

Kiertotalous keventää sementin hiilidioksidipäästöjä

Tommi Ahlberg, tiedottaja, VTM
Rakennusteollisuus RT
tommi.ahlberg@rakennusteollisuus.fi

Suomalaisen sementin valmistus on onnistunut tekemään valtaisan loikan viimeisen kymmenen vuoden aikana hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Sen on mahdollistanut sementin valmistusprosessi, jossa voidaan hyödyntää niin masuunikuonaa, lentotuhkaa ja polttoprosessissa niin jäterenkaita kuin lähes mitä tahansa muita jätelajikkeita.

Sementillä on ollut huono kaiku kun puhutaan kasvihuonepäästöistä. Valtaosa Suomeen toimitettavasta sementistä tulee Finnsementin kahdesta tehtaasta Paraisilta ja Lappeenrannasta. Muita sementtitehtaita ei maassamme olekaan. Nämä kaksi tehdasta tuottavat vajaat miljoona Suomen kaikkiaan 56 miljoonan tonnin hiilidioksidin vuosipäästöistä, noin puolitoista prosenttia. Maailman sementtiteollisuudessa vastaava luku on viisi.

Viimeisten runsaan kymmenen vuoden aikana hiilidioksidipäästöjä on kuitenkin onnistuttu vähentämään merkittävästi ja eurooppalainen sementtiteollisuus on laatinut tiekartan, jossa on toimenpiteitä ominaispäästöjen vähentämiseksi entisestään.

Kiertotaloudessa sementin valmistuksella on jo merkittävä rooli. Sementtiin polttoaineena hyödynnetään 85 000 tonnia muusta teollisuudesta tullutta jätettä vuodessa, lisäksi sementin raaka-aineina hyödynnetään 260 000 tonnia erilaisia teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita. Kierrätysraaka-aineiden osuus onkin jo 15 prosenttia, ja sitä ollaan kasvattamassa.

"Aika monta lastillista jätettä, jotka eivät päädykään kaatopaikalle vaan hyödynnetään tuotantoon, sanoo Finnsementin Paraisten tehtaasta ympäristöpäällikkö Ulla Leveelahti. Hän on oikea henkilö kertomaan, miten sementti vastaa tämän päivän ympäristöhaasteisiin. Asian ymmärtämiseksi pitää tutustua vähän syvemmälle sementin valmistusprosessiin.

Sementin matka alkaa kalkkikivilouhoksesta, Paraisilla lähes kaksi kilometriä pitkää

avolouhos sijaitsee aivan tehtaasta läheisyydessä tien vastakkaisella puolella. Kalkkikiveä on louhittu Paraisilla yli 100 vuotta, se on maakuoren tavallisimpia raaka-aineita. Sen laatu kuitenkin vaihtelee eikä kaikki sovi sementin valmistukseen. Louhittu kalkkikivi murskataan, lajitellaan ja esihomogenisoidaan ennen valmistusta. Finnsementille louhinnan ja murskauksen hoitaa Nordkalk.

"Perinteisesti sementin reseptin pääkomponentit ovat kalkkikivi ja savi. Suomessa ei savea käytetä, koska meillä louhittavassa kalkkikivessä on sekoittuneena paljon muitakin kivilajeja kuin puhdasta kalsiumkarbonaattia, ja hyödynnämme kaivoksen muita sivukiviä saven sijaan", Leveelahti selventää.

Jäte korvaamaan kalkkikiveä

Sementtitehtaassa kaivoksesta louhittu ja murskattu kalkkikivi laitetaan raakajauhatusmyllyyn. Se on valtava pyörivä mylly, jonka sisällä olevat kuulat murskaavat sora- ja kivilajin jauhomaiseksi. Materiaalin tasalaatuisuus varmistetaan esihomogenisointihallissa, jossa on kaksi raaka-ainepetiä, joista toista rakennetaan ja toista samaan aikaan puretaan. Yhdessä pedissä on noin 10 000 tonnia materiaalia, viikon tarveaineet.

Kiertotalous tulee mukaan kuvioon sementin valmistukseen ensimmäisen kerran raakajauhatusvaiheessa. Kun materiaalin tasalaatuisuus on varmistettu, siihen voidaan sekoittaa muun teollisuuden kierrätysjätettä ja korvata sillä osa kalkkikivestä. Esimerkiksi lentotuhka

1 Kaikki sementtiin kierrätyspolttoaineet ovat syntypaikkalajiteltuja, erilliskerättyjä, prosessoituja ja niiden tasalaatuisuus varmistetaan ennen kuin ne saapuvat sementtitehtaan. Monet niistä ovat muuhun uudelleen käyttöön kelpaamattomia, kuten elintarviketeollisuuden PPAF-pakkausnestekartonki. Muita polttoaineita ovat kierrätysöljyt ja SRF-pakkausmateriaalit.

2 Yhtenä sementtiin polttoaineena käytetään ajoneuvojen jäterenkaista valmistettua rengasrouhetta. Finnsementin Paraisten tehdas käyttää 17 prosenttia kaikista Suomesta kerätyistä ajoneuvojen romurenkaista. Rengasrouhe pystytään hyödyntämään sementtiin sataprosenttisesti eikä siitä jää mitään jätettä. Myös renkaassa oleva metalli hyödynnetään sementin raaka-aineena.

Sementin raaka-aineena hyödynnetään vuosittain 260 000 tonnia eli lähes 6000 rekkakuormaa erilaisia teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita, jotka päätyvät kaatopaikan sijaan betoninvalmistukseen.



Sementtiteollisuuden osuus päästöistä

Finnsementti



Suomi
1,6 %



EU
2,7 %



Kiina
10 %



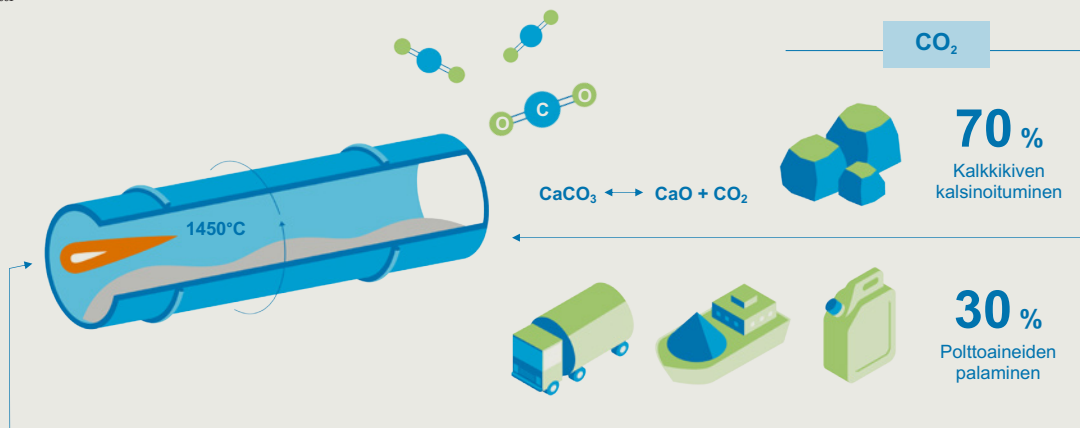
Maaailma
5 %



3

Näin sementin päästöt syntyvät

Finnsementti



4



Tommi Ahlberg

5

Hiilidioksidin kierto

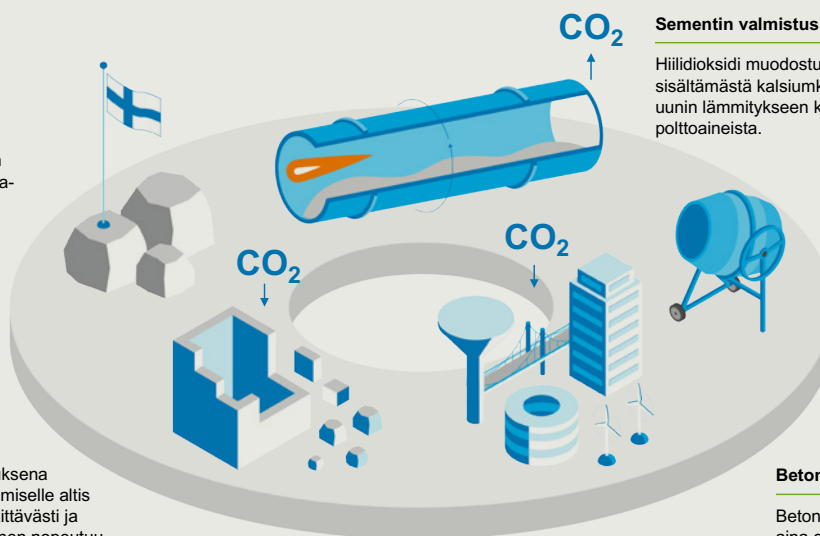
Finnsementti

Louhinta

Kalkkikivi on sementin valmistuksen pääraaka-aine.

Betonin murskaus

Murskaamisen seurauksena betonin karbonatisoitumiselle altis pinta-ala kasvaa merkittävästi ja hiilidioksidin sitoutuminen nopeutuu entisestään.



Sementin valmistus

Hiilidioksidi muodostuu kalkkikiven sisältämästä kalsiumkarbonaatista ja uunin lämmitykseen käytetyistä polttoaineista.

Betonin valmistus

Betonin valmistuksen hiilidioksidipäästöt ovat pääosin peräisin sementin valmistuksesta.

Betonirakentaminen

Betoni sitoo itseensä hiilidioksidia aina ollessaan kosketuksessa ilmaan. Ilmiötä kutsutaan karbonatisoitumiseksi.

3 Suomen kaikkiaan 56 miljoonan tonnin hiilidioksidin vuosipäästöistä sementtiteollisuuden osuus on 1,6 prosenttia. Maailman sementtiteollisuudessa vastaava luku on viisi.

4 70 prosenttia sementin hiilidioksidipäästöistä syntyy kalkkikiven kalsinoitumisen yhteydessä. Loput 30 prosenttia syntyvät polttoaineiden palamisesta ja kuljetuksista.

5 Kalkkikiveä on louhittu Paraisilla yli 100 vuotta, se on maankuoren tavallisia raaka-aineita.

6 Hiilidioksidin kierto. Betonin valmistuksen hiilidioksidipäästöt ovat pääosin peräisin sementin valmistuksesta. Betoni sitoo itseensä hiilidioksidia aina ollessaan kosketuksessa ilmaan.

ja masuunikuona on tullut kiertonsa päähän, mutta ne kelpaavat vielä hyvin sementin valmistukseen. Kierrätysmateriaalit myös alen-tavat prosessin ominaispäästöjä, kun niillä pystytään korvaamaan kalsiumkarbonaatti, jonka kalsinoituminen sementtiuunissa aiheuttaa 70 prosenttia sementin hiilidioksidipäästöistä. Seosaineita lisätään reseptiin vielä myöhemminkin prosessissa sementin jauhatuksen yhteydessä.

Esivalmistusvaiheen jälkeen alkaa varsinainen pääraaka-aineen, sementtiklinkkerin valmistus. Kuten muissakin resepteissä, tässäkin uunilla on lopputuloksen onnistumisessa keskeinen asema. Sementin valmistuksessa se on valtava sata metriä pitkä ja halkaisijaltaan nelimetrisen putkimainen uuni, joka on jatkuvassa pyörimisliikkeessä.

"Uunin toisesta päästä syötetään polttoaineet, toisesta päästä kulkee ilma ja kaasu. Valmis raaka-aineseos pudotetaan sisään ylhäältä tornin läpi, putoamisvaihe kestää noin minuutin. Putoava materiaali kohtaa uunista tulevat savukaasut, se lämpenee samanaikaisesti kun vastakkaiseen suuntaan ulos menevä kaasu jäähtyy. Tapahtuu lämmönvaihto kahden materiaalin välillä. Samalla haihtuu hiilidioksidia, jonka vähentäminen prosessista on yksi sementinvalmistuksen haasteita", Leveelahti selvittää.

Kierrätyspolttoaineet sulautuvat osaksi lopputuotetta

Seuraavaksi lämmennyt materiaali tulee itse uuniin sisään, kulkee hitaasti kohti uunin kuuminta kohtaa missä se osittain sulaa.

"Osa siitä on nestettä, osa kiinteää, osa kaasua, eli kolmessa eri faasissa olevaa ainetta. Nyt mennään alkuainetasolle, olemassa olevat kemialliset sidokset rikkoutuvat ja löytävät uusi kumppaneita", Leveelahti jatkaa.

Sementtiklinkkerillä on valmistuessaan 1450 asteen lämpötila, uunissa olevan kaasun lämpötila on yli 2000 astetta. Jätteenpolttolaitoksissa ei yletä samaan, niissä lämpötila jää yleensä 850 asteeseen ja vaarallisten jätteiden kohdalla 1050 asteeseen. Sementtiuunin korkea lämpötila luo loistavat edellytykset kierrätyspolttoaineiden käytölle lämmityksessä, mutta sementin valmistukseen liittyy aivan erityinen piirre: kaikki mikä syötetään uuniin polttoaineena, myös ne osat jotka eivät pala kuten tuhka, muodostuvat osaksi lopputuotetta. Kaikki materiaali voidaan hyödyntää sataprosenttisesti, poltosta ei jää edes läjitettäviä pohjatuhkia. Verrattuna jätteenpolttolaitoksiin on sementtiuuni ylivoimainen, niissä jää aina suuri määrä pohjatuhkia, joista osa on ongelmajätettä.

"Yhtenä polttoaineena käytetään ajoneuvojen jätereikaista valmistettua rengasrouhetta. Kumi palaa polttoaineeksi, kun taas renkaan sisältämä metalli sulaa ja muodostuu osaksi sementtiklinkkeriä. Sementin valmistuksen reseptissä klinkkeriin tarvitaan alumiinia, rautaa, piitä, ja kalkkia, kaikki tuhkan sisältämät palamattomat osat hyödynnetään suoraan raaka-aineeksi. Kierrätyspolttoaineiden käyttö sementtiuunissa ei ole pelkästään energian talteenottoa, vaan samanaikaisesti materiaalin hyötykäyttöä", Leveelahti täsmentää uunin tehokkuutta.

Betoni on maailman eniten käytetty rakennusmateriaali.

Sitä valmistetaan vuosittain noin 13 miljardia kuutiota ja Suomessa noin 2 kuutiometriä jokaista asukasta kohti.

Sementti on betonin valmistuksen tärkein raaka-aine.

Päästöjen vähentämisen keinot

Finnsementti

Tehty
Jonkin verran potentiaalia jäljellä



Kalkin osittainen korvaaminen vaihtoehtoisilla raaka-aineilla

Tehty osittain
Potentiaalia jäljellä

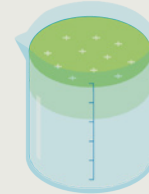


Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen kierrätyspolttoaineilla, erityisesti biopolttoaineilla



Energiatehokkuuden parantaminen

Paljon tehtävää
Suurin potentiaali



Sementtien seostaminen

7

Sementtiteollisuus

- Sementtiklinkkeri valmistetaan kalkkikivestä ja muista mineraalisista raaka-aineista polttamalla kierrätysuunissa noin 1450 °C:n lämpötilassa. Uunissa polttoprosessissa muodostunut sementtiklinkkeri jauhetaan hienoksi jauheeksi – sementiksi.
- Sementin valmistus kuluttaa runsaasti energiaa. Lisäksi kalkkikivestä irtaavaa sitä kuumennettaessa huomattava määrä hiilidioksidia.
- Suomen sementtiteollisuuden vuotuiset hiilidioksidipäästöt ovat noin 1 miljoona tonnia Suomen kaikkiaan 80 miljoonan tonnin vuosipäästöistä. Sementin valmistus tuottaa vuosittain 1–2 prosenttia Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä.
- Sementtiteollisuus on ollut alusta lähtien mukana vuonna 2005 käynnistyneessä päästökaupassa. Sementinvalmistuksen päästöjä on pystytty tänä aikana vähentämään 24 % vertailuvuoden eli vuoden 1990 päästötasoon verrattuna.
- Viime vuosina on otettu käyttöön fossiilisia polttoaineita korvaavina energialähteinä mm. autonrengasmursketta, lihaluujauhoa ja pakkausjätettä.
- Finnsementti on tuonut markkinoille uuden ympäristöystävällisemmän vaihtoehdon, Plussementin. Plussementissä käytetään seosaineina masuunikuonaa ja kalkkikivijauhetta, joten sen hiilidioksidipäästö on selvästi pienempi kuin perinteisten rakennussementtien.

(lähde: Betoniteollisuus)



8

Tommi Ahlberg

Betoni on hiilinielu

Useimmat betonirakenteet sitovat ilmasta hiilidioksidia koko käyttöikänsä ajan karbonatisoitumiseksi kutsutun ilmiön avulla. Ilmiössä hapan hiilidioksidikaasu reagoi sementtikiven emäksisten ainesosien kanssa niin, että hiili sitoutuu pysyvästi betoniin. Kun rakennus puretaan ja betoni murskataan kierrätettäväksi karbonatisoituminen kiihtyy uudestaan.

7 Sementtiteollisuuden päästöjen vähentämisen keinot.

8 Paraisten sementtitehtaan polttoainevarastossa näyttää tältä. 40 prosenttia polttoaineesta on kierrätysjätettä ja määrää voitaisiin lisätäkin, muistuttaa Ulla Leevahti. Kuvassa näkyy paalutettuna teollisuudesta tullutta SRF-pakkausmateriaalijätettä.

9 Finnsementin Lappeenrannan sementtitehdas. Sementtiuuni on sata metriä pitkä valtava pyörivä putki, jonka halkaisija on neljä metriä. Materiaalin matka uunin läpi vie 45 minuuttia.



Finnsementti

9

Suomen jäterenkaista 17 prosenttia hyödynnetään sataprosenttisesti sementin valmistuksessa. Kaikki sementtiuunin kierrätyspolttoaineet ovat syntypaikkalajiteltuja, erilliskerättyjä, prosessoituja ja niiden tasalaatuisuus varmistetaan ennen kuin ne saapuvat tehtaalle. Monet niistä ovat muuhun uudelleenkäyttöön kelpaamattomia, kuten elintarviketeollisuuden PPAF-pakkausnestekartonki. Se on hankala pala jätteenpolttolaitoksillekin, sillä sen sisältämä alumiini ei sovi laitosten leijupetikattiloille. Kuumaan sementtiuuniin nestekartonki sen sijaan sopii loistavasti korvaamaan valmistuksessa tarvittavaa alumiinia.

Muita polttoaineita ovat kierrätysöljyt ja SRF-pakkausmateriaalit. Pääpolttoaineena toimii hiili ja sen lisänä petrokoksi, niiden osuus on tällä hetkellä 60 prosenttia ja kierrätyspolttoaineiden 40 prosenttia.

"Kymmenen vuotta sitten alettiin tehdä enemmän töitä kierrätyspolttoaineiden kanssa. Tällä hetkellä laitteistot kahdella tehtaalla pystyvät syöttämään vuodessa 85 000 tonnia jätettä kierrätyspolttoaineena. Se on 40

prosenttia koko polttoainemäärästä, ja sitä on tarkoitus kasvattaa. Määrä vastaa suuruusluokaltaan Turun kaupungin vuotuista yhteiskuntajätteen määrää", Leveelahti kertoo.

Jätteen hyödyntämistä voitaisiin nykyisestä huomattavasti kasvattaaakin, Euroopasta löytyy sementtilaitoksia, jotka toimivat kokonaan jätteellä eivätkä käytä lainkaan perinteisiä polttoaineita. Suomessa on kuitenkin lainsäädännöllä päätetty, että tietyt jätteet poltetaan jätteenpolttolaitoksissa, eivätkä ne siten ole sementin valmistukseen edes käytettävissä.

Sementin seostamisella päästöt kuriin

Valmis sementtiklinkkeri jäähdytetään ja ulos sementtiuunista tulee soran näköisiä "palle-roita", joilla on kokonaan uudet kemialliset ominaisuudet käsittelyn jäljiltä. Seuraavaksi alkaa varsinaisen sementin jauhatus kolmella sementtimyllyllä. Pääraaka-aineena on uunista valmistunut klinkkeri, lisäksi joukkoon jauhetaan aina kipsiä, joka antaa lopputuote betonille työstämisaikaa.

Seos voidaan jauhaa eri hienouteen ja siihen voidaan jälleen lisätä erilaisia seosaineita lopullisen käyttötarkoituksen mukaan.

"Me käytämme seosaineina kalkkikiveä ja masuunikuonaa. Kipsin osuus on noin 5 prosenttia. Olemme myös testanneet kierrätyskipsin käyttöä ja se toimii hyvin, mutta sen saatavuus on Suomessa vähäistä. Sitä saadaan esimerkiksi purkujätteenä kipsilevyistä tai savukaasujen puhdistuksen yhteydessä", Leveelahti kertoo.

Kierrätysmateriaaleja voidaan siis käyttää sementin valmistuksen useammassakin eri vaiheessa vähentämässä tuotannon ympäristökuormaa. Seosaineiden käytöllä on samalla useita suotuisia vaikutuksia sementin ominaisuuksia. Kuona kehittää lujuutta lähes yhtä paljon kuin sementtiklinkkeri ja seosaineet tiivistävät betonin huokosrakennetta.

Erilaisia skenaarioita tulevaisuuteen

Kiristyvät ympäristömääräykset edellyttävät sementiltäkin uusia päästövähennyksiä.

Kierrätyspolttoaineet sopivat sementtiuuniin

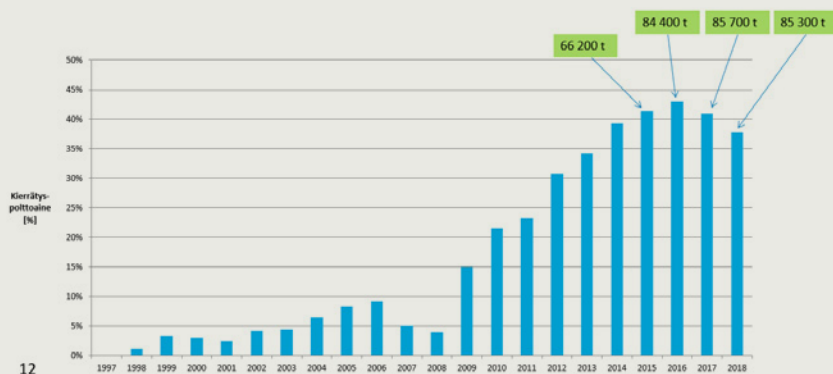
Finnsementti

Sementtiuunissa

- Korkea polttolämpötila
- Pitkä viipymäaika
- Energia ja materiaali hyödynnetään 100 %
- Ei muodostu läjitettäviä pohjatuuhkia

Kierrätyspolttoaineet ovat

- Syntypaikkalajiteltuja
- Erilliskerättyjä
- Prosessoituja
- Tasalaatuisia
- Uudelleen käyttöön kelpaamattomia



12

10

Keinot sementin vähähiilisen tiekartan toteuttamiseksi

Finnsementti



**Nykyisten
keinojen
hyödyntäminen
ja kehittäminen**



**Seostettujen
sementtien käytön
merkittävä kasvu**



**Uudet teknologiat
– teknologia-
loikka**



**Hiilidioksidin
talteenotto,
hyödyntäminen ja
varastointi**

11

10 Monet kierrätyspolttoaineet sopivat sementti-uuniin polttoaineeksi: kierrätysöljyt, rengasrouheet, PPAF nestekartonkit, SRF pakkausmateriaalit, urheilukentän matto, jäteviillat, lihaluujauho, revitty matto, jne.

11 Keinot sementin hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi ovat muun muassa:

1. Nykyisten valmistusmenetelmien hyödyntäminen ja kehittäminen
2. Seostettujen sementtilaatuojen kehittäminen
3. Uudet teknologiat
4. Hiilidioksidin talteenotto ja hyödyntäminen ja varastointi.



12 Finnsementti Lappeenranta-tehdas

"Meitä jotka työskentelemme sementtitehtaissa, kiinnostaa etenkin klinkkerin ominaispäästöt. Sen avulla voi verrata eri sementtitehtaita keskenään ja arvioida miten tehokas valmistusprosessi on. Maailmalla tuotetaan klinkkeritonnia kohden keskimäärin 838 kiloa hiilidioksidia, Euroopassa luku on 813, Finnsementin molemmissa tehtaissa se on 751. Käytännössä ero on suuri, sillä 70 prosenttia päästöistä tulee raaka-aineesta eikä siihen voi vaikuttaa", Leveelahti sanoo.

Sementin ympäristövaikutusten vähentämiseksi entisestään on Ulla Leveelahden mukaan olemassa erilaisia keinoja, joita alalla nyt tutkitaan.

"Kalkkikiveä on jo korvattukin onnistuneesti vaihtoehtoisilla raaka-aineilla, niiden määrää ei voida enää kovin paljon kasvattaa. Polttoprosessissa voidaan edelleen vähentää fossiilisten polttoaineiden osuutta ja korvata niitä biopolttoaineilla ja energiatehokkuutta voidaan edelleen parantaa. Suurimmat mahdollisuudet sementin päästöjen vähentämiseksi löytyvät kuitenkin seossementtien käytön lisäyksestä. Se riippuu kuitenkin siitä onko niille kysyntää, ei niinkään sementtitehtaan omista toimista", Finnsementin Ulla Leveelahti sanoo.

Circular economy improves the carbon footprint of cement

The majority of the cement used in Finland comes from the factories of Finnsementti in Parainen and Lappeenranta. They produce just under a million tons, or 1.5% of the total of 56 million tons of annual emissions of carbon dioxide in Finland.

The carbon dioxide emissions from cement production have been reduced significantly. The role of circular economy is increasing in cement production. Finnsementti uses every year 85 000 tons of waste from other industries as fuel for the cement kilns and 260 000 tons of industrial waste and by-products as raw material for cement.

Recycled materials also reduce the specific emissions of the process. They can replace calcium carbonate which through its calcination in the cement kiln is the most important cause of adverse effects on climate; it accounts for 70% of the carbon dioxide emissions of cement.

In the manufacturing process of cement, everything that is fed into the kiln as fuel becomes part of the finished product.

One of the materials used as fuel consists of crushed waste tires. Rubber burns as fuel, and

the metal contained in the tires is melted and incorporated into the cement clinker.

With tighter environmental regulations, new solutions to reduce emissions must be found also for cement. The proportion of fossil fuels can be decreased in the combustion process, replacing them with bio fuels. There is still room for an improvement in energy efficiency, as well. The greatest opportunities to reduce emissions caused by cement are related to the increased use of composite cements. However, that depends on whether there is a demand for them.