

BETONISYNERGIA-HANKKEEN JULKAISU – OSA 1: NYKYTILA

Mitä vähähiilinen betoni on ja missä nyt mennään?



Julkaisusarjan muut osat

OSA 2: Haasteet. Miksi vähähiilinen betoni ei ole vielä valtavirtaa

OSA 3: Ratkaisut. Miten esteet voidaan poistaa ja käyttöä lisätä

Pohjois-Suomen rakennusklusteri ry
Kasper Karjalainen

4.8.2026

Tiivistelmä

Tämä julkaisu kokoaa vähähiilisen betonin nykytilaa Suomen, Ruotsin ja Norjan näkökulmista. Betoni on maailman käytetyimpiä rakennusmateriaaleja, ja sen hiilijalanjälki muodostuu pääosin sementin valmistuksesta. Vähähiilisellä betonilla tarkoitetaan betonia, jonka ilmastovaikutus on pienempi kuin vastaavan tavanomaisen betonin ja jonka päästöväite perustuu todennettavaan laskentaan, kuten EPD-ympäristöselosteeseen tai kansalliseen vähähiilisyyssuokitukseseen.

Betonin päästöjä voidaan vähentää ennen kaikkea pienentämällä klinkkeripohjaisen sementin määrää, hyödyntämällä standardien sallimia seosaineita, optimoimalla reseptejä ja rakenteita sekä kehittämällä hiilidioksidin talteenottoa ja karbonatisointia. Suomessa vähähiilisen betonin käyttö on vielä alle kymmenesosa valmisbetonimarkkinasta, mutta BY-vähähiilisyyssuokitus tarjoaa selkeän menetelmän päästöjen vertailuun. Ruotsissa kehitystä ohjaavat alan yhteiset ohjeet, EPD:t ja hankekohtaiset ilmastovaatimukset, kun taas Norjassa NB37-ohjeistus on vakiinnuttanut vähähiilisen betonin luokituksen ja käytön osaksi markkinaa.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	1
Käsitteitä	3
Johdanto	5
Mitä on betoni?	5
Betoni EN 206 -standardin mukaan	5
Betonin koostumus ja ympäristövaikutukset	6
Mitä tarkoitetaan vähähiilisellä betonilla?	7
Miten betonin päästöjä voidaan vähentää?	7
Sementin vähentäminen.....	7
Kierrätysmateriaalit	8
Resepti- ja rakenneoptimointi	8
Hiilidioksidin talteenotto ja karbonatisointi	8
Vähähiilinen betoni Suomessa.....	8
Nykyinen markkinatilanne	8
BY:n vähähiilisyyssuokitus	8
Keskeiset haasteet	9
Vähähiilinen betoni Ruotsissa.....	9
Markkinatilanne.....	9
Luokitukset	10
Esimerkkikohteita	10
Vähähiilinen betoni Norjassa	10
Markkinatilanne.....	10
Luokitukset	10
Esimerkkikohteita	10
Yhteenveto.....	11

Käsitteitä

EN 206	Eurooppalainen betonistandardi, jossa määritellään betonin koostumus, osa-aineet, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden osoittaminen.
Betoni	Rakennusmateriaali, joka sementin hydrataation vaikutuksesta kovettuu. Sisältää vähintään vettä, kiviaineista ja sementtiä.
Ympäristövaikutus	Tuotteen tai toiminnan aiheuttama vaikutus ympäristöön sen elinkaaren aikana, esimerkiksi ilmastonmuutokseen, luonnon pilaantumiseen tai luonnonvarojen käyttöön liittyvä vaikutus.
EPD	Environmental Product Declaration eli ympäristöseloste. Kolmannen osapuolen todentama dokumentti, jossa esitetään tuotteen ympäristövaikutuksia elinkaariarvioinnin perusteella.
GWP	Global Warming Potential eli ilmaston lämmityspotentiaali. Kuvaa tuotteen tai toiminnan vaikutusta ilmaston lämpenemiseen hiilidioksidiekvivalenteina.
Sideaine	Betonin osa-aine, joka veden kanssa reagoidessaan sitoo kiviainekset yhteen ja muodostaa betonin kovettuvan rakenteen.
Sementti	Betonin keskeinen sideaine, joka kovettuu veden kanssa. Sementin valmistus aiheuttaa merkittävän osan betonin hiilijalanjäljestä.
Klinkkeri	Sementin valmistuksessa syntyvä välituote, joka valmistetaan korkeassa lämpötilassa. Klinkkerin valmistus tuottaa sekä prosessi- että energiaperäisiä hiilidioksidipäästöjä.
CO ₂ e	Hiilidioksidiekvivalentti. Yksikkö, jolla eri kasvihuonekaasujen ilmastovaikutukset muutetaan vertailukelpoisiksi hiilidioksidin vaikutukseen nähden.
Hiilijalanjälki	Tuotteen, rakennuksen tai toiminnan aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärä, yleensä ilmoitettuna hiilidioksidiekvivalenteina.
Elinkaaren vaiheet A1–A3, tuotevaihe	Tuotteen elinkaaren tuotevaihe: raaka-aineiden hankinta ja valmistus, raaka-aineiden kuljetus valmistukseen sekä tuotteen valmistus.
Elinkaaren vaiheet A1-C4, koko elinkaari	Tuotteen kuljetus työmaalle, rakentaminen, käyttö, kunnossapito, korjaukset sekä elinkaaren lopun purku-, kuljetus-, käsittely- ja loppusijoitusvaiheet.
Elinkaaren vaihe D	Elinkaaren ulkopuoliset hyödyt ja kuormitukset, kuten materiaalien kierrätyksestä tai energian talteenotosta syntyvät vaikutukset.
Masuunikuonajauhe	Terästeollisuuden sivutuotteesta jauhettu sideaine, jota voidaan käyttää sementin osittaisena korvaajana betonissa ja jolla voidaan pienentää betonin hiilijalanjälkeä.
Lentotuhka	Polttoprosesseissa syntyvä hienojakoinen tuhka, jota voidaan käyttää betonissa seosaineena tietyin edellytyksin.

Mikrosilika	Erittäin hienojakoinen piidioksidipitoinen seosaine, jota käytetään betonin tiiviyyden, lujuuden ja säilyvyyden parantamiseen.
Kalkkikivijauhe	Hienoksi jauhettu kalkkikivi, jota voidaan käyttää sementin tai betonin osana aineena vaikuttamaan betonin koostumukseen, työstettävyyteen ja hiilijalanjälkeen.
Seosaine	Betoniin lisättävä hienojakoinen aine, jota voidaan käyttää parantamaan betonin ominaisuuksia tai korvaamaan osa sementistä standardien sallimissa rajoissa.
Geopolymeeri	Mineraalipohjainen sideainejärjestelmä, jossa kovettuminen perustuu alkaliaktivointiin eikä sementin hydrataatioon. EN 206 -standardin näkökulmasta geopolymeerituotteita ei yleensä pidetä betonina.
Alkaliaktivoitu betoni	Sideainejärjestelmä, jossa esimerkiksi kuonaan tai tuhkaan perustuva materiaali kovetetaan alkalisen aktivaattorin avulla sementin sijasta.
Karbonatisoituminen	Ilmiö, jossa betoni sitoo ilman hiilidioksidia ajan kuluessa. Se voi pienentää betonin nettovaikutusta, mutta vaikuttaa myös betonin kemialliseen tilaan.
Karbonisointi	Prosessi, jossa betonin hiilidioksidin sitoutumista tehostetaan hallitusti esimerkiksi valmistuksen tai käsittelyn aikana.
Hiilidioksidin talteenotto	Teknologia tai menetelmä, jolla teollisuusprosessissa syntyvää hiilidioksidia otetaan talteen ennen sen vapautumista ilmakehään.
Vähähiilisyydsuokitus	Menetelmä, jolla betonin ilmastovaikutusta verrataan määritettyyn vertailutasoon ja ilmoitetaan betonin päästötaso esimerkiksi GWP-luokkana.
GWP.ref	Vähähiilisyydsuokituksen vertailutaso, johon betonireseptin laskettua GWP-arvoa verrataan.
Muottikierto	Aika, jossa muotti voidaan käyttää uudelleen uuden valun tekemiseen. Hitaampi lujuudenkehitys voi pidentää muottikiertoa.
Alkulujuuden kehitys	Betonin lujuuden kasvu ensimmäisten tuntien ja päivien aikana valun jälkeen. Se vaikuttaa esimerkiksi muottien purkuun ja elementtituotannon aikatauluun.
Reseptioptimointi	Betonin osa-aineiden määrien ja suhteiden suunnittelua siten, että vaaditut ominaisuudet saavutetaan mahdollisimman pienellä ympäristövaikutuksella ja tarkoituksenmukaisilla kustannuksilla.
Rakenneoptimointi	Rakenteen mitoituksen, muodon ja materiaalmäärän suunnittelua siten, että rakenne täyttää tekniset vaatimukset mahdollisimman vähäisellä materiaalinkäytöllä ja hiilijalanjäljellä.

Johdanto

Tämä julkaisu on ensimmäinen osa kolmiosaista julkaisusarjaa osana Pohjois-Suomen rakennusklusterin Betonisynergia-hanketta. Betonisynergia-hankkeen tavoitteena on edistää vähähiilisen betonin käyttöä ja kehitystä tuomalla vähähiilisen betonin ympärillä olevia toimijoita yhteen sekä selvittämällä vähähiilisen betonin käytön ja kehityksen suurimmat haasteet.

Julkaisusarjan ensimmäinen osa keskittyy nykytilaan: siihen mitä betoni on ja miten siitä tehdään vähähiilistä. Julkaisussa selvitetään myös vähähiilisen betonin käyttöä Ruotsissa ja Norjassa. Toinen osa keskittyy vähähiilisen betonin haasteisiin ja esteisiin, ja kolmannessa osassa pureudutaan esteiden ja haasteiden purkamiseen.

Julkaisun tavoitteena on antaa lukijalle kokonaiskuva vähähiilisen betonin nykytilasta, keskeisistä käsitteistä ja markkinatilanteesta Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Tarkastelu rajautuu erityisesti betonin raaka-aineisiin, standardien määritelmiin sekä niihin luokitus- ja ohjauskeinoihin, joilla vähähiilisyyttä voidaan tällä hetkellä arvioida ja edistää.

Mitä on betoni?

Betoni on yleisesti tunnettu rakennusaine, joka koostuu pääosin kiviaineesta, vedestä ja sideaineesta. Valmistessa betoni on nestemäistä, joka kovettuu raaka-aineiden kemiallisen reaktion kautta kiinteään kivimäiseen muotoon. Se on maailman käytetyimpiä rakennusmateriaaleja ja siitä voidaan valmistaa kaikkea pihalaatasta pilvenpiirtäjiin.

Betoni-lehden mukaan betonia valmistetaan vuosittain noin 13 miljardia kuutiometriä eli noin 25–30 miljardia tonnia, mistä riittäisi jokaiselle maailman asukkaalle noin 2 kuutiometriä joka vuosi. Tavanomaisen omakotitalon perustuksiin menee noin 10–15 kuutiota betonia. Kaiken tämän betonin valmistaminen aiheuttaa 2–3,5 miljardia tonnia päästöjä (CO₂e) vuodessa, mikä vastaa n. 5 % koko maailman vuotuisista päästöistä.

Betonia ja sen kaltaisia kovettuvia massoja on käytetty rakentamisessa satojen tai tuhansien vuosien ajan, kuuluisimpina ja vanhimpana betonirakenteena antiikin Rooman Pantheon. Betonirakentamisen taito kuitenkin unohtui ja betonia alettiin käyttämään uudelleen vasta 1800-luvulla Portland-sementin keksimisen myötä. 1900-luvulla betonirakentaminen kehittyi nopeasti ja kansallisia ohjeita betonin valmistukseen kehitettiin. Euroopassa kansallisten ohjeiden perusteella laadittiin 1990-luvun alussa eurooppalainen standardi betonille, joka otettiin Suomessakin käyttöön loppuvuodesta 2007.

Betoni EN 206-standardin mukaan

Betoni ja siinä käytettävät materiaalit on määritelty hyvin tarkasti eurooppalaisessa standardissa EN 206, joka on päivitetty maaliskuussa 2026. Standardin mukaisesti valmistettua betonia voidaan käyttää rakentamisessa, jonka suunnittelu tehdään standardin EN 1992 betonirakenteiden suunnittelu mukaan.

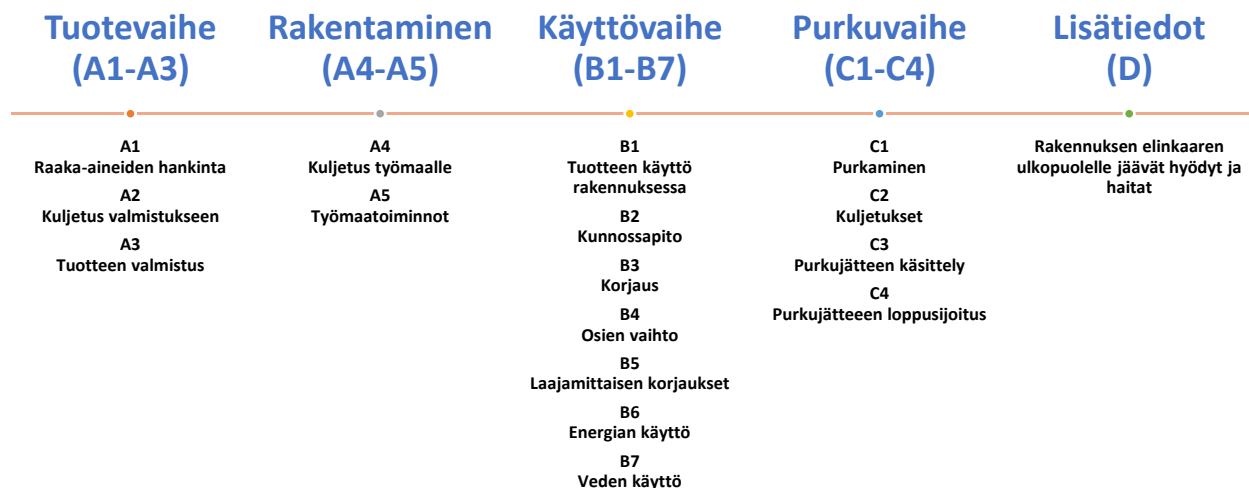
EN206 standardissa betoni määritellään materiaaliksi, joka on valmistettu sekoittamalla sideainetta, karkeaa ja hienoa kiviainesta, vettä sekä mahdollisesti lisäaineita, seosaineita ja kuituja. Sideaine on määritelty olevan sementtiä, sementtilaatujen sekoituksia tai sementtien ja seosaineiden sekoituksia. Standardin määritelmän mukaan betonin ominaisuuksien kehittyminen aiheutuu siitä, että sementti kovettuu (hydratoituu) veden avulla. Näin ollen betonissa on oltava sementtiä, eivätkä jotkin betoniksi mielletyt tuotteet kuten geopolymeerit tai alkaliaktivoitavat betonit ole standardin mukaan betonia lainkaan, jolloin niitä ei voi myöskään käyttää kuten standardin mukaista betonia.

Kaikkien betonituotteiden ei kuitenkaan tarvitse olla valmistettu EN 206 -standardin mukaan. Esimerkiksi betonisilla päällystekivillä ja betonisilla kaivotuotteilla on omat tuotestandardinsa, joissa on määritetty, että tuote valmistetaan betonista, mutta betonia ei olla määritetty valmistettavaksi EN 206 -standardin mukaan. Näissä standardeissa on annettu lopputuotteelle tietyt kriteerit, jotka niiden tulee täyttää. EN 206 perustuu siihen, että betonin *koostumuksen* ja *valmistusmenetelmän* soveltuvuus osoitetaan alkutestauksella tai aiemmalla kokemuksella, jolloin betonin voidaan osoittaa saavuttavan sille asetetut ominaisuudet.

Betonin koostumus ja ympäristövaikutukset

Betonin ympäristövaikutukset, niin kuin muidenkin tuotteiden, muodostuvat tuotteessa käytettävien raaka-aineiden valmistuksesta (A1), raaka-aineiden kuljetuksista (A2) sekä tuotteen valmistamisesta (A3). Ympäristövaikutukset arvioidaan lisäksi myös valmiin tuotteen kuljetukselle (A4), tuotteen asentamiselle ja siinä syntyvälle jätteelle (A5), tuotteen käytölle (B1-B7) sekä tuotteen elinkaaren lopun skenaariolle (C1-C4), eli sille mitä tuotteelle tapahtuu, kun sitä ei enää käytetä siinä tarkoituksessa mihin se alun perin valmistettiin.

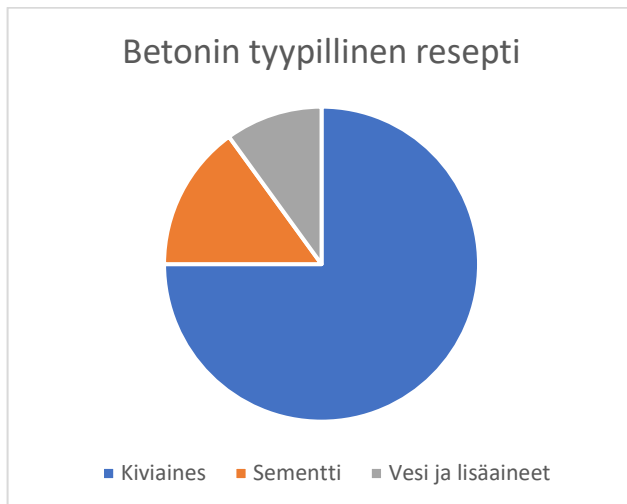
Rakennustuotteen ja rakennuksen ympäristövaikutukset jaetaan samoihin vaiheisiin. Tuotteiden osalta vaiheiden nimet saattavat vaihdella, mutta periaate on sama. Rakennuksen ympäristövaikutusten eri vaiheet ovat tuotevaihe, rakentaminen, käyttövaihe ja purkuvaihe. Lisäksi on D-vaihe, eli hyödyt rakentamisesta, jotka ulottuvat rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle, kuten kierrättämisestä aiheutuvat hyödyt (kuva 1).



Kuva 1, Rakennuksen ja tuotteen elinkaaren vaiheet

Ympäristövaikutusluokkia on monia, mutta yleensä puhutaan ilmaston lämmityspotentialista (Global Warming Potential, GWP) eli hiilijalanjäljestä. Betonin osalta suurin osa (n. 80 %) hiilijalanjäljestä muodostuu tuotevaiheessa, seuraavaksi suurin osuus tulee purkuvaiheesta (n. 15 %) ja loput rakentamisvaiheesta. Käyttövaiheessa betonilla ei ole päästöjä.

Tavanomaisesti betoni sisältää noin 70–80 % kiviainesta, 10–15 % sementtiä, 6–10 % vettä ja 0–2 % lisäaineita. Kun tarkastellaan vastaavasti raaka-aineiden hiilijalanjälkeä, betonin hiilijalanjäljestä kiviainesten osuus on noin 2–8 %, sementin 80–95 % ja veden sekä lisäaineiden osuus 0,5–3 %. Betonin valmistukseen käytettävistä raaka-aineista sementillä on selkeästi suurin hiilijalanjälki. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty tyypillisen betonireseptin raaka-aineiden suhde sekä raaka-aineiden hiilijalanjälkien suhde.



Kuva 2. Tyypillisen betonireseptin jakauma painoprosentteina



Kuva 3. Tyypillisen betonireseptin päästöjakauma

Mitä tarkoitetaan vähähiilisellä betonilla?

Vähähiilisellä betonilla tarkoitetaan betonia, jonka hiilijalanjälki on muutoin vastaavanlaista betonia pienempi. Jotta betonia voi väittää vähähiiliseksi tulee väitteen perustua todennettuun laskelmaan EU:n viherpesu direktiivin mukaisesti. Betonin hiilijalanjäljen voi todentaa EPD-selosteella tai Suomessa betoniyhdistyksen vähähiilisyyslaskurilla. Ruotsissa ja Norjassa on omat kansalliset menetelmänsä betonin päästöjen vertailuun ja todentamiseen EPD-selosteiden lisäksi.

Miten betonin päästöjä voidaan vähentää?

Betonin hiilijalanjälki muodostuu pitkälti sementin hiilijalanjäljestä, joten tehokkain tapa pienentää betonin päästöjä on käyttää mahdollisimman vähän sementtiä. Muita keinoja betonin päästöjen pienentämiseksi on kuljetusmatkojen minimointi, valmistuksen energiatehokkuuden parantaminen ja siirtyminen päästöttömiin energialähteisiin koko tuotantoketjussa. Sementtiteollisuus odottaa paljon hiilidioksidin talteenotolta ja betoniteollisuudessa karbonatisointi on tunnistettu potentiaalisesti hiilijalanjäljen pienentäjäksi.

Sementin vähentäminen

Sementin päästöjen pienentäminen on hyvin haastavaa, sillä sementin valmistuksessa käytettävä klinkkeri vaatii hyvin korkeita lämpötiloja muodostuakseen. Lisäksi sementtiklinkkerin valmistuksessa kalkkikiven kalsinoituminen vapauttaa hiilidioksidia, ja samalla muodostuvat klinkkerimineraalit antavat sementille sen veden kanssa reagoivat ja kovettuvat ominaisuudet. Betonin päästöjä voidaan siis vähentää korvaamalla klinkkeripohjaista sementtiä vähähiilisemmällä sideaineella.

Sideaineet, joita voidaan käyttää betonin valmistuksessa, on määritelty betonistandardissa EN206.

Sideaineet ovat:

- Lentotuhka
- Masuunikuonajauhe
- Mikrosilika
- Kalkkikivijauhe
- muut kansallisesti hyväksytyt seosaineet

Betonissa voi siis käyttää vain edellä mainittuja aineita sementin korvaajana. On kuitenkin materiaaleja, jotka on hyväksytty osaksi sementtistandardia EN 197. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi

luonnonpozzolaanit. Näitä voidaan siis käyttää sementin valmistuksessa, jolloin ne ovat osa valmista sementtiä, jonka käyttö on hyväksytty betonistandardien mukaan.

Kierrätysmateriaalit

Betonistandardin hyväksyvät myös kierrätetyn kiviaineen osana betonia. Betonin kiviaineena voidaan siis käyttää esimerkiksi tietyn kriteerein valmistettua betonimursketta. Kierrätetyn kiviaineen mahdollistama hiilijalanjäljen vähennys on kuitenkin vain muutamia prosentteja, sillä kiviaineen osuus betonin hiilijalanjäljestä on hyvin pieni. Toki kierrätetyn kiviaineen kuljetusmatkat voivat olla luonnonmateriaalia lyhyemmät ja sitä kautta myös lopputuotteen hiilijalanjälki pienenee.

Resepti- ja rakenneoptimointi

Optimoimalla rakenteet ja reseptit juuri kohteen käyttöä vastaavaksi voivat säästää betonin hiilijalanjäljessä merkittävästi. Jokaisen rakenteen ja valun reseptin optimointi on kuitenkin työlästä ja sen vuoksi kallista, ja vastaavasti betonin valmistaminen on suhteelliseen halpaa. Tämän vuoksi optimoinnin hyötyjä ei täysin hyödynnetä.

Hiilidioksidin talteenotto ja karbonatisointi

Hiilidioksidin talteenotto tarkoittaa yksinkertaistaan tehtaan piipusta vapautuvan hiilidioksidin talteen ottamista jonkinlaisen järjestelmän avulla. Euroopan sementtiteollisuusyhdistyksen vähähiilisyystiekartan mukaan sementtiteollisuuden odotetaan puolittavan vuoden 1990 päästönsä vuoteen 2030 mennessä. Tästä pudotuksesta hiilidioksidin talteenotolla odotetaan saavutettavan n. 20 %.

Karbonatisoitumisella tarkoitetaan ilmiötä, jossa betoniin sitoutuu ajan kanssa hiilidioksidia. Karbonatisointi tarkoittaa hallittua tai tehostettua betonin karbonatisoitumista, jossa hiilidioksidia sidotaan betoniin kemiallisesti esimerkiksi valmistuksen, kovettumisen tai käsittelyn aikana. Euroopan sementtiteollisuusyhdistys odottaa vastaavasti karbonatisoitumisella saavutettavan n. 20 % säästön sementin hiilijalanjälkeen.

Vähähiilinen betoni Suomessa

Vähähiilinen betoni Suomessa valmistetaan yleensä käyttämällä sementissä masuunikuonajauhetta. Masuunikuonajauhetta on käytetty betonissa esimerkiksi lämmön hallinnassa jo kymmeniä vuosia, paljon ennen kuin vähähiilinen betoni on tullut markkinoille. Vähähiilinen betoni ei ole uusi tuote, eikä myöskään menetelmä, jolla betonista tehdään vähähiilinen. Uutta vähähiilisessä betonissa on lähinnä se, että sen hiilijalanjälki on pienempi kuin betonin, jossa ei ole käytetty masuunikuonajauhetta.

Nykyinen markkinatilanne

Suomessa vähähiilisen betonin osuus kaikesta käytetystä betonista on betoniteollisuuden mukaan alle 10 % kaikesta valmistetusta valmisbetonista. Rakentamislain ja siinä esitettyjen rakennusten päästörajojen vaikutuksia vähähiilisen betonin käyttöön on vaikea arvioida, sillä esimerkiksi asuntorakentaminen on ollut viime aikoina vähäistä. Lisäksi kaikki vähähiilinen betoni, jota on tilattu ei ole välttämättä ollut vähähiilisyysluokiteltua, jolloin se ei tilastoissa näy vähähiilisenä betonina.

BY:n vähähiilisyysluokitus

Suomen betoniyhdistys on kehittänyt by-vähähiilisyysluokituksen yhdessä Betoniteollisuuden kanssa. Se on vapaaehtoinen kansallinen menetelmä betonin CO₂-päästöjen hillitsemiseksi. Vähähiilisyysluokitusta käytettäessä betonin toimittaja laskee betonireseptinsä päästöt standardin SFS-EN15804 + A2:2019 moduulien A1-A3 mukaan, jolloin päästölaskennassa huomioidaan raaka-aineiden hankinta ja käsittely, raaka-aineiden kuljetus valmistukseen sekä betonin valmistus. Vähähiilisyysluokitus kannustaa

betonivalmistajia kehittämään vähähiilisempiä betonireseptejä, joissa hyödynnetään teollisuuden sivuvirtoja sideaineena. (8).

Vähähiilisyyssuokitus koskee ainoastaan betonia, ei betonivalussa olevia betoniteräksiä tai muita valuun upotettavia teräksiä. Valmistajan laskema arvo käy kolmannen osapuolen tarkistettavana, jonka jälkeen sitä vertaillaan vertailutasoon. Tämän jälkeen pystytään ilmoittamaan betonin vähähiilisyyssuokitus GWP (Global Warming Potential) arvona. Vertailutaso on nimeltään GWP.ref ja vähähiilisyyssuokat ovat GWP.85, GWP.70, GWP.55 ja GWP.40. Luku GWP-tasossa kertoo kuinka monta prosenttia vertailutason päästöistä betoni aiheuttaa. (8).

Keskeiset haasteet

Keskeiset haasteet vähähiilisen betonin käyttöön Suomessa liittyvät tilajien tiedonpuutteeseen tai väärään tietoon vähähiilisen betonin nykytilanteesta. Tiedon puutetta ja väärä tai vanhentunut tietoa on myös suunnittelijoilla ja urakoitsijoilla, mutta betoniyhdistys on laatinut näille ryhmille ohjeistuksia, joiden avulla oikeaa tietoa on saatu levitettyä.

Vähähiilistä betonia pidetään kalliina, hankala käsitellä tai jopa vaarallisena. Vähähiilisen betonin hinta riippuu pitkälti siitä, kuinka vähähiilistä betonia halutaan. Esimerkiksi GWP.85-luokan betonilla ei ole enää juurikaan hintaeroa tavanomaiseen betoniin nähden. Samoin työstettävyyttä GWP.85-luokan betonilla vastaa tavanomaista betonia. Vähähiilisen betoni pelätty vaarallisuus liittyy tietämättömyyteen ja siihen, että sen kuvitellaan sisältävän materiaaleja, joiden yhteisvaikutuksia ei tunneta. Todellisuudessa vähähiilistä betonia valmistetaan käyttämällä masuunikuonajauhetta osana betonin sideainetta. Masuunikuonajauhetta on käytetty betonissa jo kymmeniä vuosia, eikä sen ole todettu aiheuttaneen ongelmia esimerkiksi sisäilmassa.

Vähähiilisen betonin haasteena on myös hitaampi alkulujuuden kehitys, joka johtaa hitaampaan muottikiertoon niin työmaalla, kuin betonielementtitehtaallakin. Hitaampi muottikierto nostaa myös vähähiilisen betonin kustannuksia. Lujuudenkehittymiseen liittyvät ongelmat ovat olleet betonivalmistajien tiedossa jo vuosia, ja he ovatkin kehittäneet betonireseptejä, joilla voidaan saavuttaa vähähiilisyyssuokitus sekä tavanomaisen betonin muottikierto.

Vähähiilinen betoni Ruotsissa

Ruotsissa vähähiilisestä betonista käytetään yleisesti termiä *klimatförbättrad betong*, joka voidaan kääntää suomeksi ilmastoparannetuksi tai vähähiiliseksi betoniksi. Ruotsissa ei ole käytössä yhtä virallista kansallista luokitusjärjestelmää, joka vastaisi suoraan Suomen BY-vähähiilisyyssuokitusta, mutta alan toimijat ovat kehittäneet yhteisiä ohjeita ja vertailutasoja vähäpäästöisempien betonilaatujen määrittelyyn. Ruotsalainen tarkastelu painottaa erityisesti rakennushankkeen kokonaisoptimointia: oikean betonilaadun valintaa oikeaan käyttökohteeseen, yllälujuuden välttämistä, sementtimäärän vähentämistä sekä päästöiltään pienempien sideaineiden käyttöä.

Ruotsin betoniala on asettanut tavoitteeksi ilmastoneutraalin betonin vuoteen 2045 mennessä, ja useat valmistajat tarjoavat jo markkinoilla omia vähäpäästöisiä betonituotteitaan. Lisäksi Ruotsissa on käynnissä tutkimusta ja kehitystä muun muassa vaihtoehtoisten sideaineiden, kierrätettyjen materiaalien ja vanhan betonin hyödyntämisestä sementti- ja betonituotteissa.

Markkinatilanne

Ruotsissa vähähiilisen betonin markkina on kehittynyt erityisesti suurissa kaupunkihankkeissa ja julkisissa rakennus- ja infraprojekteissa, joissa tilaajat asettavat hankinnoille ilmastovaatimuksia. Tarkkaa valtakunnallista osuutta kaikesta betoninkäytöstä ei ole vakiintuneesti ilmoitettu, sillä tuotteet ja luokitustavat vaihtelevat valmistajittain. Kehitys on kuitenkin edennyt siihen suuntaan, että vähäpäästöisiä

vaihtoehtoja on saatavilla useilta suurilta betonitoimittajilta ja niiden käyttöä edistetään tilaajien ilmastotavoitteiden kautta.

Luokitukset

Ruotsissa vähähiilistä betonia ohjataan ennen kaikkea alan yhteisillä ohjeilla, EPD-ympäristöselosteilla ja hankekohtaisilla päästövaatimuksilla. Svensk Betongin laatima *Vägledning klimatförbättrad betong* eli ohjeistus ilmastoparannetusta betonista esittää vertailuarvoja ja päästövähennystasoja eri betonityypeille. Luokittelu ei ole samalla tavalla yksi kansallinen tuoteluokitus kuin Suomessa, vaan se toimii enemmän suunnittelijoiden, tilaajien ja betonitoimittajien yhteisenä ohjeena vähäpäästöisten betoniratkaisujen määrittelyyn.

Esimerkkikohteita

Ruotsissa vähähiilistä betonia on käytetty erityisesti Tukholman, Göteborgin ja Skånen kaltaisilla alueilla, joissa rakentamisen volyymi on suuri ja tilaajilla on usein kunnianhimoisia ilmastotavoitteita. Esimerkit liittyvät sekä asuin- ja toimitilarakentamiseen että infrarakentamiseen, kuten tie-, silta- ja raideliikennehankkeisiin. Käytännössä ratkaisut perustuvat usein sementin osittaiseen korvaamiseen, reseptioptimointiin sekä rakenneratkaisuihin, joissa vältetään tarpeetonta materiaalinkäyttöä.

Vähähiilinen betoni Norjassa

Norjassa vähähiilinen betoni, *lavkarbonbetong*, on ollut käytössä ja kehityksen kohteena jo pitkään. Norjan betonialalla on Suomen ja Ruotsin tilanteeseen verrattuna vakiintuneempi kansallinen ohjeistus vähähiilisen betonin määrittelyyn. Keskeinen viitekehys on Norsk Betongforeningin julkaisu NB37, jossa määritellään vähähiilisen betonin luokat, dokumentointivaatimukset ja käyttöedellytykset.

Markkinatilanne

Norjassa vähähiilinen betoni on suhteellisen laajasti tunnettu ja käytetty erityisesti hankkeissa, joissa tilaaja edellyttää rakennuksen tai infrarakenteen hiilijalanjäljen pienentämistä. Vähähiilisyyks on tullut osaksi tavanomaista suunnittelu- ja hankintakeskustelua, ja useat valmisbetoni- ja elementtivalmistajat tarjoavat NB37-luokituksen mukaisia tuotteita. Markkinan kehitystä on vauhdittanut julkisten tilaajien ilmastovaatimukset sekä Norjan sementtiteollisuuden panostukset päästöjen vähentämiseen, kuten hiilidioksidin talteenottoon.

Luokitukset

Norjan vähähiilisen betonin luokitus perustuu Norsk Betongforeningin julkaisuun NB37. Luokitus koskee betonimateriaalia, ei esimerkiksi raudoitusta. Päästöt tarkastellaan tyypillisesti elinkaaren moduuleissa A1–A3 eli raaka-aineiden valmistuksesta valmiin betonin valmistukseen saakka. Aiemmin luokissa käytettiin nimityksiä kuten Lavkarbon B, Lavkarbon A, Lavkarbon Pluss ja Lavkarbon Ekstrem. Uusimmassa järjestelmässä luokkia kuvataan entistä enemmän suhteellisena vähennyksenä alan vertailutasoon nähden, mikä lähentää järjestelmää tulevaan eurooppalaiseen standardointiin. Suomen BY-vähähiilisyyksiluokituksessa on hyödynnetty samankaltaista ajatusta vertailutasoon perustuvasta luokittelusta.

Esimerkkikohteita

Norjassa vähähiilistä betonia on käytetty sekä talonrakentamisessa että infrarakentamisessa. Erityisesti julkiset rakennuttajat ja suuret infratoimijat ovat edistäneet vähähiilisten betonilaatujen käyttöä asettamalla hankkeille päästörajoja tai vähähiilisyyksluokkia. Norjan kehityksessä merkittävä erityispiirre on sementtiteollisuuden hiilidioksidin talteenoton käyttöönotto, jonka odotetaan mahdollistavan jatkossa entistä pienempipäästöisiä sementti- ja betonituotteita.

Yhteenveto

Vähähiilinen betoni ei ole yksittäinen uusi materiaali, vaan joukko ratkaisuja, joilla betonin ilmastovaikutusta pienennetään säilyttäen samalla betonilta vaaditut tekniset ominaisuudet. Keskeisin päästövähennyskeino liittyy sementtiin, koska sementti aiheuttaa suurimman osan betonin hiilijalanjäljestä. Sementtimäärän vähentäminen, klinkkerin korvaaminen hyväksytyillä seosaineilla sekä vähäpäästöisempien sideaineratkaisujen kehittäminen ovat siksi vähähiilisen betonin ytimessä.

Tekstin perusteella vähähiilisyyden arviointi edellyttää selkeää laskentaa ja vertailukelpoisia menetelmiä. Suomessa BY-vähähiilisyydsuokitus tarjoaa tähän kansallisen työkalun, jossa betonin päästöjä verrataan GWP.ref-vertailutasoon. Norjassa vastaavaa kehitystä on viety pitkälle NB37-ohjeistuksen avulla, ja Ruotsissa painopiste on yhteisissä ohjeissa, ympäristöselosteissa ja hankekohtaisissa ilmastovaatimuksissa. Kaikissa maissa kehitys kulkee kohti sitä, että vähähiilisyyds muuttuu erillisestä lisävaatimuksesta osaksi tavanomaista betonin suunnittelua, valmistusta ja hankintaa.

Vähähiilisen betonin käytön laajenemista hidastavat edelleen tiedonpuute, vanhentuneet käsitykset, kustannuksiin liittyvät epävarmuudet sekä huoli lujuudenkehityksestä ja muottikierrosta. Osa haasteista on kuitenkin ratkaistavissa paremmalla suunnittelulla, oikea-aikaisella betonilaadun valinnalla, reseptioptimoinnilla ja tilaajien selkeillä vaatimuksilla. Erityisesti lievemät vähähiilisyydsuokat voivat joissain käyttökohteissa vastata ominaisuuksiltaan hyvin tavanomaista betonia.

Suomen, Ruotsin ja Norjan tarkastelu osoittaa, että vähähiilisen betonin kehitys on samansuuntaista, vaikka ohjauskeinot ja luokitusjärjestelmät eroavat toisistaan. Suomessa luokitusjärjestelmä on selkeä ja kansallinen, Ruotsissa painottuvat hankekohtaiset vaatimukset ja alan ohjeistus, ja Norjassa vähähiilinen betoni on luokitusten kautta jo vakiintuneempi osa rakentamisen käytäntöjä. Yhteistä kaikille on tarve lisätä luotettavaa tietoa, kehittää vähäpäästöisiä reseptejä ja varmistaa, että vähähiilinen betoni voidaan ottaa käyttöön ilman, että rakenteiden turvallisuudesta, kestävyyydestä tai työmaan tuotannollisista reunaehdoista tingitään.

Jatkossa vähähiilisen betonin yleistyminen edellyttää koko arvoketjun yhteistyötä: tilaajien on asetettava realistisia ja vertailukelpoisia vaatimuksia, suunnittelijoiden on huomioitava vähähiilisyyds jo varhaisessa vaiheessa, ja betonivalmistajien on pystyttävä tarjoamaan käyttökohteeseen sopivia ratkaisuja. Tämä nykytilakatsaus toimii pohjana julkaisusarjan seuraaville osille, joissa tarkastellaan tarkemmin vähähiilisen betonin käytön esteitä sekä keinoja niiden poistamiseksi.