ettei sitä arjessa edes mielletä aktiiviseksi kemialliseksi reaktioksi. Carbonaiden koko liikeidea on yksinkertaisimmillaan tämä: sama reaktio, mutta tunneissa ja koko tuotteen läpi. Se tekee tutusta ilmiöstä teollisen prosessin, jossa hiilidioksidi ei ole vain ongelma piipun päässä vaan raaka-aine, joka voidaan ohjata hyödylliseen paikkaan.

Vieraaksi Regeneranssi-podcastin viidenteen jaksoon saatiin Carbonaiden Jonne Hirvonen, VTT-taustainen tutkija, joka osaa selittää miksi tämä on vaikeampaa kuin miltä kuulostaa ja arvokkaampaa kuin miltä näyttää. Keskustelussa viehätti erityisesti se, ettei aihetta myyty taikatemppuna. Betonissa mikään ei ole pelkkää kemiaa, eikä mikään ole pelkkää ilmastopolitiikkaa. Mukana ovat reseptiikka, tuotantolinjat, laadunvarmistus, rakennusmääräykset, asiakkaiden riskinsieto ja lopulta se kaikkein yksinkertaisin kysymys: kestääkö kappale sen, mitä sen pitää kestää.

Miksi juuri sementti on niin paha pähkinä

Sementtiteollisuus tuottaa noin kahdeksan prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä, ja pahin osa niistä ei tule polttoaineesta. Klinkkeriä valmistettaessa kalkkikivi hajotetaan kuumentamalla, ja siinä reaktiossa hiilidioksidi vapautuu kivestä itsestään. Vaikka uuni lämmitettäisiin puhtaalla sähköllä, prosessipäästö säilyy. Tämä on se syy, miksi sementti mainitaan aina hankalasti dekarbonisoitavien listan kärjessä. Kyse ei ole vain siitä, millä energialla tehdas käy, vaan siitä mitä raaka-aineelle kemiallisesti tapahtuu. Kalkkikivi on sitonut

hiilidioksidia geologisessa aikaskaalassa, ja sementtiuuni päästää sen takaisin ilmakehään muutamassa tunnissa.

Karbonointikovettaminen kääntää osan tästä takaisin. Kun tuore betonituote altistetaan väkevälle hiilidioksidille, kaasu sitoutuu takaisin kalsiumkarbonaatiksi, eli kemiallisesti samaksi kalkkikiveksi josta matka alkoi. Sidonta on aidosti pysyvää, koska karbonaatti ei lähde tuotteesta mihinkään ilman uutta kuumennusta. Tähän liittyy yksi tärkeä nyanssi: kyse ei ole kompensaatiotarinoista tai hiilinielulupauksista, joiden todentaminen jää jonkun toisen Exceliin, vaan mitattavasta materiaalimuutoksesta itse tuotteessa. Jos massa kasvaa karbonaation seurauksena ja resepti tunnetaan, hiilidioksidin sitoutuminen voidaan todentaa varsin suoraan.

Se hienous, joka insinööriä ilahduttaa

Tässä tulee jakson paras kohta, ja se on mikrorakenteessa. Karbonaatiokiteet täyttävät betonin huokosia ja tihentävät rakennetta, jolloin kovettuminen nopeutuu ja loppulujuus kasvaa. Sama lujuus saavutetaan siis pienemmällä sementtimäärällä. Vähemmän sementtiä tarkoittaa vähemmän klinkkeriä, ja vähemmän klinkkeriä tarkoittaa vähemmän prosessipäästöjä jo ennen kuin yhtään hiilidioksidia on sidottu. Tämä on insinöörille kaunis kohta, koska päästövähennys ei synny tuotteen ominaisuuksien kustannuksella vaan niiden kautta. Materiaali ei pyydä anteeksi vihreyttään, vaan käyttäytyy paremmin.

Hyöty tulee siis kahdesta suunnasta samanaikaisesti, ja asiakkaalle myydään parempaa ja halvempaa tuotetta eikä ympäristötekoa. Tämä on tärkeää, koska betoniala on tunnetusti maailman konservatiivisin toimiala, jossa reseptejä vaalitaan kuin sukukalleuksia ja syystä: rakentamisessa virheiden hinta mitataan ihmishengissä. Uusi teknologia menee tälle alalle sisään vain lujuusdatan, ei arvojen kautta. Jos puristuslujuus, pakkasenkestävyys, mittapysyvyys, tuotantonopeus ja kustannus eivät ole kohdallaan, ilmastohyöty jää seminaarikalvoihin. Jos ne ovat kohdallaan, sama teknologia alkaa kiinnostaa myös sellaista tehdaspäällikköä, joka ei halua kirjoittaa strategiapaperia vaan saada elementit ulos hallista ajallaan.

Tässä on myös hyvä muistutus siitä, miten ilmastoteknologiat oikeasti leviävät. Ne eivät leviä siksi, että joku todistaa niiden olevan moraalisesti oikeita, vaan siksi, että ne ratkaisevat jonkin olemassa olevan tuotannollisen ongelman. Betonielementtitehtaassa kovettumisaika, muottikierto ja varastointitarve ovat rahaa. Jos karbonointikovettaminen nopeuttaa prosessia ja samalla pienentää sementtilaskua, ilmastovaikutus kulkee tuotannon tehokkuuden mukana. Silloin päästövähennys ei ole erillinen lisäpalvelu, vaan seuraus paremmasta prosessista.

Skaalauksesta Hirvonen oli realistisen toiveikas. Carbonaiden ratkaisu ei vaadi uutta jättitehdasta vaan asentuu olemassa olevien betonielementtitehtaiden kylkeen, mikä tekee riskiprofiilista täysin toisenlaisen kuin vaikkapa Northvoltin kaltaisessa kaikki kerralla -hankkeessa. Tämä on olennainen ero. Teollisuudessa helpoin skaalautuva innovaatio on usein se, joka ei vaadi koko arvoketjun uusimista yhdellä kertaa. Jos tehdas voi jatkaa tuttujen tuotteiden tekemistä, mutta vaihtaa osan kovetusvaiheesta, päätös ei näytä vallankumoukselta vaan investoinnilta prosessiparannukseen. Hiilidioksidi voidaan ottaa teollisuuden sivuvirroista, jolloin sama tonni tulee hyödynnetyksi kahdesti: ensin se jää päästämättä ilmaan ja sitten se korvaa sementtiä. Betonin volyymit ovat niin valtavat, että prosentinkin parannus tonnia kohden kertautuu

globaalisti megatonneiksi.

Samalla kannattaa pitää pää kylmänä. Karbonointikovettaminen ei poista koko sementtipäästöongelmaa, eikä mikään yksittäinen ratkaisu sitä tee. Maailma käyttää betonia niin järjettömiä määriä, että tarvitaan samanaikaisesti vähähiilisempiä sideaineita, materiaalitehokkuutta, kiertotaloutta, parempaa suunnittelua ja todennäköisesti myös hiilidioksidin talteenottoa sementtitehtailta. Carbonaiden kaltaisen ratkaisun kiinnostavuus on siinä, että se osuu kohtaan, jossa kemia, tuotanto ja markkina voivat kohdata ilman että asiakkaalta vaaditaan ideologista hyppyä tuntemattomaan.

Regeneranssi-podcastin kolmas jakso opetti, että hiilidioksidin kerääminen laimeasta ilmasta on termodynaamisesti tuskaista. Tämä jakso näytti saman asian toisinpäin: kun hiilidioksidi on väkevää ja vastaanottaja on kemiallisesti halukas, sidonta muuttuu liiketoiminnaksi. Molemmat jaksot kannattaa kuunnella parina. Ensimmäinen kertoo, miksi hiilidioksidin poistaminen ilmakehästä on vaikeaa. Toinen kertoo, miksi oikeassa paikassa sama molekyyli voi olla hyödyllinen teollinen reagenssi. Ero ei ole pieni, koska energia, logistiikka ja kustannus ratkeavat usein juuri pitoisuuden ja käyttökohteen mukaan.

Jaksosta jäi käteen myös hyvä isompi oppi: parhaat ilmastoratkaisut ovat joskus tylsän näköisiä. Ne eivät välttämättä muuta kuluttajan arkea, eivätkä ne aiheuta sosiaalisessa mediassa samanlaista innostusta kuin sähköautot tai aurinkopaneelit. Silti juuri tällaiset prosessiteollisuuden parannukset voivat olla mittakaavaltaan valtavia. Betoni on harmaata, raskasta ja kaikkialla. Jos sen tekemisestä saadaan vähän vähemmän päästöintensiivistä ja vieläpä hieman tehokkaampaa, vaikutus kertautuu jokaisessa pihakivessä, seinäelementissä, infrarakenteessa ja rakennuksen rungossa. Se on regeneranssia hyvin käytännöllisessä mielessä: ei paluuta luontoromantiikkaan, vaan paremmin toimivaa teollisuutta.

Regeneranssi-podcast

Regeneranssi on kolmen energia-alan ihmisen podcast energia-alan renesanssista. Tuukka Heikkilä Energiateollisuus ry:stä tuo markkinoiden ja politiikan näkökulman, Visa Siekkinen Hämeen ammattikorkeakoulusta energiajärjestelmien tutkimuksen, ja allekirjoittanut yrittää pitää huolen siitä, että sähkökemia ja fysiikka pysyvät keskustelussa mukana. Tavoite on yksinkertainen: puhua energiasta datalla eikä mielikuvilla.

Kuuntele Regeneranssi-podcastin kaikki jaksot täällä: Regeneranssi podcast**Juho Heiska**
TkT, tutkimus- ja kehittämispäällikkö
SEAMK

Kirjoittaja toimii SEAMKin Tulevaisuuden ajoneuvoteknologiat -tutkimusryhmässä ja on väitellyt akkututkimuksen alalta.