

Betonin hiilijalan

Maailman käytetyimmän rakennusmateriaalin isoa hiilijalanjälkeä pyritään pienentämään monin tavoin. Suomen betoniteollisuus on onnistunut karsimaan päästöjään alle Euroopan keskitason.

EEVA PITKÄLÄ

Modernissa rakennetussa ympäristössä ei voi välttyä näkemästä betonia, vaikka yrittäisi.

Betonia on asuintaloissa ja monissa muissa rakennuksissa, tierakenteissa, tukimuureissa, silloissa, tunneleissa, rautateissa, vesitorneissa, satamalaitureissa, aallonmurtajissa ja lentokentillä.

Runsaasti lisää betonia piileskelemaan uumenissa. Siellä se palvelee esimerkiksi teiden ja rakennusten perustuspaaluina, maabetonina ja väestönsuojina.

”On selvää, että tätä erittäin käyttökelpoista materiaalia on vaikea, jos ei suorastaan mahdoton korvata”, sanoo Betoniteollisuus ry:n toimitusjohtaja **Jussi Mattila**.

Jättimäisenä teollisuudenalana betoniteollisuus tuottaa noin viisi prosenttia maailman kaikista kasvihuonekaasupäästöistä.

Betonin keskeinen ainesosa on sementti, jonka valmistukseen käytetään kalkkikiveä. Sen polttaminen aiheuttaa suoria hiilidioksidipäästöjä. Fossiilisten polttoaineiden käyttö tuo päästökuorman oman lisänsä, samoin betonimassan käsittely ja kuljettaminen.

Myös teräsbetonissa tarvittavan teräksen tuotanto on ympäristöä rasittavaa toimintaa. Teräksen valmistuksessa rautaoksidi pelkistetään perinteisesti koksini eli hiilen avulla, mistä myös aiheutuu suoria hiilipäästöjä.

Ilmastokuorma kevenee eri konstein

”Betonissa on paljon asioita, jotka ympäristön kannalta eivät ole opti-

missaan, mutta joita ei kuitenkaan voida välttää”, toteaa betoniteknikan professori **Jouni Punkki** Aalto-yliopistosta.

Ilman betonia on hänenkin mielestään vaikea tulla nykymaailmassa toimeen.

”Huonosti käytettynä betoni on pahis, mutta hyvin käytettynä se ratkaisee monia yhteiskunnan tarpeita”, Punkki linjaa.

Betonin ilmastovaikutuksia pyritään kuitenkin nykyisin hillitsemään monin tavoin. Suomalainen betoniteollisuus on jo hyvän aikaa kehitellyt keinoja päästöjensä suitstimiseen. Nyt ne ovat selvästi pienemmät kuin Euroopassa yleensä.

Ensinnäkin meillä on vähennetty betonin valmistuksessa käytettävän sementin määrää. Sen sijaan betonissa hyödynnetään seosaineina erilaisia kierrätysaineita, kuten masuunikuonaa ja lentotuhkaa, sekä jauhettua kalkkikiveä.

Ajatus ei tokikaan ole uusi. Jo Antiikin Roomassa rakennettiin valtavia, kestäviä temppeleitä, kylpylähalleja, vesisäiliöitä ja akvedukteja, joiden sideaineena oli tulivuorentuhka.

Kehitteillä ovat myös betonintuotannon päästökauppa, erilaiset hiilidioksidin talteenottomenetelmät sekä betonin tukirakenteissa käytettävän teräksen tuotanto uudenaikaisilla, ympäristöä säästäväillä lämmönlähteillä.

Sementinvalmistus on kuulunut päästökaupan piiriin siitä lähtien, kun menettely käynnistettiin.

Betonisilta ulottuu Maasta Kuuhun

Sementin neljä pääkomponenttia ovat kalkki, alumiini, rauta ja pii. Hiilidioksidia tuottaa kalkkikiven kalsinointi. Perinteisillä savukaasun puhdistusmenetelmillä hiilidioksidia ei ole pystytty poistamaan.

Sementin ja sen kautta betonin aiheuttamien päästöjen taustalla ovat ennen muuta niiden huikeat käyttömäärät.

Betoni on maailman yleisin rakennusmateriaali, jota valmistetaan nykyään noin kymmenen miljardia kuutiota vuodessa.

Punkki havainnollistaa vaikeasti hah-

motettavaa lukua: määrällä rakennettaisiin joka vuosi viisi metriä leveä ja viisi metriä korkea silta Maasta Kuuhun.

Materiaalien ominaispäästöt ovat sinänsä kohtuulliset, sementillä noin 700 grammaa ja betonilla 300 grammaa kilogrammaa kohden.

”Nämä ovat ihan tavallisia lukuja, kun niitä verrataan muihin materiaaleihin”, professori huomauttaa.

”Esimerkiksi lihantuotannon päästöt ovat moninkertaiset.”

Betonin ainesosista päästötaakkaa kasvattaa nimenomaan sen perusraaka-aine sementti.

”Betonin muista raaka-aineista noin 80 prosenttia on hyvinkin vähäpäästöisiä”, Punkki sanoo. >>>

”Huonosti käytettynä betoni on pahis, mutta hyvin käytettynä se ratkaisee monia yhteiskunnan tarpeita.”

jälki kutistuu

Betonin jalanjälki on
massiivinen, mutta sitä
on mahdollista kutistaa.

Kaikkiaan betonin hiilipäästöistä 70 prosenttia tulee raaka-aineista.

Pullonkaulana pula kierrätysaineista

Toisaalta Jouni Punkki muistuttaa Suomen varsin vaatimattomasta maa-ilmanlaajuisesta merkityksestä. Vähäväkinen pohjoinen maa on sekä sementin että betonin tuotannossa pikukutekijä.

”Rakentamisessa Kiinan ja Intian rooli on valtava. Näissä kahdessa maassa rakennetaan enemmän kuin muualla yhteensä.”

Suomessa valmistettavan sementin hiilipäästöt ovat noin miljoona tonnia ja meidän osuutemme teollisuudenalan globaaleista päästöistä pari prosenttia.

Sementintuotannon ympäristövaiikutuksia lievennetään muun muassa korvaamalla sementin poltossa käytettävää kivihiiltä esimerkiksi autonren-gasmurskeella ja liha-luujauheella.

Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen on vähentänyt betoniteollisuuden

päästöjä Punkin mukaan ”melko hyvin”.

”Vuosittain noin 6 000 rekkakuormaa eli 260 000 tonnia erilaisia kierrätysmateriaaleja päätyy kaatopaikan sijasta betoninvalmistukseen”, hän kertoo.

Kokonaisenergian kulutus pienenee jopa puoleen, kun betonin seosaineenä käytetään 70-prosenttista masuunikuonaa. Lentotuhkan kohdalla vähennys on reilu kolmannes.

Teollisuuden kannalta kierrätysaineissa on kuitenkin yksi, ainakin toiseksi ratkaisematon ongelma.

”Niiden määrät eivät riitä meille”, Betoniteollisuus ry:n Jussi Mattila sanoo.

”Kukaan ei valmista masuunikuonaa, vaan sitä syntyy teräksen valmistuksen ohessa kun syntyy. Eikä kukaan tuota lentotuhkaakaan. Sitä syntyy hiilivoimaloissa, joita nyt pyritään ajamaan alas.”

Mattilan mukaan betoninvalmistukseen voidaan saada Suomessa kierrätysaineita noin 400 000 tonnia vuodessa, ei sen enempää.

Teräskin karaistuu pian puhtaammin

Alan yritykset ovat kuitenkin kekseliäitä kehittäessään keinoja hiilijälkensä pienentämiseen tai neutraloimiseen.

Joensuulainen Pielisen Betoni Oy tuottaa valmisbetonia ja betonielementtejä viidessä tehtaassaan, jotka toimivat Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon lisäksi Päijät-Hämeessä. Yritys on hiljattain lähtenyt tarjoamaan asiakkailleen hiilineutraalia betonia.

Betoniyhtiö on kartoittanut sekä käyttämiensä raaka-aineiden että oman toimintansa hiilipäästöt. Ne joensuulaisfirma kompensoi sitomalla vastaavan hiilidioksidimäärän itäsuomalaisiin metsiin, joita yritys ja sen pääomistajat omistavat.

Metsien kasvuun sitoutuva hiili kattaa yli 20-kertaisesti yrityksen oman toiminnan aiheuttamat päästöt, Pielisen Betoni laskee.

Sama hiilinielu kattaa satapro-senttisesti tuotteiden kokonaishiilipäästöt,

Sivulle 16... ➤ ➤ ➤

Betoninvalmistuksessa hyödynnetään vuosittain 6 000 rekkakuormaa eli 260 000 tonnia erilaisia kierrätysmateriaaleja.

Betonintuotannon päästöjä voidaan kompensoida istuttamalla ja hoitamalla metsää, jonka kasvu sitoo hiiltä. Näin toimii esimerkiksi Pielisen Betoni Oy.

Betoni on myös hiilinielu

Betoni tiedetään ilmasto-kuormittajaksi, mutta vähemmän tunnettu tosiasia on, että se toimii elinkaarensa aikana myös hiilinieluna.

Betonin ikävimpänä ominaisuutena on pidetty sen karbonatisoitumista. Ilmiö tarkoittaa, että ilman hiilidioksidi tunkeutuu betoniin, jonka huokosveden pH-arvo laskee.

Jos betoni pääsee karbonatisoitumaan, sen tukena toimiva teräs voi menettää passiivisuutensa, jolloin käynnistyy korrosio.

Betonin keskeinen sideaine sementti valmistetaan kuumentamalla kalkkikivipitoista kiviainesta sementtiuunissa. Samalla kun kiviaineksen sisältämät mineraalit reagoivat keskenään, kalkkikiveen sitoutunut fossiilinen hiili vapautuu ilmaan.

Kuten betonirakentajat tietävät, reaktio on kuitenkin myös käänteinen.

Kalkkikivestä polton yhteydessä vapautunut hiilidioksidi pyrkii myös sitoutumaan takaisin sementtikiveen ja muuttamaan kalsiumhydroksidin takaisin kalsiumkarbonaatiksi eli kalkkikiveksi.

Normaalisti voimakkaan emäksinen betoni muodostaa teräksille hyvän suojan, jossa teräksen pinnalle muodostuu betonin alkalisuuden ansiosta oksidikalvo. Paksu betonikerros suojaa teräksiä myös hapoilta, klorideilta ja liialta kosteudelta.

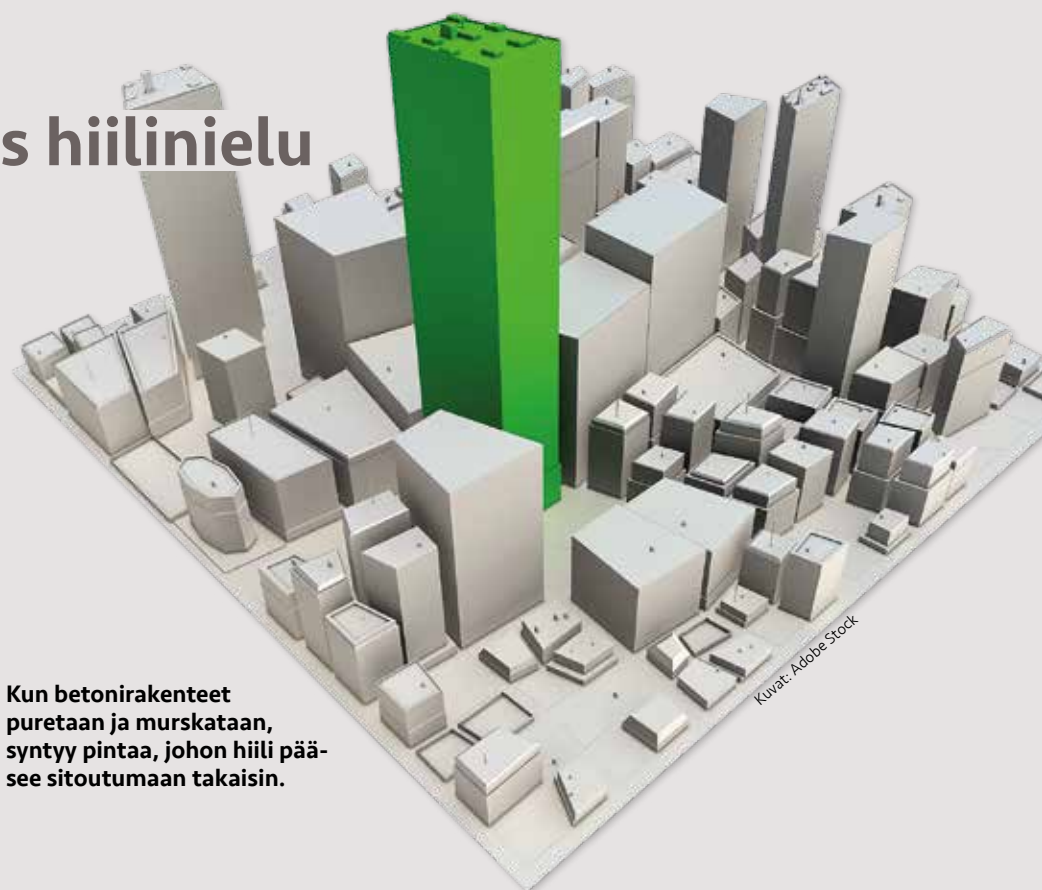
Suomessa on viime aikoina purettu vanhoja betonisia vesitorneja ja 1970-luvun betonitaloja, sillä niissä käytetyissä teräksissä on havaittu ruostumista.

Kun nämä rakenteet puretaan ja betoni murskataan, syntyy pintaa, johon hiili pääsee taas sitoutumaan takaisin.

Betoni imee takaisin kalsinoinnin päästöt

Tanskan teknologiainstituutti on laskenut, että betoni imee elinkaarensa aikana yhtä paljon hiilidioksidiä kuin kalsinointi aiheuttaa.

Tutkijaryhmä tuli jo vuonna 2005 johtopäätökseen, että sementtituotteet ovat merkittävä hiilinielu, jota ei kui-



Kun betonirakenteet puretaan ja murskataan, syntyy pintaa, johon hiili pääsee sitoutumaan takaisin.

tenkaan oteta huomioon päästölaskelmissa.

Nature Geoscience -lehden julkaisemassa artikkelissa tutkijat sanovat, että hiilihappoprosessi on jo 70 vuotta kompensoinut peräti 43 prosenttia sementintuotantoon liittyvistä päästöistä.

Laskelmassa ei ole huomioitu fossiilisten polttoaineiden sementinvalmistuksessa aiheuttamia päästöjä.

”Tutkijat ja insinöörit ovat tienneet hiilihappoprosessista jo pitkään, mutta kukaan ei ollut koskaan tutkinut prosessin kollektiivisia globaaleja määriä, luultavasti siksi, että prosessin on arveltu olevan liian hidas saamaan aikaan suuria muutoksia”, ryhmä toteaa artikkelinsa yhteenvedossa.

Nature Geosciencessä ilmestyneen raportin laatimista tukivat muiden muassa Kiinan kansallinen tiedesäätiö ja monet muut kansainväliset tutkimus- ja kehitysohjelmat. Yksi tutkimuksen vauhdittajista oli betonintuotannon nopea kasvu Kiinassa.

Tutkimus pyrittiin tekemään mahdollisimman puolueettomasti ilman teollisuuden rahoitusta.

Ilmastotaisteluun tarvitaan raskaampia aseita

Aalto-yliopiston betonitekniikan professorin **Jouni Punkin** mukaan ilmiö otetaan vastaisuudessa mukaan pääs-

tölaskelmiin ja -arviointeihin.

Betonin hiilitase siis muuttuu jatkossa sitä mukaa kuin aika kuluu ja betonipinta imee hiilidioksidiä.

Vaikka betoni näin noteerataan myös hiilinieluna, asian merkityksellä on rajansa.

”Betoni ottaa hiilidioksidiä karbonatisoitumisen kautta takaisin, mutta ei kuitenkaan polton päästöjä”, Punkki sanoo.

Ilmastonmuutoksen torjunta tarvitsee siis muita, järeämpiä keinoja. Niitä ovat muun muassa fossiilisista raaka-aineista luopuminen, energiatehokkuuden parantaminen ja hiilidioksidin talteenotto ilmakehästä.

”Hiilidioksidin talteenotto-, varastointi- ja hyötykäyttömenetelmät ovat vielä kalliita, mutta hinnat tulevat alas, jolloin niistä saadaan kannattavia.”

Myös uusia tekniikoita kehitetään jatkuvasti. Esimerkiksi australialainen Medusoil palkittiin Helsingin Slush-tapahtumassa yrityksen ideoimasta hiilidioksidiä sitovasta karbonaattiside-aineen biologisesta mineralisoinnista, joka tapahtuu maan alla.

Australialaisten mukaan teknologia tarjoaa ratkaisuja myös moniin yleisiin rakentamisen ja ympäristön ongelmiin, kuten maaperän eroosioon ja maanvyöryjen riskeihin. Yritys on esitellyt menetelmänsä *Nature Science Reports* -sarjassa.

joihin on laskettu mukaan myös raaka-aineiden hiili.

Yritys on lisäksi luvannut huolehtia metsiensä hoidosta niin, että ne imevät hiiltä vähintään päästöjen verran myös vastaisuudessa.

Myös betonin tärkeä tukimateriaali teräs karaistuu pian nykyistä puhtaammiksi. Teräksen valmistukseen käytettävän energian osalta puhaltavat jo uudet tuulet. Fossiilisista polttoaineista noin puolet on korvattu kierrätys- ja biopolttoaineilla.

Suurin Suomessa toimiva teräksenvalmistaja SSAB aikoo tulevaisuudessa ottaa Raahan terästehtaassaan raudan pelkistysenergiaa vedyn. Vedyn tuottaa elektrolyyysillä energia-yhtiö Vattenfall, jonka lisäksi Hybrit-

hankkeessa on mukana kaivosyhtiö LKAB.

SSAB ottaa osaa ilmastotalkoisiin myös hyödyntämällä yhä enemmän kierrätysterästä.

Kohti päästötöntä sementintuotantoa

Alan edistysaskelia otetaan muuallakin. Esimerkiksi Belgiassa tähdätään päästöttömään sementintuotantoon.

Teknologiayhtiö Calix Limitedin koordinoimassa hankkeessa on suunniteltu kalkkikiven perinteinen kalsinointiprosessi ja sen virtaukset uusiksi. Uusi tekniikka mahdollistaa hiilidioksidin talteenoton, kun se on vapautunut kalkkikivestä.

Kehittäjiensä mukaan innovaatio ei edellytä ylimääräisiä kemikaaleja, ja tavanomaisiin tuotantomenetelmiinkin tarvitaan vain minimaalisia muutoksia.

Calix saattoi äskettäin menestyksekkäästi loppuun alustavat testit belgialaisessa sementtitehtaassa. Hiilidioksidin erottaminen onnistui hankkeen toimijoiden mukaan yli 95-prosenttisesti.

Tehtaassa tehdään vielä koeajoja vuoden 2020 loppuun saakka, jotta myös mahdolliset pidemmän aikavälin ongelmat tulevat esiin ja voidaan ratkaista. □

Kirjoittaja on vapaa tiedetoimittaja.
epitkala@gmail.com



Betonin suurten ympäristövaikutusten takana ovat sen huikeat valmistusmäärät. Materiaalin vuosituotanto riittäisi siltaan, joka ulottuu Maasta Kuuhun.