



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Betoni ja ympäristö

Jussi Mattila, tekniikan tohtori

Toimitusjohtaja, Betoniteollisuus ry

Rakenteiden elinkaaritekniikan dosentti, Tampereen teknillinen yliopisto

jussi.mattila@rakennusteollisuus.fi

Ilmastonmuutoksen hillinnän tultua yhä keskeisemmäksi tavoitteeksi myös rakentamisen ympäristövaikutuksiin on alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota. Tässä artikkelissa käsitellään betoniin ja betonisiin rakennuksiin liittyviä ympäristönäkökohtia nimenomaan ympäristökuormien eli aiheutettujen päästöjen ja luonnonvarojen käytön näkökulmasta.

Ympäristön kannalta on oleellista myös se, mitä aineellisia ja aineettomia arvoja aiheutettujen ympäristövaikutusten katteeksi saadaan aikaan. Vaikka betonirakentamisen ansioksi tässä suhteessa voidaan lukea lukuisia positiivisia asioita, kuten arkkitehtoninen ja rakennetekninen joustavuus sekä hyvät ominaisuudet mm. rakenteellisen lujuuden, ääneneristävyyden, kosteuden- ja palonkestävyyden sekä pitkän käyttöiän suhteen, näitä seikkoja ei käsitellä tässä kirjoituksessa.

Tässä artikkelissa pyritään tarkastelemaan ympäristövaikutuksia tarkoituksenmukaisella tarkkuudella, eli poimimaan tarkasteluun sellaisia asioita, joilla on merkitystä kokonaisuuden tai sen ymmärtämisen kannalta. Betonirakenteiden ympäristöominaisuuksia on tarkasteltu yksityiskohtaisemmin esimerkiksi julkaisussa Betonirakenteiden ympäristöominaisuudet [1].

Taustaa ympäristövaikutusten arvioinnista

Rakentaminen vaikuttaa ympäristöön hyvin monin tavoin alkaen rakennuspaikan fyysisestä muokkaamisesta luonnontilasta osaksi rakennettua ympäristöä. Rakentamiseen käytettävien tuotteiden valmistukseen tarvittavien luonnonvarojen otto taas vaikuttaa ympäristöön yleensä aivan muualla kuin rakennuspaikalla. Oman kokonaisuutensa muodostavat rakennustuoteollisuuden ja rakentamisen prosessin erilaiset päästöt maahan, veteen ja ilmaan sekä tuoteollisuuden, kuljetusten ja rakentamisen käyttämän energian tuottamisen aiheuttamat ympäristövaikutukset. Merkittävä osa rakennuksen ympäristövaikutuksista aiheutuu sen käytön aikaisesta lämmittämisestä ja jäädyttämisestä sekä rakennuksen huoltamisesta ja korjaamisesta, unohtamatta rakennuksen käyttöäin

päätteeksi tapahtuvaa purkamista ja materiaalien uusiokäyttöä sekä loppusijoittamista.

Rakennuksen ympäristövaikutusten arviointia voidaan toteuttaa hyvin monella tavoin riippuen siitä, mitä asioita tarkastelussa otetaan huomioon ja miten suuren osuuden rakennuksen elinkaaresta arviointi kattaa. Peruseriaatteen tässä suhteessa lyö lukkoon maankäyttö- ja rakennusasetuksen [2] rakennusten ekologisuutta koskeva 55 §. Sen mukaan rakennuksen vaikutuksia ympäristöön tulee aina tarkastella rakennuksen koko elinkaari huomioon ottaen. Tämä on järjeenkäyvää, koska muulla tavoin toimien voidaan tehdä haitallista osavoimaintia. Rakennusvaiheessa tehtävällä tinkimisellä ympäristövaikutuksissa voidaan nimittäin aiheuttaa moninkertainen haitta rakennuksen käyttövaiheen suurempina ympäristövaikutuksina. Ääriesimerkinä tästä on rakennusvaipan lämmöneristys. Käytännöllä vähemmän lämmöneristystä sen valmistamisen, kuljettamisen ja asentamisen aiheuttamat ympäristövaikutukset pienenevät. Samoin vaikuttaa myös rakenteen paksuuden pieneminen. Saavutetut säästöt ympäristövaikutuksissa menetetään kuitenkin nopeasti rakennuksen suuremman energiankulutuksen aiheuttamien päästöjen kasvun johdosta. Tästä syystä esimerkiksi pelkän rakennusvaiheen kattavia tarkasteluja ei tulisi kutsua rakennuksen ympäristövaikutusten arvioinniksi.

Ympäristövaikutusten arviointiin on kehitetty monia työkaluja, joista ehkä tunnetuimpia ovat yhdysvaltalainen LEED ja brittiläinen BREEAM. Nämä molemmat ovat voimakkaasti yksinkertaistettuja kaupallisia järjestelmiä, joiden tarkoituksena on rakennusten luokittelu joidenkin valittujen ympäristöominaisuuksien suhteen.

Nykyaikaisinta ja kattavinta näkemystä rakennusten ympäristövaikutusten arvioinnin suhteen edustaa CEN/TC 350 – Sustainability of construction works -standardisarjan [3] kuvaama menettely, joka on kehitetty eurooppalaisena standardisointiyhteistyönä kuluneen noin 10 vuoden aikana. CEN/TC 350:n mukainen ympäristövaikutusten arviointi kattaa analyttisesti rakennuksen koko elinkaaren, rakennustuotteiden valmistukseen tarvittavien raaka-aineden ostosta aina rakennuksen purkamiseen ja siitä syntyvien jätteiden käsittelemisen ympäris-

tövaikutuksiin. Menettelyn keskeisiä periaatteita on, että ympäristövaikutusten arviointia ei tule koskaan tehdä millekään yksittäiselle rakennustuotteelle, esimerkiksi tiilelle tai betoniteräkselle. Tämä johtuu siitä, että rakennustuotteet ovat ns. välituotteita, eikä niitä koskaan käytetä sellaisenaan, vaan osana kokonaisuutta, rakennusta.

Ympäristövaikutusten arviointia ei tule tehdä tuotteitasolla myöskään siksi, että monille rakennustuotteille on olemassa lukuisia eri käyttötarkoituksia ja -kohteita. Jos käyttökohdetta ei tiedetä, ei ole käytännössä mahdollista ottaa huomioon elinkaaren aikana syntyviä ympäristövaikutuksia. Näistä syistä yksittäisellä rakennustuotteella ei voi sellaisenaan olla relevantteja ympäristöominaisuuksia.

Toinen CEN/TC 350:n mukaisen arviointimenettelyn keskeinen periaate on, että rakennuksen ympäristövaikutusten arvioinnin tulee kattaa paitsi suorat ympäristövaikutukset, esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöt, myös ns. sosiaaliset ja taloudelliset vaikutukset. Nämä tekijät liittyvät pitkälti ympäristöominaisuuksien vertailtavuuteen. Tällä tarkoitetaan sitä, että ympäristövaikutukset tulee aina linkittää siihen, mitä arvoja kyseiset vaikutukset aiheuttavalla rakennuksella saadaan tuotetuksi käyttäjilleen ja yhteiskunnalle.

Sosiaaliset tekijät ovat aineettomia arvoja, joihin rakennus tuottaa käyttäjälleen ja yhteiskunnalle, ja joiden takia rakentamista tehdään: turvallisuutta, viihtyisyyttä, saavutettavuutta jne. Jos nämä tekijät jätettäisiin ottamatta huomioon, ympäristölle ystävällinen rakentaminen tuottaisi otaksutavasti hyvin yksinkertaisia, esimerkiksi ikkunattomia rakennuksia. On siis tärkeää, että kun vertaillaan eri rakennuksia ympäristövaikutusten suhteen, vertailtavaksi otetaan toiminnallisesti samanarvoisia rakennuksia. Käytännössä tämä tarkoittaa, että vertailtavien rakennusten tulee olla yhtä hyviä käytettävyyden, esteettisyyden, äänenieristävyyden, palonkestävyyden jne. suhteen.

Taloudellisilla tekijöillä tarkoitetaan yhteiskunnan rahataloudelliseen toimintaan liittyviä seikkoja, kuten rakennuksissa tehtävien toimintojen tehokkuutta ja tuottavuutta, joiden tulee myös olla samalla tasolla, kun vertaillaan relevantisti eri rakennusten ympäristövaikutuksia keskenään.

Kuten edellä esitetystä käy ilmi, rakennusten ympäristövaikutukset ovat hyvin moninaiset. Aivan kaikkien eri tekijöiden huomioon ottaminen ei ole siten tarkoituksenmukaista tai ehkä edes mahdollistakaan. Käytännön tason tarkasteluun on mielekästä ottaa ympäristön kannalta merkittävimmät vaikutukset.

Nykykäsitöksen mukaan ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät ympäristövaikutukset kuuluvat ylivoimaisesti tärkeimpään tarkasteltavaan ryhmään.

Tällöin puhutaan käytännössä kasvihuonekaasupäästöistä, ja tältä osin ympäristövaikutukset voidaan esittää rakennuksen elinkaaren aikana syntyvän ns. hiilijalanjäljen muodossa.

Toinen keskeinen, mutta kuitenkin selvästi vähempimerkityksinen asiakokonaisuus on resurssitehokkuus, eli luonnonvarojen tarkoituksenmukainen käyttö. Ollakseen tarkasteluna mielekäs, luonnonvarojen kulutusta tulee aina punnita suhteessa niiden riittävyteen. Suurina määrinä tarjolla olevia luonnonvaroja voidaan käyttää selvästi vapaammin kuin sellaisia, joista on niukkuutta. Mitä taas tulee rakennustuotteiden paikallisuuteen, tuotteen hiilijalanjälki ottaa huomioon rakennustuotteiden ja niiden raaka-aineiden kuljetuksesta syntyvät ympäristövaikutukset.

Tässä esityksessä käsitellään betonirakentamiseen liittyviä ympäristövaikutuksia edellä mainituista näkökohdista. Koska ympäristövaikutuksia joudutaan vääjäämättä kuvaamaan melko epähavainnollisilla mittareilla, esimerkiksi elinkaaren kasvihuonekaasupäästöillä asunoneliometriä kohden vuodessa ($\text{kg-CO}_2/\text{m}^2\text{a}$), tässä esityksessä pyritään suhteuttamaan myös eri asioiden mittaluokkia toisiinsa.

Materiaalien valmistuksen päästöt

Sementti

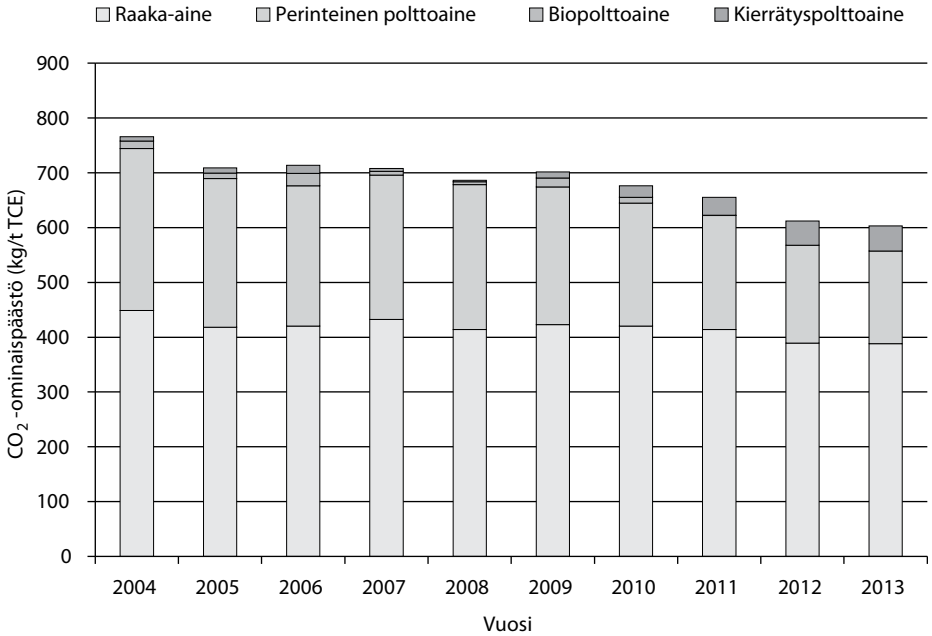
Betonirakentamisen päästöt syntyvät pääosin betonin sideaineen, sementin valmistamisesta. Runsaasti raudoitusta ja erityisesti jänneraudoitusta sisältävissä rakenteissa myös raudoitusmateriaalin valmistamisesta syntyvästä päästöistä on merkitystä. Tätä käsitellään jäljempänä.

Sementin valmistaminen tarkoittaa kalkkipitoisen kiviaineksen kuumentamista eli ns. polttoa erityisessä sementtiuunissa. Prosessissa kiviaines sulaa ja sen komponentit reagoivat keskenään muodostaen ns. sementtiklinkkeriä. Klinkkeri sekä seosaineet jauhetaan sementiksi, joka toimii betonin sideaineena yhdessä veden kanssa.

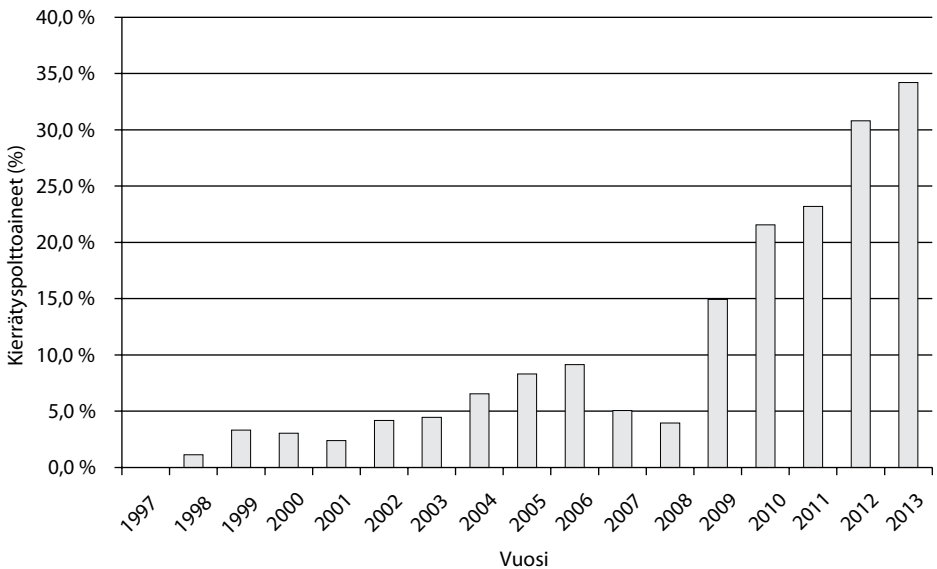
Sementin valmistamisen kasvihuonekaasupäästöt syntyvät paitsi kiviaineksen kuumentamiseen tarvittavan energian tuottamisesta, myös kalkkikiven kalsinaatiosta eli hiilipitoisen karbonaatin muuttamisesta kuumennettaessa oksidiksi ja sen myötä tapahtuvasta hiilidioksidin vapautumisesta.

Kalkkikivestä vapautuu hiilidioksidia noin 400 kg/klinkkeritonni. Eurooppalainen sementtiteollisuus kuuluu päästökaupan piiriin, joten sen kasvihuonekaasupäästöt tunnetaan tarkasti.

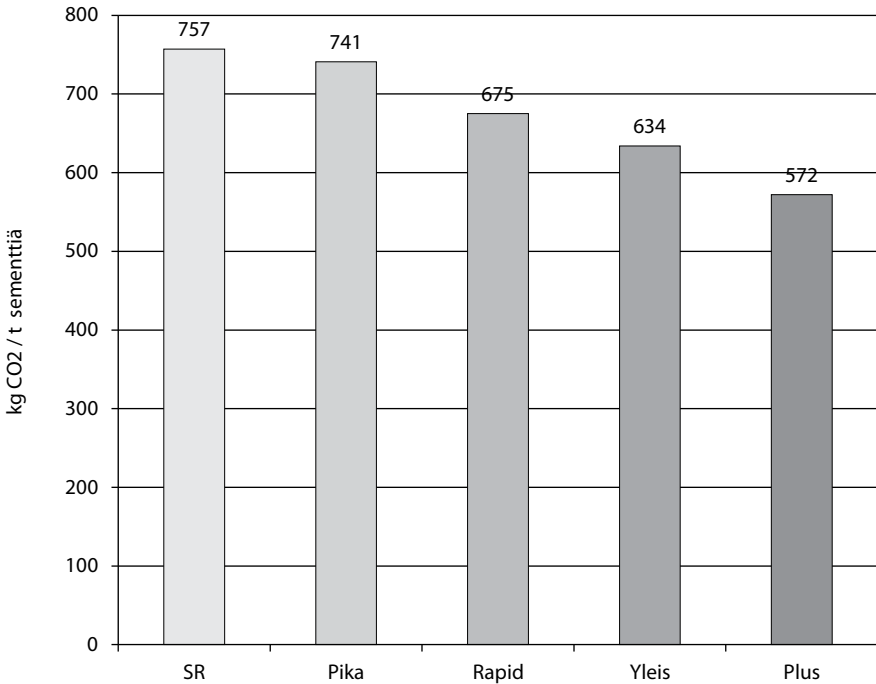
Sementin valmistamiseen käytetyn energian hiilidioksidipäästö riippuu käytetystä polttoaineesta. Perinteisesti sementin polttamiseen on käytetty kivihiiltä, mutta sitä on pyritty korvaamaan jo pitkään



Kuva 1. Suomalaisen sementin valmistuksen hiilidioksidipäästöjen kehitys sementtitonnia kohti [4].



Kuva 2. Kierrätys- ja biopolttoaineiden osuus suomalaisen sementin tuotannossa [4].



Kuva 3. Finnsementti Oy:n sementtien (Lappeenrannan tehdas) hiilidioksidipäästöt vuonna 2013 sementtitonnia kohti sementtilaaduittain esitettyinä.

sekä taloudellisista että nykyisin myös ympäristösyistä erilaisilla kierrätys- ja biopolttoaineilla. Näitä ovat mm. autonrengasmurske ja lihaluujauho.

Betonin hiilidioksidipäästöön vaikuttaa siihen käytetty sementtimäärä ja -tyyppi. Nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että tavanomaisen rakennebetonin hiilidioksidipäästö on noin 150 kg/m³ eli noin 60 kg/tn. Betonin hiilidioksidipäästöön voidaan vaikuttaa valitsemalla käyttöön ns. vihreä betoni, joka sisältää normaalia seosainepitoisempaa sementtiä sekä ylipäättään käyttämällä alhaisemman lujuusluokan betoneita. Näillä keinoin betonin hiilidioksidipäästöjä voidaan alentaa tapauksesta riippuen noin 25–50 % edellä mainitusta ns. normaalitasosta.

Sementin valmistus edustaa päästönä samaa luokkaa mm. maatalouden lannankäsittelyn ja ns. kylmäaineiden käytön kanssa. Kotieläinten ruuansulatus ja kaatopaikkojen päästöt ovat molemmat määrältään noin kaksinkertaisia sementin valmistukseen verrattuna, puhumattakaan liikenteen noin 20 %:n ja energianteollisuuden yli 30 %:n päästösuudesta.

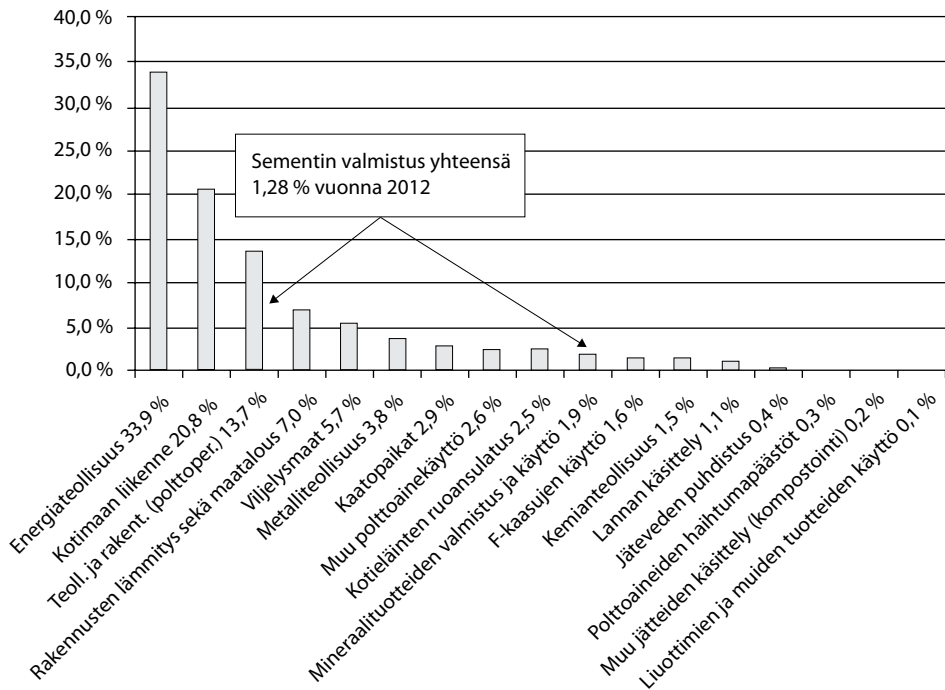
Sementin päästö voidaan myös monista muista päästölajeista poiketen nähdä perustellusti inves-

tointina. Sementin avulla saadaan aikaan tuotteita, jotka palvelevat yhteiskuntaa vähintään useita kymmeniä vuosia ellei jopa vuosisatoja.

Teräs

Suomessa käytettävä betoniteräs on pääosin ns. romupohjaista, eli teräs on valmistettu kierrätysraaka-aineesta. Romun käyttö malmin sijasta teräksen raaka-aineena alentaa merkittävästi valmistuksen hiilidioksidipäästöä. Romupohjaisen harjateräksen kasvihuonekaasupäästö taso on noin 400 kg-CO₂/tn [5]. Jänneteräs sen sijaan valmistetaan pääosin suoraan rautamalmista, joten sen valmistuksen aiheuttama päästö on selvästi korkeampi, noin 1000 kg-CO₂/tn.

Suomalaisen betoniteollisuuden käyttämän betoniteräksen päästöt olivat vuonna 2012 noin 15 % kyseisiin tuotteisiin käytetyn sementin valmistuksen päästöihin verrattuna [6]. Tämän perusteella voidaan todeta, että teräksen valmistuksen päästö edustaa melko pientä osaa teräsbetonirakenteen päästöistä. Tämä koskee erityisesti asuinrakentamisessa yleisesti käytettäviä ontelolaattoja ja seinäelementtejä, jotka sisältävät verraten vähän raudoitus-



Kuva 4. Suomen kasvihuonekaasujen päästöjakauma vuonna 2012. Sementin valmistuksen yhteensä 1,28 %:n päästöosuus jakaantuu polttoaineperäiseen ja prosessiperäiseen osuuteen.

ta. Näissä tuotteissa raudituksen päästöosuuden voidaan arvioida olevan alle 10 % sementin aikaansaamasta päästöstä.

Muut päästöt

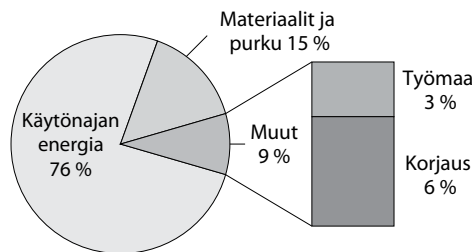
Hiilidioksidipäästöjen ohella sementin valmistus tuottaa myös rikkidioksidi-, typen oksidi- ja hiukkas- eli pölypäästöjä. Kaikkien näiden päästöjä on pystytty leikkaamaan viimeisen 20 vuoden aikana merkittävästi: rikkidioksidipäästö on pudonnut noin kolmasympännesosaan, tasolle 0,05 kg/sementti-tn, hiukkaspäästöt noin kahdeskymmenesosaan, tasolle 0,04 kg/sementti-tn ja typen oksidien päästöt alle viidesosaan, tasolle 1,35 kg/sementti-tn [4]. Näistä sekä rikkidioksidin että hiukkasten päästöjä voidaan pitää lähes merkityksettömän alhaisina. Lisäksi niiden edelleen vähentämisen kustannus saavutettuun hyötyyn nähden on korkea. Sen sijaan typen oksidien määrää voidaan edelleen alentaa, joskin sementin valmistuksen osuus typen oksidien päästöistä on vain noin 1 % Suomen kokonaispäästöstä pääosan syntyessä polttopohjaisesta energiantuotannosta sekä liikenteestä.

Materiaalivalintojen vaikutus rakennuksen päästöihin

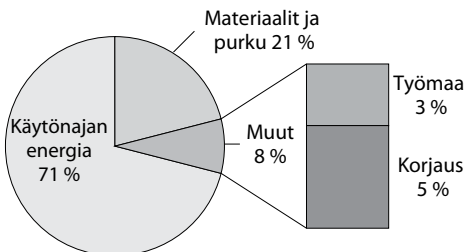
Kuten edellä on todettu, rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia voidaan arvioida relevantisti vain rakennuksen tasolla. Lisäksi tarkastelu tulee tehdä koko elinkaaren ajalta, eli rakennustuotteiden valmistuksesta aina rakennuksen purkamiseen, materiaalin uudelleenkäyttöön tai loppusijoittamiseen saakka.

Yksi ensimmäisiä rakennuksen koko elinkaaren kattavia vertailuja, jossa on otettu huomioon suomalaiset olosuhteet, on Sitran teettämä selvitys 63 [7]. Siinä on verrattu Heinolaan vuonna 2012 rakennetun puukerrostalon päästöjä tiloiltaan samanlaiseen virtuaaliseen betonikerrostaloon. Selvityksen tulokset havainnollistavat hyvin paitsi rakennusmateriaalivalintojen, myös muiden tekijöiden vaikutusta rakennuksen elinkaaren päästöihin. Selvityksen mukaan puutalon elinkaaren päästöt olivat yhteensä 9,4 kg-CO₂/m²,a ja betonitalon päästöt 10,0 kg-CO₂/m²,a.

Puutalon päästöt 100 vuodessa



Betonitalon päästöt 100 vuodessa



Kuva 5. Puisen ja betonisen passiivitasoisen asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki ja sen jakauma lähteittäin [7]. Kuvasta voidaan todeta, että ylivoimaisesti suurin osa rakennuksen elinkaaren päästöistä syntyy sen käytön aikana, rakennuksen lämmittämisestä, jäähdyttämisestä ja ns. kiinteistö sähköstä sekä huoltamisesta ja korjaamisesta.

Selvityksen kohteena olleissa rakennuksissa käyttövaihe edustaa noin kolmea neljäsosaa koko päästöstä. Näin on, vaikka tarkasteltavat rakennukset ovatkin erittäin vähän energiaa kuluttavia ns. passiivitaso rakennuksia ja vaikka laskelmissa on oletettu, että energiantuotanto muuttuu kokonaan päästöttömäksi rakennuksen käytön aikana. Tavanomaisessa, Suomen rakentamismääräyskokoelman minimivaatimusten mukaan rakennetussa kerrostalossa käytön osuus on vielä selvästi tätäkin suurempi.

Selvityksen mukaan rakennusmateriaalin vaihtaminen toiseen saa tässä tapauksessa aikaan noin 6 %:n muutoksen hiilijalanjäljessä. Huomionarvoista betoniratkaisun kannalta on, että puurakentamislähtöinen selvitys ei ottanut huomioon betonirakentamiseen liittyviä mahdollisuuksia pienentää hiilijalanjälkeä. Näitä ovat mm. seuraavat:

- Vähähiilisen ns. vihreän betonin hyödyntäminen: n. -0,3 kg-CO₂/m²a.
- Rakenteiden suuremmasta termisestä massasta johtuva lämpökuormien tasauskyky ja siitä johtuva pienempi lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutus: n. -0,3 kg-CO₂/m²a.
- Hiilen sitoutuminen takaisin betonin karbonatisoitumisen myötä rakennuksen käytön aikana: n. -0,1 kg-CO₂/m²a.
- Betonirakenteiden hoikkuudesta johtuva pienempi vaippapinta-ala ja siten pienempi lämmitysenergian kulutus: n. -0,1 kg-CO₂/m²a.

Lisäksi on todettava, että puurakenteiseksi suunnitellun kerrostalon pohjaratkaisu ei ole optimaalinen betonirakennukselle, mikä lisää materiaalin käyttöä ja heikentää mahdollisesti myös tilatehokkuutta. Tämän vaikutus hiilijalanjälkeen on kuitenkin tapauskohtainen, eikä sen vaikutusta ole selvitetty tässä tapauksessa.

Edellä mainitut erät ovat yhteensä noin -0,8 kg-CO₂/m²a, minkä seurauksena betonirakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki jo alittaa hieman puukerrostalon vastaavan arvon.

Toinen käytettävissä olevista riippumattomista näytöistä rakennusmateriaalin vaikutuksesta rakennuksen hiilijalanjälkeen oli Suomen ilmastoystävällisin kerrostalo 2013 -kilpailu ja sen tulokset [8]. Kilpailun voitto jaettiin betonirakenteisen As.oy Mestaritorpan ja Vantaan asuntomessuille tulevan Rakennusliike Reposen puukerrostalokorttelin kesken, joskin betonisen kerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki oli selvästi puukerrostalon vastaavaa pienempi.

Mitä tulee rakennusten elinkaaren pituuteen, monille rakennuksille suunnittelussa usein sovellettu 50 vuoden käyttöikä on todellisuuteen peitaten epärealistisen lyhyt. Käytännön kokemukset osoittavat, että 50 vuoden käyttöikä tulee kyseen lähinnä teollisuuden ja kaupan rakennuksissa. Asuin- ja toimistorakennuksiin sekä julkiseen rakentamiseen on syytä soveltaa sadan vuoden käyttöikä.

Sekä Sitran selvityksestä [7] että em. kilpailun tuloksista [8] voidaan päätellä, että rakennuksen päästötaso määräytyy käytännössä energiaratkaisujen eli energian tuotantotavan, vaipan ja talotekniikan energiatehokkuuden sekä arkkitehtuurin perusteella. Jälkimmäiseen vaikuttavat erityisesti tilatehokkuus, ikkunapinta-ala, rakennuksen suuntaus ja massoitelu. Selvitysten mukaan rakennuksen runkomateriaalin vaikutus rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen on marginaalinen. Ei siis ole perusteltua tehdä materiaalivalintojen johdosta kompromisseja esim. rakennuksen toiminnallisuuden, pitkäaikaiskestävyyden tai muiden käyttöön tai muuntojoustavuuteen vaikuttavien tekijöiden suhteen.

Resurssitehokkuus

Resurssitehokkuudella tarkoitetaan luonnonvarojen mahdollisimman tarkoituksenmukaista hyödyntämistä ja aivan erityisesti sitä, että tarkasteltavasta toiminnasta syntyy mahdollisimman vähän ja mahdollisimman haitatonta jätettä. Optimitalouksessa rakentamisesta, korjaamisesta tai purkamisesta yli jäävä materiaali voidaan käyttää uudelleen sellaisenaan tai toissijaisesti uusiomateriaalina. Viimesijaisia vaihtoehtoja ovat jätteen energiahyödyntäminen ja kaatopaikkasijoitus.

Keskeinen osa resurssitehokkuutta on rakennuksen käyttöikä. Pitkäikäinen rakennus tai rakennusosa on lähtökohtaisesti lyhytikäistä resurssitehokkaampi, koska luonnosta otetut materiaalit palvelevat pidempään ja purkujätettä syntyy vastaavasti harvemmassa syklistä.

Betonirakentamisen tapauksessa rakenteiden käyttöikä voidaan suunnitella ja toteuttaa halutun mittaiseksi. Betoni on toistaiseksi ainoa rakennusmateriaali, jolle on olemassa yleisesti hyväksytty käyttöikämitoitusmenettely [9].

Käyttöikäkysymysten suhteen on hyvä muistaa, että suunnittelun pohjana pidettävät käyttöiät edustavat ns. 5 %:n fraktiilia. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi 50 vuoden suunniteltu käyttöikä tarkoittaa sitä, että 5 % osuudessa rakenteista on korjaustarvetta 50 vuoden iässä, kun taas keskimääräinen rakenne kestää samoilla suunnitteluparametreilla toteutettuna yli 150 vuotta. Lisäksi on huomattava myös, että rakennusten käyttöikä ei riipu yksin niiden teknisestä kestävyydestä vaurioitumista vastaan. Yhä useammin käyttöikä rajoittaa se, että toiminta muuttuu alun perin suunnitellusta, eikä muuttunut toiminta sovi enää syystä tai toisesta rakennukseen. Se tuo rakennukselle ja sen rakenteille haasteen kyetä muuntumaan uusiin käyttö-tarkoituksiin.

Betonirakenteilla on usein kyky vastata muuntojoustavuudellaan resurssitehokkuuden haasteeseen. Rakenteiden lujuus ja sen myötä mahdollistuvat pitkät jännevälit, hyvä ääneneristävyyys ja kosteuden- sekä palonkestävyys ja lisäksi verraten helppo vahvistaminen mahdollisesti kasvavia kuormia vastaan edesauttavat betonirakenteisen rakennuksen muuntamista uusiin käyttötarkoituksiin.

Mitä tulee betonirakenteisiin käytettäviin luonnonvaroihin, yli 90 % betonirakenteiden massasta on kiviainesta ja vettä, koska sementti on käytännössä myös puhtaasti kiviainespohjainen materiaali. Näiden molempien materiaalien riittävyys Suomessa on erinomainen. Suomessa on globaalistikin arvioituna sekä määrällisesti että laadullisesti arvioituna erinomaiset hiekka-, sora- ja kalliokiviainesvarat. Myös betonin valmistukseen

käytettävän makean veden riittävyys on erinomaisen.

Suomessa käytettävästä kiviaineksesta valtaosa, noin 90 % käytetään infrarakentamiseen: katuihin, rakennusten perustamiseen ja ympäristörakentamiseen sekä asvalttiin [6]. Betonin valmistamiseen käytetään vain noin 10 % kaikesta otettavasta kiviaineksesta. Perustustöiden sekä muun infrarakentamisen suurta osuutta kiviainestärkeestä selittävät osaltaan sekä maamme pitkät etäisyydet että rou-taan varautuminen.

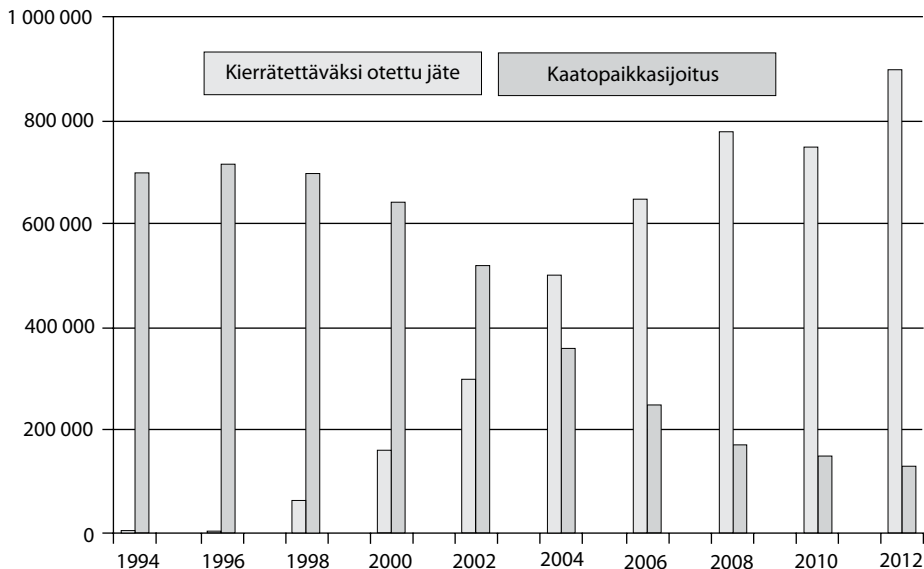
Kiviainesten ottoa pidetään monesti luonnon-ympäristöä rumentavana. Uusimpien tutkimusten mukaan juuri kiviainesten ottoapaikat ovat kuitenkin niitä harvoja luonnonympäristöjä, jotka tarjoavat lentokenttien ja puolustusvoimien harjoitusampuma-alueiden lisäksi avoimen tilan elinympäristöjä monille maatalouden rakennemuutoksen myötä uhanalaisiksi muuttuneille eläin- ja kasvilajeille[10]. Esimerkiksi kiviainestoitmittaja Rudus Oy on sitoutunut hoitamaan kiviainestoitintaansa niin, että luonnon monimuotoisuus on kiviaineksen ottoalu-eilla suurempi toiminnan päätyttyä kuin ennen sen aloittamista.

Kiertotalous

Kuten jo edellä on todettu, resurssitehokkuuden keskeinen tavoite on jätteen määrän vähentäminen uudelleen käyttämällä ja kierrättämällä. Betonirakenteiden osien uudelleenkäyttöä sellaisenaan on tutkittu ja kokeiltu [11]. Parhaiten betonisten rakennustuotteiden uudelleenkäyttö onnistuu suurimpien ja pienimpien rakennustuotteiden tapauksessa. Hallimaisten rakennusten runkoja voidaan suhteellisen helposti purkaa ja käyttää mm. TT-laatat, pilarit ja palkit uudessa rakennuksessa. Käytännössä tulee kysymyksen lähinnä koko rakennuksen siirtäminen uuteen paikkaan tai sen osien



Kuva 6. Betonimurskeen käyttöä tienrakentamisessa.



Kuva 7. Kierrätykseen otetut ja kaatopaikalle sijoitetut betonijätetonnit 1994–2012 [12].

hyödyntäminen niiden pohjalta suunnitellussa uudessa rakennuksessa. Betonisten päällystekivien tapauksessa uudelleenkäyttö onnistuu myös helposti.

Useimmissa tapauksissa rakennusten purkubetoni ja betoniteollisuuden ylijäämäbetoni kierrätetään uusiomateriaaliksi. Tämä tarkoittaa, että betonirakenteet murskataan, betoniteräksiset erotellaan sulatettavaksi ja betonimurske käytetään kiviaineksenä infrarakentamisessa. Murskattua kiviainesta ei ole syytä käyttää betonin valmistukseen, koska materiaalin huokoisuus ja siitä johtuva vedenimu ovat betonin laadun kannalta epäedullisia ominaisuuksia. Kierrätyskiviaineksen käyttö johtaa helposti sementtimäärän kasvamiseen ja työstettävyyden heikkenemiseen, mitkä ovat haitallisia seurauksia ympäristöominaisuuksien kannalta.

Alalta ei ole käytettävissä täysin kattavaa tilastointia, mutta betonirakenteiden kierrätyksen osuuden purettava ja rakennusaikainen ylijäämäbetoni huomioon ottaen arvioidaan olevan noin 80 % [12].

Betonin murskauspohjainen kierrätys toimii markkinaehtoisesti ilman yhteiskunnan tukea, koska betonimurskeesta valmistettu kierrätyskiviaines on kysytty tuote maarakentamisessa. Tämä johtuu sekä tuotteen edullisesta hinnasta luonnon kiviainekseen nähden että hyvistä käyttöominaisuuksista. Betonimurskepohjainen kiviaines lujittuu maassa, joten sillä voidaan saada aikaan sama kantavuus keskimäärin noin kolmanneksen ohuemalla ker-

rospaksuudella kuin luonnon murskeella. Tämä on resurssitehokkuuden kannalta merkittävä asia, koska käyttämällä kiviaines betonin valmistamiseen ja kierrättämällä se elinkaarensa päässä takaisin kiviainekseksi voidaan säästää neitseellisiä kiviainesvarjoja.

Betoniteollisuus kierrättää tuotannossaan syntyvän myllyjen ja autojen pesuveden betonin valmistukseen. Teräshukat luonnollisesti kierrätetään ja pääosa eristehukasta palautuu valmistajille käytettäväksi raaka-aineena. Muoteista syntyvä puujäte murskataan ja hyödynnetään energiantuotannossa. Kaatopaikkasijoitukseen päätyy siten hyvin pieni määrä materiaalia, joka on lähinnä pakkausjätettä.

Betonin valmistuksessa hyödynnetään merkittävä määrä muun teollisuuden sivuvirtoja. Tärkeimmät näistä ovat sementin seosaineena käytettävät masuunikuona, jota käytetään vuosittain noin 200 000 tn ja lentotuhka, jonka käyttömäärä on noin 120 000 tn/a.

Masuunikuona on terästeollisuudessa syntyvää kalsium- ja piipitoista sulanutta kiviainesta ja lentotuhka taas kivihiilivoimalaitosten savukaasuista puhdistettavaa, kivihiilen palamatonta piipitoista osuutta. Kumpikin materiaali omaa hyvyn muodostaa lujuutta sementin emäksisyyden vaikutuksesta, joten niillä voidaan korvata osa sementistä. Masuunikuonaa ja jauhetta kalkkikiveä käytetään myös joidenkin sementtien osa-aineena.

Yhteenveto

Rakennusten ympäristövaikutukset kertyvät valtaosin rakennusten energiankäytöstä niiden elinkaaren aikana. Rakennusmateriaalien valmistuksen osuus edustaa noin 10–20 %:n luokkaa rakennuksen elinkaaren aikaisista kasvihuonekaasupäästöistä, riippuen rakennuksen energiatehokkuudesta. Tehtyjen selvitysten valossa rakennuksen runkomateriaalilla ei ole käytännössä vaikutusta rakennuksen ympäristövaikutuksiin. Rakennuksen ympäristövaikutukset määräytyvät pitkälti energian tuotantotapoihin ja energiatehokkuuteen vaikuttavien ratkaisujen kuten vaipan lämmöneristyksen, talotekniikan sekä rakennuksen massoittelun, suuntauksen ja ikkunoiden sijoituksen myötä.

Betoniin liittyviä merkittäviä etuja ympäristöystävällisyyden suhteen ovat pitkä ja suunniteltavissa oleva käyttöikä ja muuntojoustavuus sekä toimiminen merkittävänä osana kiertotaloutta mm. purkujätteen tehokkaan kierrätyksen ja muun teollisuuden sivuvirtojen merkittävän hyödyntämisen kautta.

Lähdeviitteet

- [1] Betonirakenteiden ympäristöominaisuudet. Suomen Betonitieto Oy, 2007.
- [2] Maankäyttö- ja rakennusasetus, 1999.
- [3] CEN/TC 350 – Sustainability of construction works, 2010 – 2014, CEN.
- [4] Ympäristöraportti 2014, Finnsementti Oy, 2014.
- [5] EPD, Kuumavalssattu harjateräs, Celsa Steel Service Oy, 2013.
- [6] Rakennusteollisuus RT ry:n tilastot.
- [7] Panu Pasanen, Juho Korteniemi ja Anastasia Sipari. Passiivitason asuinkerrostalon elinkaarren hiilijalanjälki – Tapaustutkimus kerrostalon ilmastovaikutuksista, Sitra selvityksiä 63, 2012.
- [8] Tiedote osoitteessa <http://figbc.fi/haaste2013/>.
- [9] Betoninormit by 50, Suomen Betoniyhdistys ry, 2012.
- [10] Pertti Rassi, Esko Hyvärinen, Aino Juslén, Ilpo Mannerkoski. Suomen lajien uhanalaisuus, SYKE ja YM 2010.
- [11] Petr Hradil. Barriers and opportunities of structural elements re-use. Research report VTT-R-01363-14, Espoo 2014.
- [12] Rudus Oy:n tilasto.

Alvar Aalto Architect - Paimio Sanatorium 1929 - 33. Volume 5

Alvar Aalto -säätio

Paimion parantola oli heti valmistuttuaan kansainvälinen menestys, joka loi perustan Alvar Aallon maineelle yhtenä maailman merkittävimmistä moderneista arkkitehteista. Monipuolinen kuvitus historiallisista kuvista ja alkuperäispiirustuksista uusiin värikuviin luo hienon kokonaiskuvan tästä funktionalistisen arkkitehtuurin helmeistä.

Rakennustieto Oy, 2014

ISBN: 978-952-267-074-8 (kovakantinen)

184 s., englanninkielinen.

Saatavana myös pehmeäkantisena.

ISBN 978-951-682-954-1

Tilaukset verkkokaupasta www.rakennustietokauppa.fi tai

RT kirjakaupoista: Helsinki puh. 0207 476 366, Kuopio 0207 476 494.



RAKENNUSTIETO