



2 2025

betoni



GRAFT teki talon itselleen.

Patricia Painejad

Betoni 95. vuosikerta – volume
Ilmestyy 4 kertaa vuodessa
Tilaushinta 56 euroa (+ alv 10%)
Irtonumero 15 euroa (+ alv 10%)
Painos 14 000
ISSN-L 1235-2136
ISSN 1235-2136 (painettu)
ISSN 2323-1262 (verkkójulkaisu)
Aikakausmedia ry:n jäsen

Toimitus – Editorial Staff
Päätoimittaja – Editor in chief
Maritta Koivisto, arkkitehti SAFA
Taitto – Layout
Cleo Bade
Maritta Koivisto

Käännökset – Translations
Tiina Hiljanen
Osa käännöksistä yliopistojen ja
erikoistutkijoiden kautta

Tilaukset, osoitteenmuutokset:
betoni@betoni.com
BY-, BLY-, RIA-, RIL-, RKL-, SAFA-,
VYRA-, Ornamo, MARK-, MAS-,
-jäsenet omiin järjestöihinsä

Julkaisija ja kustantaja – Publisher
Betonteollisuus ry –
Association of Concrete Industry
in Finland
PL 381, Eteläranta 10, 10 krs.
00130 Helsinki, Finland
tel. +358 (0)9 12 991
www.betoni.com

Toimitusneuvosto – Editorial board
Arkkitehti SAFA Ville Hara
Maisema-arkkitehti Pia Kuusiniemi
RI Petri Kähkönen
Tkt Jukka Lahdensivu
DI Ari Mantila
Tkt Jussi Mattila
EMBA Kirsi Mettälä
Tkt Jouni Punkki
Tkt, arkkitehti SAFA Hannu Tikka
DI Mirva Vuori

Ilmoitukset – Advertising Manager
Nina Loivalo
tel. +358 50 368 9072
nina.loivalo@rakennusteollisuus.fi
Ilmoitukset:
betoni@betoni.com

Kirjapaino – Printers
Punamusta, Joensuu

Kansi – Cover
Hessundinsalmen silta, Parainen.
Kuva: Janne Kihula, RTT, 2025.

Kirsi Martinkauppi	Pääkirjoitus – Vastuullista betonia <i>Preface – Responsible concrete</i>	7
Tarja Nurmi	GRAFT teki talon itselleen <i>GRAFT</i>	8
Dakota Lavento	Hessundinsalmen näyttävä vinojalkainen kehäpalkkisilta Paraisilla <i>Hessund Strait bridge in Parainen</i>	18
Dakota Lavento	Betoni on tärkeässä osassa tuulivoimalan elinkaarta <i>Dismantling and recycling of wind farms</i>	30
Joni Avikainen	Artikkelisarja julkisivukorjaamisesta Osa 3/4: Korjausten sisällön optimointi julkisivuhankkeessa	40
Martti Matsinen	Uusi Betonilattioiden pinnoitusohje BY77 – BLY20	50
Sami Niemi & Aaro Happonen	Uutta tietoa betonin kosteudensiirto-ominaisuuksista – vähähiiliset toimivat betonilattiat <i>Summary of the main results of the low -carbon requirements of concrete floors project</i>	58
Jouni Punkki	Vähähiilisen betonin tiekartta <i>Abstract</i>	66
Teemu Alaluusua & Janne Kihula	Betonielementtien tuotantoketjun digitalisointi	74
Vesa Tompuri	Paaluinfo 1-2025: Uusi opas sujuvoittaa paalutusprosessia	78
Auli Lastunen	Kolumni – Halvalla saa halkeamia	81
Dakota Lavento	Henkilökuvassa Sini Ruokonen	82
Betoni-toimitus	Betonialan uutisia, julkaisuja, kursseja	86
	Betoniteollisuus ry:n jäsenyritysten tuote- ja valmistajatietoja	88



8 GRAFT teki talon itselleen



30 Betoni tuulivoimalan elinkaareissa



18 Hessundinsalmen silta

**POHJOLAN PARHAITA
BETONIELEMENTTEJÄ**



ASKELEEN EDELLÄ RAKENTAMISESSA

 Betoniluoma

www.betoniluoma.com



AUTAMME BETONITEOLLISUUTTA VÄHÄHIILISTYMÄÄN

Kattavasta valikoimastamme löytyy toimivat tuotteet ja ratkaisut betonin koko elinkaaren matkalle tuoreesta betonista loppurakenteen kestävyYTEEN.

Chrysolla on Hyvinkäällä moderni tuotantolaitos, jonka yhteydestä löytyy testauslaboratorio. Jatkuvalle kansainvälisellä ja paikallisella tuotekehityksellä pystymme antamaan teknistä tukea kumppaneillemme kentällä paremman betonilaadun, toimivuuden ja kehityksen saavuttamiseksi.



www.fi.weber/chryso



**Kiinnostaako
vähäpäästöinen betoni?
Ajantasaisimmat tiedot:
vahahiilinenbetoni.fi**

betoni





PIHAKIVET SUORAAN TEHTAANMYYMÄLÄSTÄ

Pihakivet | Laatat | Reunakivet | Muurikivet
Portaat | Kuorikatteet | Mullat | Murskeet

Mullat, kuorikatteet ja hiekat saatavana myös suursäkeissä.

 **BETONILAATTA OY**

KYSY LISÄÄ TAI TILAA:

02 511 8800

myynti@betonilaatta.fi

Avoinna arkisin 7–18

betonilaatta.fi

Sorvarinkatu 3, 20360 Turku



SCHWENK

**Laadukkaat
ja
ympäristöystävälliset
sementit**

SCHWENK Suomi Oy / www.schwenk.fi

**betoni -lehti
95 vuotta**



#hibe

**RAKENTAMASSA
PAREMPAA
HUOMISTA**

Laaduntekijä
elementissään



**PIELISEN
BETONI OY**





SWEROCK

Valmisbetonitoimittajasi

Meiltä saat valmisbetonitoimitukset täsmällisesti ja joustavasti.

Henkilökuntamme auttaa oikeantyyppisen toimituskaluston,
betonilaadun ja toimitusajan valinnassa.

Vahvuutemme on paikallinen ja henkilökohtainen palvelu.

OTA YHTEYTTÄ

Etelä-Suomi

0290 091 093

Kirkkonummi
Lohja
Vantaa Voutila

Länsi-Suomi

0290 091 092

Lieto
Naantali
Salo

Pirkanmaa

0290 091 094

Tampere

Puhelun hinta soittaessa matkapuhelimesta on matkapuhelinmaksu (mpm)
ja lankapuhelimesta paikallisverkkomaksu (pvm).

swerock.fi

Lammi Kuorikivi®

– ammattilaisten tarpeisiin ja toiveisiin



Tutustu ja tilaa: lammi.fi/harkko



VSH-130PRO VÄLISEINÄHARKKO

**Hiottua mittatarkkuutta
rakentamiseen.**

Väliseiniin, joilta vaaditaan
hyvää ääneneristystä.

Lue lisää

www.lakka.fi



Julkisivuremontti 2025 -kilpailu

Oletko ollut mukana onnistuneessa
julkisivuremontissa, joka ansaitsisi
tulla palkituksi hyvänä esimerkkinä.

Julkisivuremontti 2025 -kilpailu on
käynnissä. Katso tarkemmat
kilpailuohjeet osoitteesta:

www.julkisivuyhdistys.fi/kilpailut



Julkisivuyhdistys



Liity jäseneksi
Lisätietoja
www.julkisivuyhdistys.fi

AINOA JA AITO
UMBRA
kemiallinen värjäyskäsittely.

Kemiallisella värjäyskäsittelyllä saadaan kestävä, vivahteikas ja persoonallinen sävy.

Käsittely tehdään imeyttämällä betonipintaan kemikaaleja, jotka reagoivat sementin kanssa. Värisävyt voivat vaihdella pienelläkin alueella. Käsittely ei peitä betonin omaa mineraalista rakennetta.

Umbra -kemiallinen värjäyskäsittely on kestävä ja helppohoitoinen ratkaisu, joka soveltuu sekä uusille että vanhoille betonipinnoille.

Käsittelyt toteuttaa:

ARTBETONI

Vastuullista betonia



1 Kirsi Martinkauppi

Alkukevät on ollut lämmin. Valkovuokot kukkivat ennätysaikaisin. Paavin huhtikuisissa hautajaisissa hikoiltiin helteessä Pietarinkirkon aukiolla. Ilmastonmuutos on käsin kosketeltavissa.

Rakentamiseen käytetään puolet kaikesta maailman materiaalista. Leijonan osa Euroopan rakentamisesta tehdään betonilla. Sen voittokulku on ollut kiistatonta. Jo muinaiset roomalaiset käyttivät sitä ja Cloaca Maxima toimii edelleen osana Rooman viemärijärjestelmää. Roomalaiset jättivät jälkensä rakentamisen historiaan. Niin teemme mekin.

Euroopan unioni pyrkii taklaamaan ilmastonmuutoshaastetta lainsäädännöllä. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) viimeisin muutos edellyttää GWP:n (global warming potential) laskentaa ja rakennusten energiatehokkuuden parantamista entisestään. Kaikkien rakennusten pitäisi olla päästöttömiä vuonna 2030. EPBD:n implementointi eli käyttöön saattaminen on parhaillaan menossa. Ensimmäisenä lausunnolle ehti rakentamislain muutos, jossa määritellään mm. päästötön rakennus ja täsmennetään asetuksenantovaatimuksia. Suomessa lainsäädäntöpaketti käsittää noin 15 säädösmuutosta ja yhden kokonaan uuden lain. Ensimmäisiä asetuksia odoteltiin lausunnolle vapun tienoilla.

Rakennustuotteiden valmistajien on sovellettava uutta EU:n rakennustuoteasetusta (CPR) tammikuussa 2026. Valmistajien on ryhdyttävä laskemaan tuotteiden hiilijalanjälki sitä mukaa, kun standardeja saadaan muutettua. Standardeja muutetaan CPR Acquis-työssä, jossa jäsenvaltioiden asiantuntijat pääsevät vaikuttamaan vaatimusten sisältöön. CPR asettaa vaatimuksia myös julkisia hankintoja tekeville tahoille: rakennustuotteista pitäisi valita vihreä versio, jos sellainen on saatavilla. Uusi CPR mahdollistaa aiempaa paremmin rakennustuotteiden uudelleen käytön, kun harmonisoituihin tuotestandardeihin voidaan sisällyttää tavat ilmoittaa myös uudelleen käytettävien rakennustuotteiden ominaisuudet.

Myös Suomessa hallitus torjuu ilmastonmuutosta lainsäädännöllä. Uusi rakentamislaki tuli voimaan tammikuun alussa. Hiilijalanjäljen laskeminen alkaa tammikuussa 2026 haettaviin rakentamislupiin. Ympäristöministeriön asetus ilmastaselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta on annettu. Raja-arvoasetus oli lausunnolla lausuntopalvelussa 5.5.2025 saakka.

Rakennusala on myös ryhtynyt toimiin. Betoni-lehden edellisessä numerossa 1/2025 kerrottiin BY-vähähiilisyysluokituksista ja -laskurista. On tärkeää, että tarjolla on näppärä laskuri betonin hiilidioksidipäästöjen laskentaan.

Alati kiristyvässä säädösviidakossa betonin hiilijalanjäljen määrällä on ratkaiseva merkitys, sillä betonia käytetään rakentamisessa niin paljon. Tarve uusille innovaatiolle ja vähähiiliselälle betonille on olemassa. Rakentamisessa vallitseva suhdannetilanne mahdollistaa pohdintaa. Miten haluamme rakentaa tulevaa? Kaikki laskusuhdanteet ja kaikki sodat päättyvät joskus. Sotia seuraa jälleenrakennus ja laskusuhdannetta nousukausi. Eipä aikaakaan, kun taas rakennetaan. Suuri kysymys on, kuinka se tehdään vastuullisesti, tulevat sukupolvet ja ilmastonmuutoksen torjunta huomioon ottaen. Kuinka suuren kilpailuedun tuolloin saavat markkinoilla ne valmistajat, jotka tuottavat betoninsa vastuullisesti? Kestääkö vihreä betoni sukupolvelta toiselle ja jääkö se muistomerkiksi ajasta, jolloin ilmastonmuutos saatiin hallintaan?

Kirsi Martinkauppi

vastuullisuusjohtaja, Rakennustuteteollisuus RTT

Responsible concrete

About half of all the material is used for building in the world. In Europe, the majority of building is based on the use of concrete. Its triumph has been indisputable. Concrete was used already by the ancient Romans. And we use it, too.

The European Union is trying to tackle the climate change challenge through legislation. The most recent amendment to the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) makes it compulsory to calculate the GWP (global warming potential) and further improve the energy efficiency of buildings. All buildings are expected to be emission-free in 2030. The implementation of the EPBD is currently underway in Finland. The first one to reach the consultation stage is the amendment to the Building Act which provides the definition of an emission-free building and more specific requirements for the issuance of decrees.

Manufacturers of construction products must begin the application of EU's new Construction Products Regulation (CPR) in January 2026. They are required to start to calculate the carbon footprint of their products as the updating of standards proceeds. CPR also lays down requirements for public procurement: a green version of a construction product should be opted for, where available. The new CPR increases the possibility of reusing construction products.

In Finland, the government fights the climate change with legislation. The new Building Act entered into force at the beginning of January. The calculation of the carbon foot print will start for building permits applied in 2026.

The construction industry has also launched actions. A need exists for new innovations and low-carbon concrete. The economic trend prevailing in construction allows for contemplation. How do we want to build going forward? Economic downturns and wars all end at some point. Wars are followed by reconstruction and downturns by upswings.

Will green concrete last from one generation to the next and will it remain as a memento of the time when climate change was brought under control?

Kirsi Martinkauppi

Director of Responsibility,
Rakennustuteteollisuus RTT

GRAFT teki talon itselleen

Tarja Nurmi, arkkitehti SAFA
arkkivahti@gmail.com

Berliinin entisellä itäpuolella on uusi kuusikerroksinen kaupunkitalo, Graftlab. Se löytyy Invalidenstraßen ja Ackerstraßen kulmasta.

Talo on siitä erikoinen, että arkkitehdit ostivat tontin vuonna 2013 ja suunnittelivat rakennuksen sekä itselleen, noin sadan hengen toimistolle ja muillekin mahdollisille käyttäjille. Riski on tietenkin ollut melkoinen ja erilaisia valintoja onkin jouduttu pohtimaan hartaudella.

Uutenakin talo on vanhaan berliiniläiseen kaupunkitaloperiaatteeseen sopiva, sillä siinä on sekä katutason liiketiloja, työskentelytiloja että kolme suurempaa ja kaksi pienempää asuntoa. Katutasossa se avautuu suoraan jalakäytävälle.

Ulkoa rakennus on melko läpinäkyvä ja varustettu suurin ikkunoin. Sisätilojen valitseva materiaali on suurelta osin puhtaaksi valettu betoni. Katutason pohjakuva näyttää, kuinka rakennuksen pihajulkisivu tunkeutuu hauskaasti kaareutuen suuren korttelin puutarhamaisten sisäosien suuntaan.

Viereinen rakentamaton tontti komeine lehtevine puineen odottelee vielä uudisrakennusta. Graftin rakennus on toiselta puoleltaan kiinni berliiniläisseurakunnan omistaman suojellun kaupunkikivitalon palomuurissa. Sen naapurissa on arkkitehti *Karl Friedrich Schinkel*in suunnittelema kaunis kirkko, Elisabethkirche 1830-luvulta. Pohjoisreunalla osin puistomaista korttelia rajaava Elisabethkirchstraße käsittää eri-ikäistä rakennuskantaa ja talojen arkkitehtuurin tyyli vaihtelee.

Graftin omiin tiloihin pääsee suoraan kadulta, mutta varsinainen toimiston sisään-tuloaula on taaempana. Eteistilasta pääsee suoraan myös tilavaan hissiin sekä käytävän

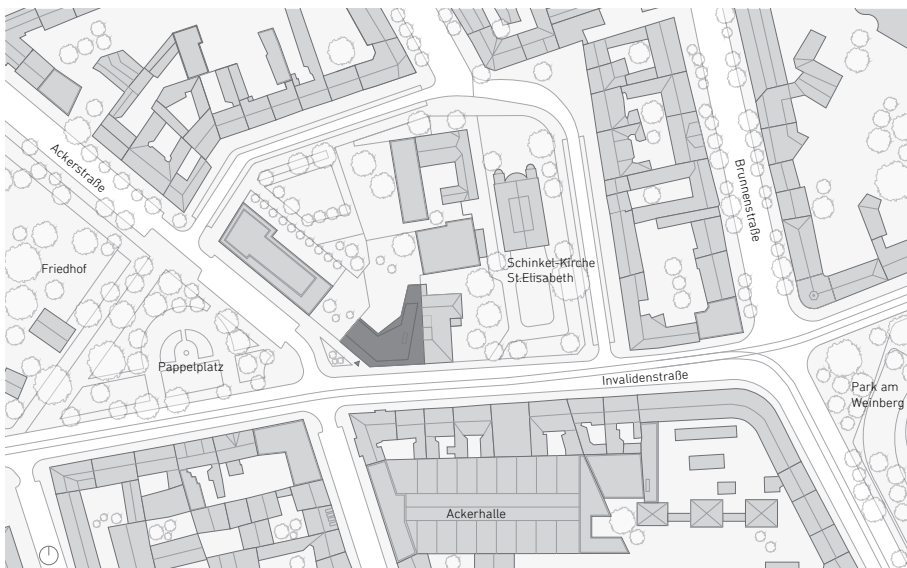
kautta talon ainoaan porraskäytävään. Portaikko on jätetty kokonaan betoniseksi ja sitä kautta on kulku sekä toimisto- että asuintiloihin.

Sisäänkäynti Graftlab-tunnuksineen erottuu hyvin lasisessa ja metallisessa julkisivussa, mutta arkkitehdit ovat halunneet toteuttaa sen molemmille puolille myös liiketilaa. Pääsisäänkäynnistä oikealla on kaksikerroksinen taidegalleria ja vasemmalla liiketila, jossa voi olla melkein mitä vaan, vaikkapa kahvila.

1 Asemapiirros.

2 Julkisivu kadun puolelta.

3 Julkisivu pihan puolelta.



1



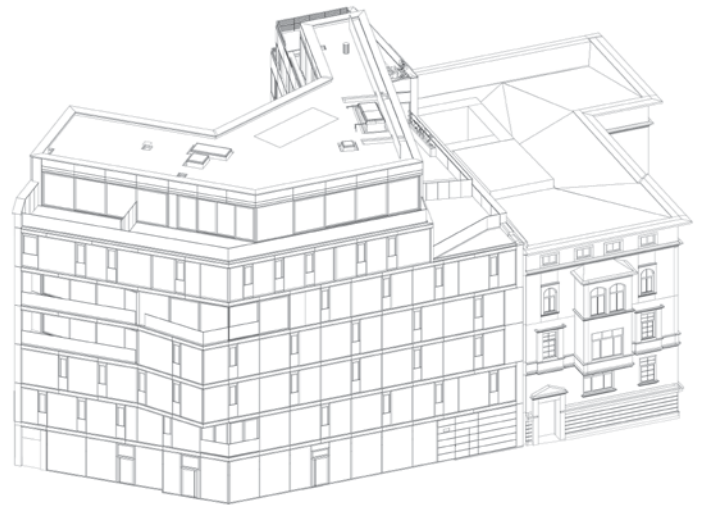


GRAFTLAB

Invalidenstrasse



5 Aksonometria pihan puolelta



6 Aksonometria kadun puolelta

Kadulta katsoen julkisivun oikeassa reunassa on kellarikerrokseen johtava ajoluiska. Julkisivun toisessa päässä on portilla suljettu kapeampi porttikäytävä pihalle, jossa ovat kierrätystä varten tarvittava jätekatos, polkupyörien säilytystilat sekä betonisen muurin takana hieman ylempänä omat pihatilat sekä puutarha. Ne ovat sekä toimiston, talon muiden käyttäjien, että asukkaiden käytössä.

Toimistotilat ovat kolmessa tasossa. Niiden yläpuolella on kokonaan kananmunankuoren väriseksi käsitelty kokous- ja neuvottelutilaosasto. Asunnoista kolme suurinta sijaitsee kahdessa ylimmässä kerroksessa siten, että asuntojen oleskelutilat terasseineen saavat nauttia upeista näkymistä Berliinin kattopanoamaan. Yksityisemmät eli makuuhuoneetilat ja muut ovat asunnoissa kerrosta alempana. Suuremmat asunnot ovatkin kuin kolme taloa talossa; terassit ovat väljiä ja seinälinjat reippaasti vedettyinä sisään varsinaisesta julkisivusta.

Toimistotiloissa betoni on selkeästi läsnä. Sisääntuloaula vastaanottoineen on ylikorkea ja sieltä nousevat portaot sekä porrasmainen katsomo toisen kerroksen kadun puoleiseen osaan sekä siihen pihan suuntaan puskevaan osaan, joka sivuseinänsä osalta tukeutuu naapuritaloon. Komeat halkaisijaltaan ympyrän muotoiset pilarit näyttävät, miten rakennuksen runko on toteutettu.

Katsomoportailta käsin voidaan toimistokokousten aikana katsella projekteihin liittyviä kuvallisia esityksiä ja valkokankaalle voidaan

projisoida jopa elokuvia. Myös kolmannessa kerroksessa on arkkitehtien työtiloja, jonne johtavassa avoimessa portaikossa on käytetty heleää sinistä huomioväriä. Työpöytien ja tietokoneiden lomassa on väljästi sijoitettuja mukavia nojatuoleja, joista on mukava seurata Invalidenstraßen ja Ackerstraßen vilkasta elämää. Toimiston tiedotuksesta vastaava henkilö sanoikin, että ikkunan ääressä istuessa on välillä kuin elokuvaa katsoisi. Myöskään ei ole ollut suurempia vaikeuksia saada arkkitehteja pandemian jälkeen takaisin töihin; tilat ja ympäristö ovat kutsuvia ja toimistolle on helppo tulla niin kävellen, julkisilla, pyöräillen kuin taksilla tai autolla.

Saksassakin on toivottua ja trendikästä rakentaa kerrostaloja puusta. Tässä ympäristössä Graftin valinnan kohdistuminen betoniin tuntuu kuitenkin luontealta: ollaan vanhassa mutta toki sodan tuhoistakin kärsineessä kivi kaupungissa. Uudisrakennuksen "kivisyyden" vastapainona on kuitenkin suorkorttelin puistomaisten sisäosien mutkaton vehreys – berliiniläiset arvostavat sitä ja antavat köynnöskasvienkin vapaasti kiipeillä palo- ja seinämuureja pitkin. Toimiston jokaisen kerroksen tiloista avautuu pihapuistomaisia näkymiä ja pihalla voi oleskella, pelata pingistä ja grillata ruokaa. Vastaanottotilojen takana pihan puolella ovat myös keittiö ja suurilla ikkunoilla varustettu ruokasali. Keväästä pitkälle syksyyn voidaan syödä myös ulkona. Vastaanottotiloissa on lennokkaas kirkakan keltainen hyllykkö arkkitehtuuritoksille ja



7



8

julkaisuille. Seinällä sohvaryhmän takana on toimistolle myönnettyjä lukuisia diplomeja ja kunniakirjoja.

Tekniset ratkaisut

Talotekniikka on sekoitus low- ja high-techia. Koneellisen ilmastointilaitteiston sijaan toimitilat raitista ilmaa maanalaisten kerrosten kautta. Kesäaikaan välttämätöntä on öiseen aikaan tapahtuva viilennys: tuulettimet imevät pohjoisen suunnalta viileämpää yöilmaa, ja todella lämpiminä päiviä viilennystä tehostetaan koneellisin järjestelmin. Polttoaineena käytetään biokaasua. Ylimääräistä sähköenergiaa käytetään kellaritilojen latauspisteisiin; energiatehokkuuteen tähtäävä kokonaisratkaisu tukee päästöjen puolesta totuttua vähäisempää kaupunkiliikennettä. Pihalle on ollut pystytettynä myös toimiston ideoima mm. Afrikan oloja varten suunnittelema Solar Kiosk.

Betoniin liittyvät ratkaisut

Tontin erikoinen muoto ja topografia edellytti omanlaistaan runkorakennetta. Koska kerrokset ovat pohjamuodoltaan epäsäännöllisiä ja rakennus on osittain syvärunkoinen, tarvittiin myös epätavallisia kantavia vertikaali- ja horisontaalirakenteita. Sekä näistä että kustannuksiin liittyvistä syistä päädyttiin betoniseen runkoon.

Rakennuksessa on mahdollisimman vähän kiinteitä kantavia seinä. Tämä mahdollistaa vuorostaan sen, että tilojen käyttömahdollisuus ja muuntelu on tulevaisuudessa hyvin joustavaa. Ratkaisussa tukeuduttiin Le Corbusierin "Casa Dominon" periaatteisiin ja luonnosvaiheessa tutkittiin rakennuksen sietokykyä suhteessa muuntuviin tarpeisiin.

Rakennuksen vaippa on vuorostaan mahdollisimman keveä ja läpinäkyvä, mitä varten valittiin lattiasta kattoon yltävä julkisivujärjestelmän. Tietynlainen transparenssi sekä rakennuksen eri tilojen suuntaaminen vähentää turhaa energian sekä keinovalon tarvetta ja muulloin kuin kesällä koituvia lämmityskustannuksia. Selektiiviset ulkopuoliset aurinkosuojat sekä heijastavat anti-glare-verhojärjestelmät ovat talon oma low-tech järjestelmä kesän lämpökausina.

Suurimmaksi osaksi käsittelemättömät puhtaaksi valetut betonipinnat (katot, lattiat, suurin osa seinistä) palvelevat myös viilennysjärjestelmää. Mahdollisimman vähän energiaa kuluttavat viilentävät putkistot työntävät öiseen aikaan viileämpää ilmaa kohti ulko-seiniä. Koska katumelu on päivisin melkoista, avataan julkisivupintoja ja aktivoidaan järjestelmiä vain öisin. Rakennus pystyy pimeään ja hämärän aikaan varastoimaan noin viiden celsiusasteen verran viilennystä.

Rakennus tuottaa myös omaa energiaa pienen voimalansa avulla. Se käyttää biometania, jota saadaan Berliiniä ympäröiviltä maatalousalueilta. Ylimääräistä energiaa voidaan myydä kaupungin omaan verkkoon.

Lars Krückeberg vieraili Betonipäivässä tammikuun lopussa

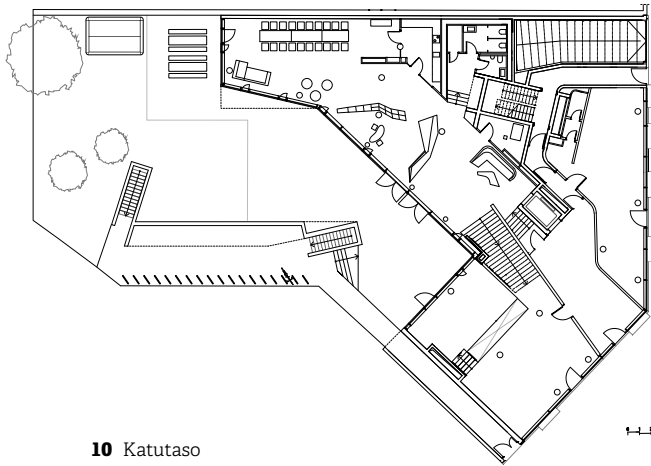
Toimiston yksi omistajista esitteli toimiston laajaa ja monipuolista tuotantoa.

Lue lisää: <https://graftlab.com>

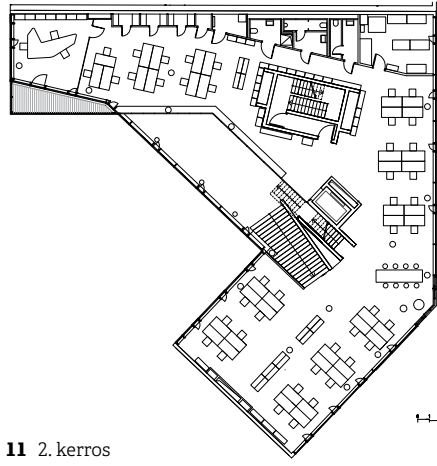
7,8 Työmaavaiheen kuvia.

9 Katujulkisivua.

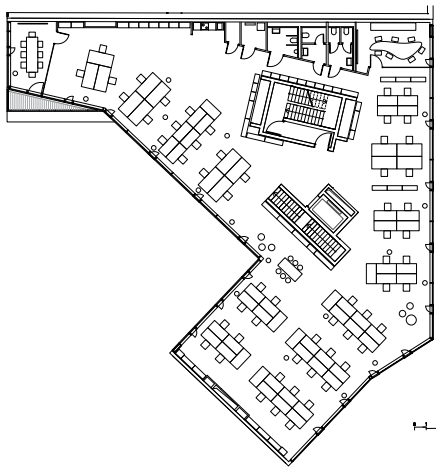




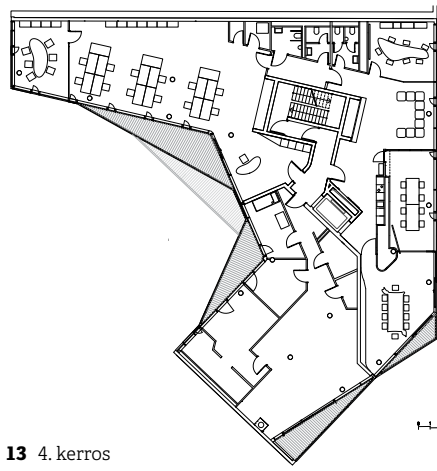
10 Katutaso



11 2. kerros



12 3. kerros



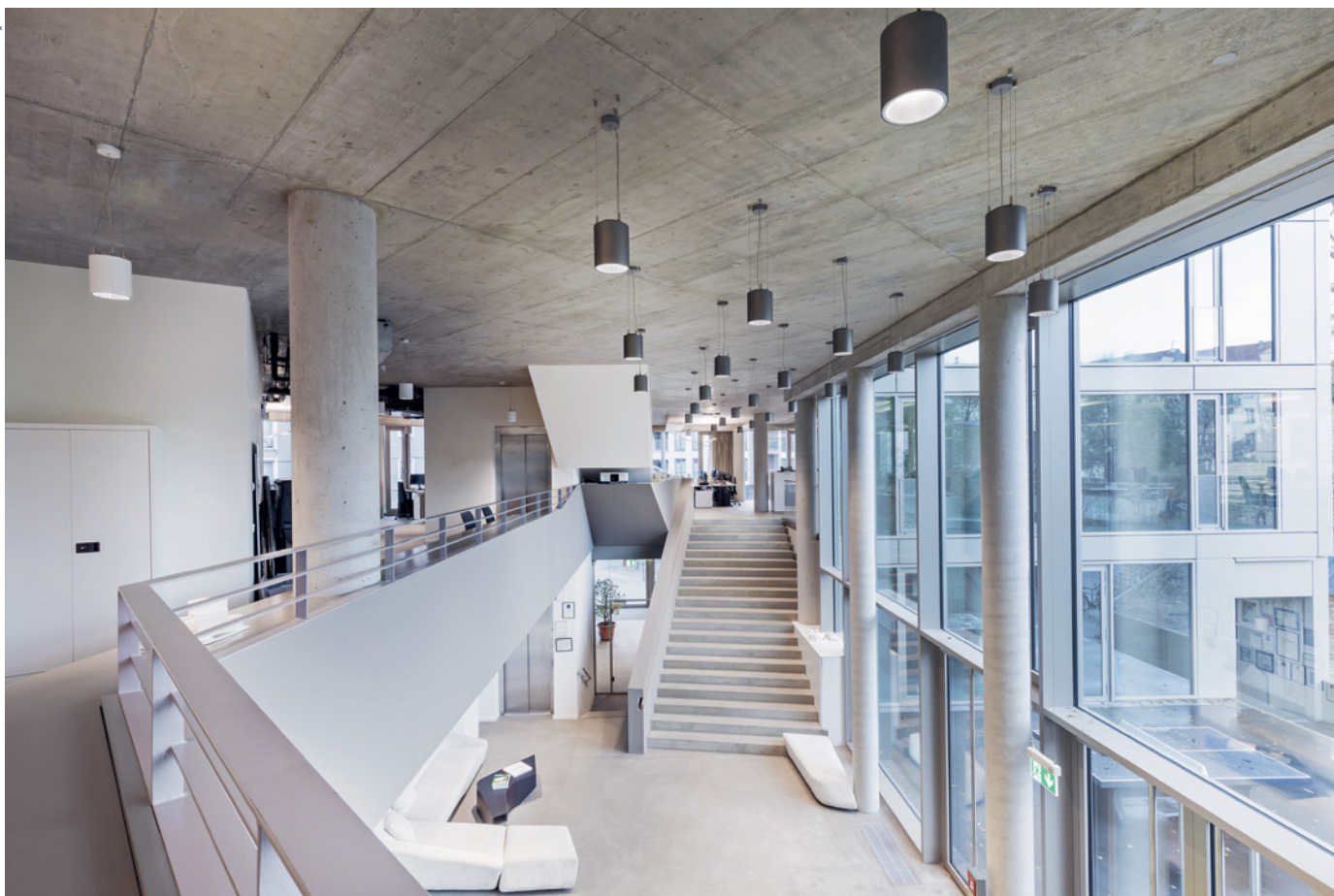
13 4. kerros

14-17 Sisänäkymiä.



Patricia Partinejad

Patricia Parinejad



15

Patricia Parinejad



16

Patricia Parinejad



17



Patricia Parinejad

18



JUNG / Henrik Schipper

19

18–20 Sisänäkymiä.

Patricia Parinejad



20

Graftlab

GRAFTLAB was conceived as a laboratory for modern working environments within the creative industry and fosters new collaborative formats through a focus on flexibility and cooperation. Located in the heart of Berlin, its open, transparent design represents the significance the creative sector plays in the city.

In the context of future-oriented work formats – from conventional office presence and digital transformation to remote working and third places – GRAFTLAB provides ample scope for collaboration and coming together. The plot, at the intersection of Invalidenstrasse and Ackerstrasse in the north of Berlin's Mitte district, was bought by GRAFT's founding partners in 2013.

With its integrated apartment units, GRAFTLAB combines living and working in the mixed-use housing typical of the classical Berlin quarter. The new building is characterized by the contrast between the urban vibrancy of the lively Invalidenstrasse and the quiet refuge of the landscaped inner courtyard.

The new volume deftly takes advantage of the difficult geometry of the plot – its L-shaped form completes the perimeter block along the street and encloses the firewall of the adjacent buildings, thus enabling a generous green space to the rear.

The GRAFT architects' offices are designed as an open landscape offering amenities for the various aspects of everyday office life, starting with the generous open staircase in

the entrance area, which functions as an auditorium for presentations by staff or external partners. The entire ground floor is a communal area for employees, which blurs the distinction between indoor and outdoor space: a place where community-building, physical activity, and meetings all flow and merge into one another.

The GRAFT office extends across three floors, which, by way of their connected air spaces, form a spatial continuum. The working areas are designed as variable open spaces, interspersed with internal phone boxes, lounges, and other familiar elements such as kitchenettes and meeting zones. Independent from the offices beneath, the fourth floor houses the conference level – a range of fluid forms in egg-

shell white. This spatial separation gives other GRAFTLAB tenants and external partners the opportunity to independently use and access the flexible, light-filled rooms of the conference area without interruption.

All floors have access to the fully glazed rear side of the building, which offers views of the landscaped rear courtyard as well as the adjacent park.

GRAFTLAB is a prototype of a new kind of office building: its vibrant mixed-use typology; the extension of the working world into the natural environment; the distinctive floor-plan design; and the variability of the spaces on offer highlight the benefits of heterogeneity and how GRAFTLAB's laboratory character promotes new formats of working.

Hessundinsalmen näyttävä vinojalkainen kehäpalkkisilta Paraisilla

Dakota Lavento, toimittaja

”Sillan suunnittelu on insinööriyttä puhtaimmillaan, sillä kantava rakenne muodostaa 90 prosenttia kustannuksista.”
– Atte Mikkonen

Hessundinsalmissa on kaupparenkulun 2-lk väylä, jonka kulkusyvyys on 4,3 metriä ja vesiliikenneaukon vapaa korkeus sillan kohdalla 16,5 metriä. Salmen kapeimmassa kohdassa on sijainnut vuonna 1937 rakennettu ja 1967 levennetty teräsbetoninen sauvakaarisilta, jonka pituus oli 167 metriä ja hyötyleveys 12,8 metriä. Kulkusyvyys meressä sillan kohdalla oli 4,3 metriä ja vesiliikenneaukon vapaa alkukorkeus 15 metriä.

Hessundinsalmen vanha silta oli kuntensa vuoksi asetettu tarkkailuun. Paraisilla on raskasta kalkki-, betoni- ja konepajateollisuutta, joista etenkin betoniteollisuuden tuotekulutukset ovat valtakunnallisia. Maantie 180 on ainoa reitti Paraisten tuotantolaitoksille. Sillalla kulki vuorokaudessa noin 11 000 ajoneuvoa, joista raskasta liikennettä lähes 700 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Maantie 180 Kaarina–Korpoo eli Saaris-totie alkaa Kaarinassa ja kulkee 72 kilometrin matkan Paraisten keskustan ja Nauvon kautta Korppooseen. Tie on ainoa yhteys Turunmaan saaristoon ja myös tärkeä osa Turun saariston kiertävää Saariston rengastie-matkailutietä.

Väylävirasto oli laatinut uuden sillan rakennushankkeelle 15.4.2019 päivätyn suunnittelupe-rusteet, joissa määriteltiin hankkeen tavoitteet, toiminnalliset, tekniset ja ympäristölliset vaatimukset/rajoitukset sekä mahdolliset poikkeamat suunnitteluohjeisiin.

Siltapaikka on kohteen suunnittelun ja toteutuksen kannalta määritelty erittäin vaativaksi (luokka I).

Hessundinsalmen silta uusittiin osana eduskunnan päättää kehittämishanketta, jossa uusittiin myös toinen maantie 180:n huonokuntoinen silta, Kirjalansalmen silta. Allianssihankkeessa Väylävirasto toimi tilaajana ja Kreate Oy toteuttajana. Kehittämishankkeen kokonaisarvo on 128 M€.

Suunnittelun osalta hanke jaettiin kolmeen osaan: vanhan Kirjalansalmen vinoköysiriip-pusillan uusiminen, vanhimmilta osiltaan lähes 90 vuotta vanhan Hessundinsalmen teräsbetonisen kaarisillan uusiminen ja ainoan Paraisilta mantereelle kulkevan maantie 180:n väyläsuunnittelu sekä kolmen sillan uusiminen.

Kilpailutuksen jälkeen Kirjalansalmen sillan uusimisen suunnitteluun valittiin WSP Finland Oy ja AFRY vastasi Hessundinsalmen sillan suunnittelusta ja koko maantie 180 väyläsuunnittelusta ja muusta infrastruktuurin siltoineen. Siltaa ryhtyivät suunnittelemaan yhdessä AFRY ja alikonsulttina SOFi Consulting.

Teräksestä betoniin

Uudenkin, vanhan sillan itäpuolelle rakennettavan Hessundinsalmen sillan oli tavallaan alun perin tarkoitus olla terässilta. Venäjän aloittaman hyökkäyssodan, materiaalien hinnannousun ja toimitusten epävarmuuteen liittyvien seikkojen vuoksi allianssin kehitysvaiheessa ryhdyttiin kuitenkin miettimään kustannustehokkaampaa ja toimitusvarmempaa ratkaisua.

1 Uusi Hessundinsalmen silta heijastuu veteen.





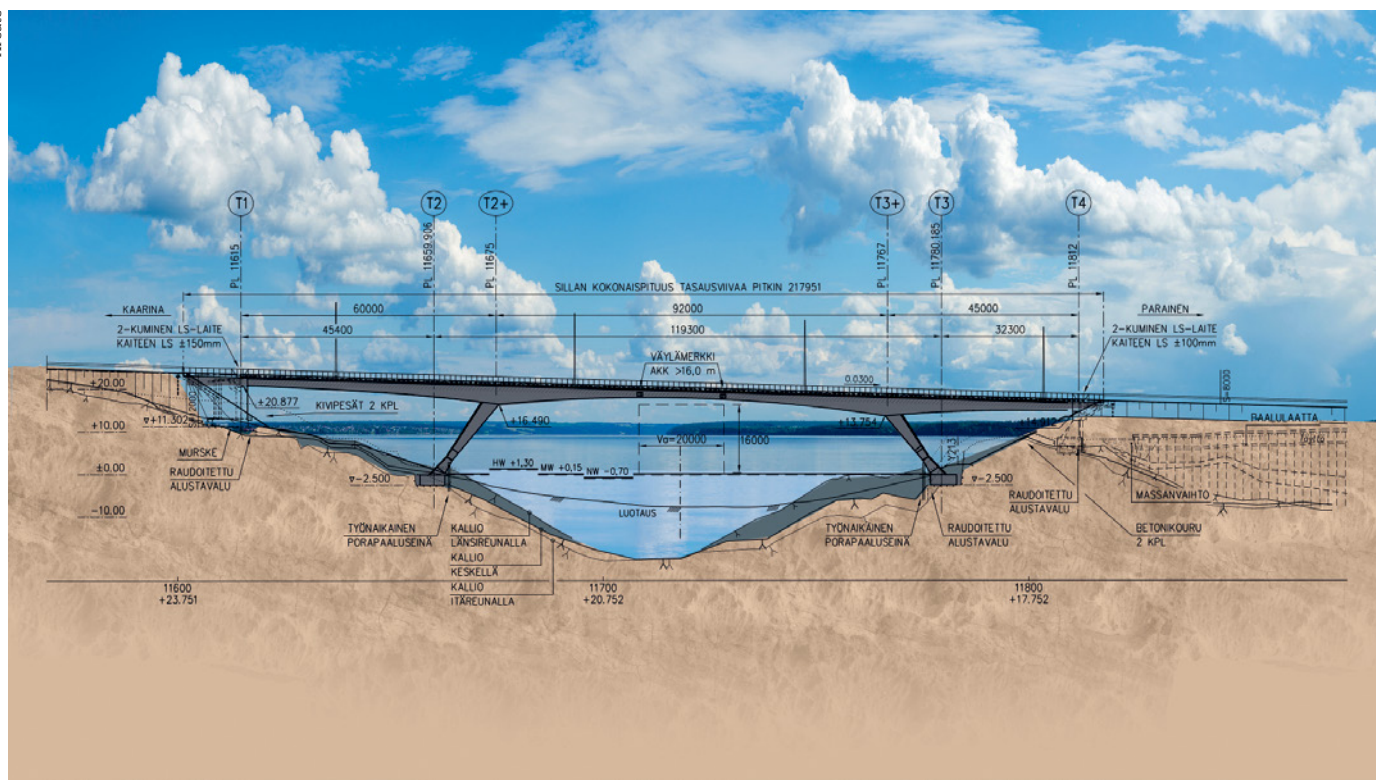
2



Väylävirasto

3

- 2 Hessundinsalmen silta.
- 3 Hessundinsalmen vanha silta maaliskuussa 2023 työsillalta kuvattuna.
- 4 Hessundinsalmen uuden sillan yleispiirustus.



4

Allianssihankkeen kehitysvaiheessa erilaisia vaihtoehtoja on helppo pyöritellä, sillä kaikki osapuolet, myös eri vaihtoehtojen kustannusvaikutukset nopeasti selville saava urakoitsija ovat saman pöydän ääressä.

Lähtötietona Väyläviraston tiesuunnitelmissa Kirjalansalmensilta oli vinoköysisilta ja Hessundinsalmen silta teräksinen liittopalkkisilta – iso silta, sadan metrin jännemittalla. Sillan pääsuunnittelija, SOFiN Consultingin Atte Mikkonen sanoo, että se on vastaavaan paikkaan tavanomainen ratkaisu.

Suomessa teräs on tyypillisesti isojen siltojen rakennusmateriaali. Terässilta on usein tosin nopeampi asentaa ja telineitä tarvitaan vähemmän kuin betonia käytettäessä. Jos näitä etuja ei voida ottaa huomioon, betoni on materiaalina puolestaan yleensä hyvin kilpailukykyinen.

Siltahankkeen kehitysvaiheessa markkinat olivat melkoisessa turbulenssissa. Venäjän hyökkäyssota alkoi ja vaikutti rakennusmateriaalien kustannuksiin, heikentäen erityisesti teräksen kilpailukykyä oleellisesti.

–Ajattelimme siis, että silta voitaisiin kuitenkin toteuttaa betonista. Sehän on joka tapauksessa suomalaisille rakennusyhtiöille hyvin tuttu materiaali. Huomasimme myös, että uuden sillan sijainti nykyisen tien lähellä oli hieman haastava terässillan rakentamista ajatellen. Se olisi edellyttänyt erilaisten asennustapojen yhdistämistä.

Kaarisiltamainen kehäsilta

Uuden Hessundinsalmen sillan muoto ei syntynyt taiteellisen innoituksen tuloksena. Lopputulos, kaarimaisella muodollaan viitteellisesti vanhaa muistuttava, pelkistetyt kaunis, moderni silta sopii erinomaisesti paikkaansa. Sen muotokieli on kuitenkin luotu lähes yksinomaan insinööriteknisillä ratkaisuilla.

Uusi silta oli suunnitteluratkaisujensa ansiosta paremmin ja kustannustehokkaammin rakennettava. Vene- ja laivaliikenteen törmäysriski on huomattavasti pienempi kuin ennen.

Betonisillassa pitää tietenkin olla jonkinlaiset jalat. Uuden sillan tukien sijainti aiheutti suunnittelijoille päänvaivaa. Ne pitäisi rakentaa poraapaalutettuna rantaveteen. Kalliopinta on lähellä, mutta kuitenkin sen verran syvällä, että suoraan sinne ei päästä.

Itse asiassa tuet olisi hyvä saada kokonaan pois vedestä, sillä sillan alla on jonkin verran laivaliikennettä. Olisi turvallisempaa, jos laiva onnettomuustilanteessa tukeen törmäämisen sijasta ottaisi kiinni pohjaan.

Tukien siirtäminen maalle heikentäisi kuitenkin betonisillan kilpailukykyä, sillä se kasvattaisi sillan jännemittaa.

Onneksi tähän ongelmaan oli ratkaisu: suunnitellaan kehäsilta.

Hieman aikaisemmin Portugalin Portossa pidetyn siltakilpailun oli voittanut kaarisiltamainen kehäsilta, jonka jännemitta oli huikeat

300 metriä. –Totesimme, että tässä sillassahan jännemitta on vain 120 m, joten kehäsilta olisi teknisesti hyvin toteutettava siltatyyppi tähän kohteeseen, Mikkonen kertoo.

Itse asiassa kaarisiltatyyppiä oli jo tiesuunnitelmavaiheessa tutkittukin ja esteettisestikin sellainen olisi Hessundinsalmeen hyvin sovelnut. Mikkonen sanoo, että Hessundinsalmen uuden sillan muoto: vinojalkainen kehäsilta, on ikään kuin moderni versio kaarisillasta. Siinä on vähän samaa muotoa ja toimintaperiaatetta. – Rakenneinsinöörin silmin kaarisilta on tietysti puhtaasti puristettu kaari, joka voi olla hyvinkin hoikka rakenne. Hessundinsalmen sillassa on taivutettu palkkirakenne, jossa kaariominaisuudesta saadaan vähän teknistä hyötyä.

Sillan tuet eivät ole vedessä, vaan ne tukeutuvat vinosti kalliopintoihin. Mikkosen mukaan paikka on optimaalinen juuri tälle siltatypille. Vinojalkojen ansiosta jännemitta hieman lyhenee kulkutasolla, mikä on palkkimaiselle toiminnalle edullista. Myös rakenteellinen jännemitta sillan rakenteen tasolla on hieman lyhyempi.

Hessundinsalmen silta on kehärakenne, eikä vain tukien päällä oleva palkkirakenne, joten rasitus siirtyy suurelta osin myös jaloille. Siksi sillasta voitiin tehdä hieman lyhyempi. Ratkaisu on kustannustehokas ja myös esteettisesti miellyttävämpi. Sillan päät kätkeytyvät rantapaisikkoon.



Kreate

5

Tarvitaan laakeri tai nivel

Seuraava ongelma odotti jo ratkaisemistaan. Matalassa sillassa on jäykkä rakenne ja silta liikkuu. Suomen ilmastolle ovat tyypillisiä suuret lämpötilanvaihtelut. –Pakkomuodonmuutoskuormat saavat rakenteen väkisin liikkumaan. Rakenteellinen jäykkyys ei ole hyväksi. Jonkin verran sen pitäisi joustaa, Mikkonen sanoo.

Matalassa sillassa on lyhyet jalat, joten pilaria on vaikea saada kestävästi aiheuttamatta perustuksille liian suuria rasituksia. Jos pilaria hoikennetaan, siitä tulee heikko eikä se kestä. Jos sen kokoa kasvatetaan, pakkomuodonmuutoksista aiheutuvat rasitukset kasvavat liian suuriksi, eikä se silloinkaan kestä.

Suunnittelussa on edessä umpikuja. Ellei pilariin laiteta laakeria. –Tavanomaiset silta-laakerit mukautuvat hyvin muodonmuutoksiin, Mikkonen kertoo. – Liikkuvina osina se tietenkin lopulta kuluvat.

Terässilloissa puolestaan käytetään teräslaakereita. Niissä kuormat ovat pienemmät kuin betonisilloissa. Lisäksi teräslaakeritkin ovat huoltoa vaativia osia, jotka pitäisi pystyä vaihtamaan.

Suomessa silloissakin arvostetaan huoltovapautta.

Joku sitten ehdotti, Mikkonen muistelee, että ehkä AFRYn Sillat- ja erikoisrakenteet -toimialueen johtaja Jarmo Niemi, että kokeiltai-siinko kuitenkin betoninivelä.

Betoninivelellä on selviä etuja silta- tai teräslaakeriin nähden. Se ei ole mekaaninen



Kreate

6

osa, joka vaatisi kunnossapitoa ja huoltoa. Pysyvänä osana rakennetta se on suunniteltu joustavaksi sallimaan ja kestävästi muodonmuutokset.

Mikkonen ryhtyi etsimään betoninivelistä tietoa ja huomasi, että mistään uudesta asiasta ei todellakaan ollut kysymys. Niitä käytettiin paljon ennen vanhaan ja toki vielä nykyisinkin erityisesti saksankielisissä maissa. Erityisen hieno esimerkki on sveitsiläisen insinöörin Robert Maillartin suunnittelema sata vuotta vanha Salginatobel betonisilta.

Jopa Suomessakin on tehty pari pienempää kehäsiltaa, joissa on betoninivelet.

Mikkonen otti yhteyttä kansainväliseen verkostoonsa saadakseen apua betoninive-

5 Kehitysvaiheen visualisointi nivelestä.

6 Välituen monitorointia tunkkausvaiheessa.

7 Siltatyömaan taidokkaat puutelineet yläilmoista kuvattuna.

8 Välituen T3:n välituen terästelinen ja nivelen rau-doitusta.

9 Välituen betoninivelen T3 muotit purettuna.

10 Välituen betoninivelen T3 ankkuritangot.

Kreate



7

Kreate



8

Kreate



9

Kreate



10



11 Sillan kannen valaminen kesti kaikkiaan 2,5 vuorokautta.

12 Sillan kannesta löytyy paljon rautaa: jänneterästä ja niihin liittyviä raudoituksia, väliltä jännitettäviä jänteitä ja tukien yli meneviä jänteitä, sillan päästä päähän meneviä jänteitä sekä pääaukon yli meneviä jänteitä.

13 Valettavien palkkien sisälle asennettiin neljätoista kilometriä tavallista lattialämmityspotkea jäähdytysputkiksi. Kun jäähdytystä ei enää tarvittu, putket tyhjennettiin ja injektointiin täyteen sementtiä. Jäähdytysputket ja jänteiden suojaputket ennen valua.



Kreate

13

len suunnitteluun. Kokeneella saksalaiselta siltasuunnittelutoimisto Leonardt, Ändra und Parteners AG:lla tietotaitoa oli riittämiin.

Käytännössä AFRY ja SOFiN Consulting suunnittelivat yhteistyössä sillan kansirakenteen, maa- ja pilarituet, Leonardt, Ändra und Parteners vastasivat nivelen ja siihen liittyvien rakenteiden suunnittelusta. Toimisto laati suunnitteluperusteet betoninivelelle. Kyseessä ei ole standardoitu tuote. –Me muuthan emme tienneet, miten betoninivel pitäisi suunnitella kestävyys ja käyttöikämitoituksen perusteella. Saksalainen eurokoodia soveltava käytäntö suomalaisella lisällä.

Betoninivelen on tarkoitus sallia jäykkärakenteisen sillan kiertymisen siten, että betonirakenteita rikkovaa tai halkeilua aiheuttavaa taivutusrasitusta ei synny.

Nivelellä saadaan poistettua pakkomuodonmuutosten aiheuttamat rasitukset ja kuorma kohdistumaan tehokkaasti perustuksille. Välituen alapäähän rakennettu betoninivel antaa rakenteen hieman liikkua, jolloin taivuttavia voimia ei siirry eteenpäin. Sillan alaosiin valetun betoninivelen tärkein tehtävä onkin auttaa vähentämään sillan kehämäisestä muodosta ja lämpöliikkeistä aiheutuvaa suurta rasitusta sillan jalkoihin ja betoniin.

Betoninivelet tulivat kehäsillan jalkoihin, välituille T2 ja T3.

Fiksuja detaljeja

Mikkonen sanoo oppineensa betoninivelten suunnittelusta hankkeen kuluessa paljon, mutta ei suinkaan pidä itseään mestarina. –Toteutusvaiheessa huomasin, miten suuri merkitys kokemuksen tuomalla asiantunteumuksella on.

Hän nostaa esimerkiksi puristavan voiman keinoitekoisen lisäämisen jännittämällä. Betoninivel kiertyy ja kestävä paljon puristusta. Niveleen kohdistuvaa leikkausvoimaa voidaan vastaanottaa joko betonin puristavasta voimasta riippuvalla leikkauskestävyydellä, tai raudoituksella. Mikäli puristusvoima ei ole riittävä, tulee raudoitusta helposti huomattavan paljon. Raudoittaminen kasvattaa nivelen jäykkyyttä varsinkin suurilla voimilla, mikä on nivelrakenteelle epäedullista. Onkin parempi lisätä puristavaa voimaa, ja siten betonin leikkauskapasiteettia keinoitekoisesti nivelen jännittämällä. Lisää puristusta saadaan muutamalla tankojännitteellä ja raudoitteen määrä nivelessä on paljon pienempi. Betoni saadaan pysymään paremmin puristettuna leikkausvoiman suhteen.

–Fiksu ratkaisu, mutta vasta kun siltaa rakennettiin, ymmärsin miten fiksu. Rakentamisen aikana painoa on hyvin vähän ennen kuin siltakansi on päällä. Kun nivel on jännitetty, rakenne on jo hyvin kestävä, vaikka päällä ei olekaan puristavaa painoa. Se on rakentamisen kannalta tavattoman turvallinen ratkaisu!

Mikkonen sanoo, että tällaiset kokemuksen kautta saadut hyvät käytännöt ja tavat eivät hänelle vielä ole itsestäänselvyyksiä.

Optimoimista kehiin

Suunnittelun aikana sillan rakennetta pyrittiin monin keinoin optimoimaan.

Sillan rakennetyypin etu käytettiin maksimaalisesti hyödyksi. Kaarimainen rakenne vinoine jalkoineen tuo 20–27 prosenttia puristavaa voimaa päällysrakenteeseen. Kun jännittävästä voimasta voidaan leikata, säästetään euroja. Mikkonen sanoo, että isossa sillassa

omapainon etu on valtava suhteessa muihin kuormiin. Tarvittava jänneteräksen määrä on suoraan verrannollinen betonin omapainoon, ts. miten suuri poikkileikkaus sillassa on.

–Lähdimme miettimään, minkälaisia jännteitä ja kuinka monta kappaletta tarvittaisiin kaksi metriä leveään palkkiin ja paljonko ne vievät tilaa. Suomessa on totuttu käyttämään 19 punoksen jänneyksiköitä ja niille meillä on kalustoa. Mitä enemmän jännteitä yksikköön laitetaan, sitä suurempi voima tarvitaan jännittämiseen. Kalustoa siihen Suomessa ei kuitenkaan ole.

Suunnittelijat ehdottivat allianssissa tutusta käytännöstä poikkeamista ja isompien yksiköiden käyttämistä, koska sillassa olisi kuitenkin toistakymmentä jännettä. Urakoitsija selvitti, että tarvittava tunkki on kohtuudella saatavissa lainaan ulkomailta. Osoittautui tehokkaammaksi käyttää isompia jänneyksiköitä, kun siltaan siten saataisiin pienempi poikkileikkaus. Näin sillan omapainosta tulisi pienempi, mikä pienentäisi tarvittavan jänneteräksen määrää. –Saimme materiaalisäästöä, kustannussäästöä ja hiilijalanjälkisäästöä.

Mikkonen sanoo, että suurempia jänneyksiköitä valittaessa ajateltiin myös rakennettavuutta.

Yhdeksäntoista sijaan käytettiin siis 27 punoksen yksiköitä. Mikkosen mukaan maa-ilmalla käytetään paljon suurempiakin jänneyksiköitä aina yli 50 punokseen asti.

Haastava toteutus

Kehityspäällikkö Rasmus Sainmaa KREATEsta kertoo, että terminä betoninivel oli hänelle kyllä ennalta tuttu, mutta kukaan ei ollut vielä sellaista aikaisemmin ollut nähnyt. Tiedettiin



14

kyllä, että sellaisia voitiin tehdä. –Kävimme tutustumassa kohteisiin Saksassa ja Sveitsissä. Teimme etukäteen paljon taustatyötä ja tutkimusta, hän kertoo.

Leonardt, Ändra und Parteners suosittelivat betoninivelestä yksi yhteen koekappaleen valamista, onhan se teknisesti aika vaativa toteutettava ja valetaan kuitenkin työmaalla kerralla, joten sen on pakko onnistua. – He suunnittelivat 2,5 m leveän ja 3 m korkean nivelen, jonka valoporukka raudoitti ja valoi. Lopuksi se sahattiin palasiksi, jotta voitiin todeta kaiken onnistuneen, Mikkonen kertoo.

Koekappaleen valu oli ratkaisevan tärkeää, vaikka sen tarpeellisuutta ensin hieman työmaalla ehkä epäiltiin. –Tällaista ensimmäistä kertaa tehtäessä suunnittelijapoloisen on hyvin vaikea osata raudoittajalle kertoa, mikä työjärjestys voisi asennettavuuden kannalta olla, varsinkin kun sinne vielä tulee tankojänteitä ja jäähdytystä, Mikkonen huomauttaa. – Asennettiin, mietittiin ja asennettiin uudestaan.

Sainmaa vahvistaa, että mallikappaleen valamisesta oli todella hyötyä. – Opimme paljon betonin valupaineesta, lämmönkehityksestä ja valettavuudesta. Olimme etukäteen pohtineet, käyttäisimmekö vaneri- vai lautamuotteja ja pitäisikö välissä olla muotikangasta tai levyä. Raudoittaminen vaikutti haastavalta. Rakenteessa on paljon rautaa, mutta nivelen läpihän ei mene juuri mitään. Infrarakenteissa käytetään nykyisin lämmönkehitykseltään aika aggressiivista massaa. Huomasimme, että jäähdytystä tarvitaan. Meidän piti miettiä, miten se toteutetaan, kun valetaan pääosin itsestivistyvällä betonimassalla.

Rauditusjärjestyksen ja betonin jäähdytyksen asentamisen työjärjestyksen harjoittelu oli betonoinnin onnistumisen kannalta tärkeää myös Hessundinsalmen sillan lohkopäällikkö Tatu Saharisen mielestä. –Koevalussa varmistimme, että muotirakenteet toimivat ja kestävät IT-massan tuottaman valupaineen. Valua valvottiin valupaineantureilla.

14 Betoninivel.

15 Jännityskonsolit haluttiin jättää sillan palkin alle näkyviin. –Sidepalkissa poikkipalkin alapinnan muoto on ainoa ulkonäkö edellä mietitty detailji. Se olisi voinut suorakin, mutta viisteisyys miellytti enemmän silmää, Atte Mikkonen sanoo.

Betoniniveliä valussa käytettiin 18 mm filmivanerimuottia ja taustapuolella muotikangasta.

Sainmaa sanoo, että välituen ja betoninivelen muotti- ja telinerakenne oli monimutkainen ja massiivinen. Valussakin oli monta vaihetta. – Ensin valettiin peruslaatta ja siinä oli pieni nosto mukana. Sitten valettiin nivelen alapuoli ja yläpuoli. Pilarin alla oleva sidepalkki valettiin IT-betonilla pilarin valun yhteydessä, Saharinen kertoo. Käytetty betoni oli C55/67 P-lukup50. Sitä meni noin 60 m³/tuki.

–Betoninivelen välituki on aika reippaasti vinossa, joten muotti piti sulkea vaihteittain sitä mukaan kuin valurintama nousi. Muuten sitä ei olisi saatu vibrattua, Sainmaa selittää.

– Mieleenpainuvien hetki oli betoninivelen tunkkaaminen esikohotusasentoon. Olin suunnitellut tukirakenteita ja -telineitä, joten tilanne oli jännittävä, kun tunkkasimme valtavia voimia sekä telineille että betoniniveleihin. Lisäksi mittaroimme 35 millimetrin tunkkauksen onnistumista uudella teknologialla, mikä teki työvaiheesta vielä intensiivisemmän, Sainmaa kertoo.

Betoninivelten toimintaa on tarkkailtu koko rakentamisen ajan. Monitorointijärjestelmä mittaa edelleen pilareiden kaltevuutta, nivelen neljän nurkkapisteen muodonmuutoksia ja iskun pituutta. Yleensä monitorointi aloitetaan vasta sen jälkeen, kun se on käytössä. Rakentamisen aikana toteutetusta mittauksesta saadaan kuitenkin arvokasta tietoa, etenkin kun kyseessä on rakenne, jota Suomessa ei ole vuosikymmeniä rakennettu, eikä näin isossa mittakaavassa ikinä. Monitoroinnista on saatu jo arvokasta tietoa ja sen pohjalta kirjoitetaan tieteellisiä artikkeleita.

Hessundinsalmen sillan harvinaislaatuksella rakennusteknisellä toteutuksella lisätään Suomessa osaamista sillan vinojalkaisuuden ja betoninivelerakenteen suunnittelusta ja toteutamisesta sekä monipuolisesta mittaustekniikasta.

Ensimmäinen nivel valettiin heinäkuussa ja toinen syyskuussa 2023.





16

Massiivinen kansivalu

Hessundinsalmen sillan kannen valaminen maaliskuussa 2024 kesti 2,5 vuorokautta, eikä ollut harjoituksena suinkaan helpoimmasta päästä.

Siltakannen rakenne oli korkeimmillaan viisi metriä. Näin suuri betonointi täytyy suunnitella huolellisesti lämpötilanhallinnasta työvuorosuunnitteluun.

– Pääkannatinpalkit ovat varsinkin tuen kohdalta todella korkeat, viisi metriä pilarin päältä kanteen. Oli paljon jänneterästä ja niihin liittyviä raudoituksia, väliltä jännitettäviä jänteitä ja tukien yli meneviä jänteitä, sillan päästä päähän meneviä jänteitä sekä pääaukon yli meneviä jänteitä. Sinne sekaan toteutettiin myös betonin jäähdytys. Ne olivat betonin pumppauksen ja tiivistämisen kannalta melkoisia haasteita. Betonirakenteen jäähdytys ja lämpötilaerojen tasaaminen oli myös iso projekti, Saharinen muistelee.

Hessundinsalmen sillan kansivalussa käytettiin C50/60 P50 infrabetonia. Betonin reseptiikasta vastasi Sweroc.

Käytetyssä betonissa on paljon sideainetta ja se kehittää paljon lämpöä kovettuessaan. Valettavien palkkien sisälle asennettiin neljätoista kilometriä tavallista lattialämmitys-

putkea jäähdytysputkiksi. Näin lämpötila ei noussut liian korkeaksi eikä muodostunut liian suuria lämpötilaeroja. Kun jäähdytystä ei enää tarvittu, putket tyhjennettiin ja injektointiin täyteen sementtiä.

Suureen valuoperaatioon osallistuu kolmekymmentä betonautoa, joista kaksikymmentä oli koko ajan ajossa. Kerralla kyydissä on betonia 8–10 kuutiota, kuormia tarvittiin noin 300.

Töitä tehtiin tauoita vuoroissa yhteensä 60 ammattilaisen voimin. Betonipumpuille oli varattu yhteensä kuusi pumppauspaikkaa ja samaan aikaan töitä teki kaksi pumppua.

Unohtumaton projekti

Hessundinsalmen silta on avattu liikenteelle lokakuussa 2024. Sen suunnittelussa ja toteutamisessa mukana olleille se on ollut unohtumaton projekti.

–Välttämättä en pääse toista kertaa työurani aikana vastaavaa rakentamaan, Saharinen arvelee.

Mikkonen on tyytyväinen Hessundinsalmen sillan suunnitteluprosessiin ja erityisesti lopputulokseen.

–Toteutimme tilaajan toiveet. Suunnitelimme hienon sillan betonirakenteella. Insinööriteknisillä ratkaisuilla saimme tuet pois

16 Köydet Kirjalansalmen sillan näköalatasanteen kohdalla.

17 Hessundinsalmen silta huhtikuussa 2025.

vedestä ja siltaa hieman lyhennettyä. Sääsimme noin tuhat kansineliötä, ehkä 2000 euroa/kansim². Jänneyksiköissäkkin saimme säästettyä varmaan konsultin palkkion verran, hän arvelee.

Hän sanoo, että suunnitellessa aina vähän lähtee laukalle. –Suunnittelija on kokeilunhaluinen ja luova. Aina sitä haluaa tehdä jotain paremmin, kauniimpaa, taloudellisesti järkevää, kestävämpää.

–Saimme ainakin siltainsinöörin silmiä hivelevän rakenteen aikaiseksi.

Kirjalansalmen vinoköysisilta valmistuu vasta kuluvan vuoden lopulla. Siitäkin tulee hieno silta. Sen kokonaispituus on 670 metriä ja pisin jänneväli noin 265 metriä. Vastaava saman mittakaavan silta valmistui Suomessa viimeksi yli 20 vuotta sitten.

–Kirjalansalmen silta on todella valtava ja näyttävä vinoköysisilta, mutta jotenkin Hessundinsalmen silta on silti lähempänä sydäntä. Se on hyvin suunniteltu, hieno silta, jonka toteutuksessa uskalsimme kokeilla uutta, Sainmaa huomauttaa.

Ulkomaalaiset suunnittelijatkin ovat käyneet kohdetta ihastelemassa. Heistä häkellyttävintä olivat kuitenkin rakennusvaiheen puutelineet.



17

Lähteet:

1. <https://betoni.com/wp-content/uploads/2025/02/Hessundinsalmen-sillan-uusiminen.pdf>
2. <https://afry.com/fi-fi/projektit/hessundinsalmen-silta-parainen>
3. <https://kreate.fi/kadotettu-taiteenmuoto-heratettiin-henkiin-hessundinsalmen-sillan-rakentamisessa-kaunis-kehasilta-haastoi-tekijat/>
4. <https://kreate.fi/pieni-siirto-iso-onnistuminen-hessundinsalmen-sillan-harvinaislaatusen-betoninivelrakenteen-tunkkaus-onnistui-erinomaisesti/>
5. <https://afry.com/fi-fi/uutiset/uutinen/paraisilla-toteutetaan-vaativaa-siltarakentamishanketta-afry-vastaa-suunnittelusta>

Hessund Strait bridge in Parainen

In the town of Parainen, the largest single building processes included in the project are the new bridges built across Kirjalansalmi Strait and Hessund Strait. The bridge crossing the Kirjalansalmi Strait will be a cable-stayed bridge with a total length of more than 600 metres and a maximum span of about 250 metres. The last bridge of this scale built in Finland was completed over 20 years ago. The bridge built across Hessund Strait is 200 metres long and has a maximum span of about 100 metres.

The project also covers the improvement of the condition and intersection arrangements of highway 180 including, among others, the building of two underpasses – the Valoniemi and Ekback underpasses – for cyclists and pedestrians as well as a flyover for fishery school Livia. New noise barriers will also be constructed as part of the project.

The project is implemented as a single contract using the alliance model which is well suited for the implementation of technically complex projects. The model is based on close cooperation between the different parties involved in the project, which facilitates the seamless progress of the project as well as innovative solutions and cost savings.

Betoni on tärkeässä osassa tuulivoimalan elinkaarta

Dakota Lavento, toimittaja

Tuulivoimalan gravitaatioperustukseen voi kulua betonia jopa 1100 m³. Puretun voimalan lavat kiertävät lopuksi sementtiin.

Uusiutuvaa sähköntuotantoa rakentava OX2 tiedotti keväällä maamme tähän mennessä suurimmasta, yhteensä 700 miljoonan euron tuulivoimainvestoinnista. Se koostuu kahdesta Etelä- ja Keski-Pohjanmaalle nousevasta tuulipuistosta, joiden yhteen laskettu nimellisteho on 472 megawattia. Ne tuottavat valmistutuaan sähköä 1,6 terawattituntia vuodessa. Se on noin kaksi prosenttia Suomen nykyisestä kokonaistuotannosta. Puistot valmistuvat vuosien 2027 ja 2028 aikana.

Alan edunvalvojan Suomen uusiutuvat ry:n ylläpitämän hankelistauksen mukaan Suomeen on suunnitteilla yli 140 000 MW tuulivoimaa. Maalle tästä määrästä on suunnitteilla vajaa 73 000 MW ja merelle 70 000 MW. Kaikkiaan suunnitteilla olevien hankkeiden investointiarvo liikkuu kymmenissä miljardoissa euroissa.

OX2 on rakentanut Suomessa valmiiksi jo 16 hanketta ja parhaillaan rakenteilla on 91 tuulivoimalaa Lestijärven (69 voimalaa) ja Niihimäen (22 voimalaa) tuulipuistoissa.

Rajamäenkylän ja Honkakankaan tuulipuistojen rakentaminen on jo käynnistynyt kiviainesten louhinnalla. Työt jatkuvat puuston poistolla ja maanrakennustöillä.

Yksi suurimmista

Rajamäenkylän tuulivoimahanke sijaitsee Isojoen ja Karijoen kuntien alueella Etelä-Pohjanmaalla. Se lukeutuu Suomen toiseksi suurimpiin tuulivoimahankkeisiin. Yksittäisten voimaloiden teho on 6,8 MW, tor-

nien napakorkeus 162 ja kokonaiskorkeus 250 metriä. Voimaloita on yhteensä 54, ja niiden yhteenlaskettu teho on noin 367 MW. Voimalat toimittaa Nordex.

Rajamäenkylän tuulipuiston vuosittainen energiantuotanto: 1,25 TWh, mikä vastaa 250 000 kotitalouden vuosittaista sähkönkulutusta (5000 kWh/v). Puiston arvioitu käyttöönottoajankohta on 2028.

Tärkeät perustukset

Rajamäenkylän tuulipuiston voimaloiden perustukset suunnittelee ja toteuttaa energiarakentamiseen erikoistunut rakennusliike

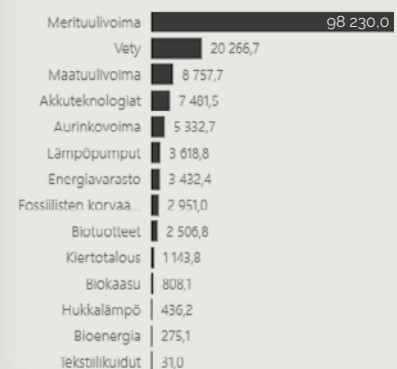
1 OX2:n kehittämässä ja hallinnoimassa Metsä-
lamminkankaan tuulivoimapuistossa Pohjois-Pohjanmaalla toimii 24 tuulivoimalaitosta.

Petteri Löppönen

Tuulivoima hallitsee vihreän siirtymän investointeja Suomessa (1/2025)

Vihreän energian ja teollisuuden viime vuosina ilmoitetut investoinnit toimialoittain 2030-luvun alkuun mennessä.

Investointien arvo (milj. euroa)



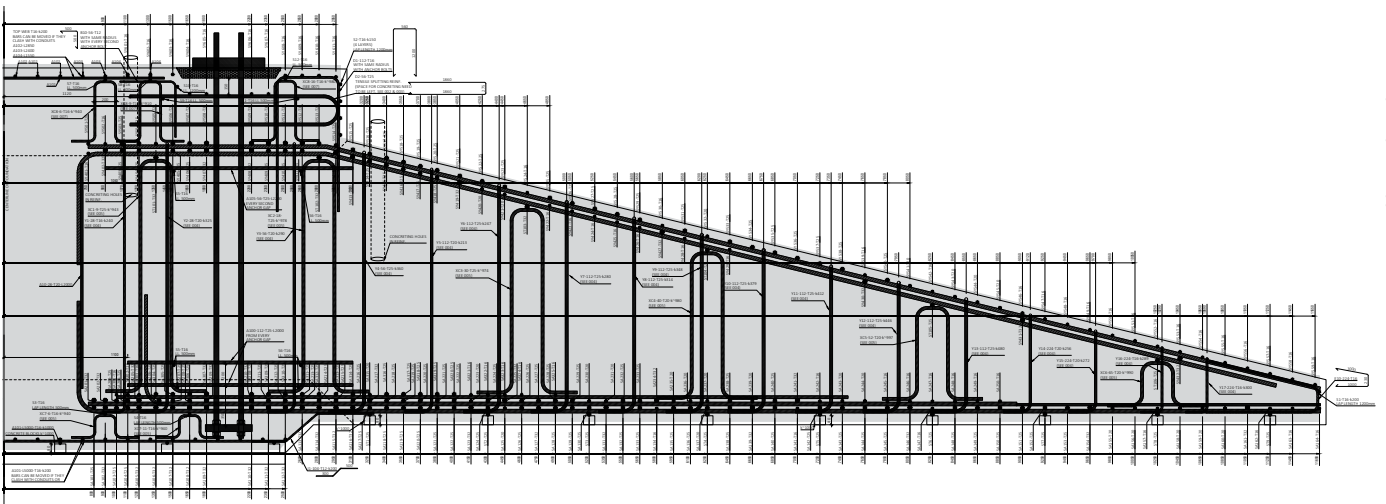
Lähde: Elinkeinoelämän keskusliitto ja Suomen uusiutuvat





Emma Kallio, Suvic Oy

2



Jaakko Norrmiivä

3

2 Voimalan gravitaatioperustuksen valuun kuluu aikaa 12–16 tuntia

3 Mallikuva tuulivoimalan gravitaatioperustuksesta

4 Perustuksen raudoitusta.



4

Suvic Oy. Suvicilla on kehitetty tuulivoimaloiden kallioankkuriperustusmenetelmä ja korotettu perustus.

Kallioankkuriperustusmenetelmä minimoi CO₂-päästöjä muun muassa vähentämällä raskaan kaluston ajoja työmaalle ja pienentämällä vaadittua betonimassan määrää. Korotetuissa perustuksissa tornin alaosa on raudoitettu paikallavalukorotus. Korotuksella saadaan optimoitua voimalan sähköntuotantoa nostamalla napakorkeutta useita metrejä rakennusluvan sallimissa puitteissa.

Perustukset ovat tuulipuiston yksi tärkeimmistä rakenteista. Voimaloihin voidaan tehdä joko kallioankkuriperustukset tai maanvarainen eli gravitaatioperustus. Oikein huonosti kantavalla maalla joudutaan paaluttamaan.

Maanvarainen perustus

- "Perinteinen" ratkaisu
- Betonia 800–1100 m³
- Harjaterästä 100–140 t

Kallioankkuriperustus

- Usein kustannustehokkain
- Betonia keskimäärin 250–350 m³
- Harjaterästä 30–40 t
- 15–20 m kallioankkureita 15–20 kpl

Ideaalitilanteessa voimaloille voidaan toteuttaa kallioankkuriperustukset, mutta Rajamäen kylän tuulipuistossa näin ei OX2 Finlandin head of construction *Pasi, Pata Tammivaaran* mukaan käy.

Yksittäiseen gravitaatioperustukseen betonia käytetään 700–900 m³. Tammivaara kertoo, että perustuksen massa vaikuttaa **voimalatyyppi**, ts. roottori, tornin korkeus, tornin tyyppi ja jopa nimellisteho – se, kuinka paljon tornin päässä on painoa.

Pohjatutkimukset antavat oikeat lähtötiedot perustussuunnittelulle. Ne paljastavat, löytyykö kantavia vai pehmeitä pohjakerroksia vai ehkä jopa kalliota kallioankkuriperustusten tekemistä varten. Pohjaveden pinnan tasolla on suuri merkitys. Jos veden pinta on korkealla, tulee enemmän nostetta, joten perustuksiin on saatava enemmän massaa. On myös selvitetävä, onko paikalla sulfaattimaata tai happamia vesiä, jotta osataan valita rasitusluokaltaan oikeanlaista betonia.

Suvicin design manager *Jaakko Norrkniivilä*n mukaan kallioankkuriperustus on aina edullisin ratkaisu. Tarve paalutukselle on huono uutinen, se tulee helposti 100 000 euroa kalliimmaksi perustusta kohden kuin muut ratkaisut.

Rajamäen kylän tuulipuiston voimaloiden gravitaatioperustuksista tulee suuria, halkaisijaltaan 25–30 metrin "kakkuja", keskialueellaan kolme metriä korkeita. – Betonia yhteen perustukseen menee kokonaisuudessaan noin 900 m³, Norrkniivilä, kertoo.

Pohjaolosuhteet alueella ovat hyvin vaihtelevat. Monin paikoin joudutaan tekemään

kohtuullisen suuria massanvaihtoja, jotta perustusten alle saadaan rakennettua kantava pohja. Myös pohjaveden taso vaihtelee paljon.

Ensimmäisiä perustuksia ryhdytään rakentamaan syksyllä 2025. Osa niistä valmistuu syksyn ja loppuvuoden kuluessa, loput kevään ja kesän 2026 aikana.

Vaativia valuja

Gravitaatioperustuksen valussa käytetään yleensä kahden tai kolmen eri lujuusluokan betonia. Kohdassa, jossa torni liittyy perustukseen ja perustuksen alapinnassa tarvitaan huomattavasti lujempaa betonia kuin muualla. Pääsääntöisesti perusbetoni on lujuusluokkaa C30/37 tai C35/45, kauluksessa ja alapinnassa C50/60 tai C55/67. Kaulusbetonin tulee olla säänkestävää.

Länsirannikolla on kohonnut riskiä happamille maille ja vesille. Silloin on käytettävä sulfaatinkestäviä betoneita.

Perustusten pinta-alat ovat suuria ja valut ovat pitkäkestoisia. Valaminen vaatii erityisosaamista, jota kenellä tahansa perusrakennusvaluihin tottuneella ei ole. Suomesta löytyy kuitenkin jo toimijoita, jotka ovat vahvasti erikoistuneet tuulivoimaloiden perustusten valamiseen. Suvicin kohteissa betonityönjohtajat ovat talon omaa väkeä, mutta Norrkniivilä painottaa, että muillakin valutöihin osallistuvilla tulee olla kokemusta massiivisten betonirakenteiden valamisesta.

Yhden gravitaatioperustuksen valuun kuluu aikaa 12–16 tuntia, riippuen siitäkin onko käytössä kiinteä asema vai työmaalle tuotu mobiiliasema. – Mobiiliasemien käyttö



Lujabetoni Oy

5

on nykyisin yleistä ja monellakin tapaa hyvin kätevää, Norrkniivilä sanoo. – Ajomatkoja saadaan järjeistettyä ja raskasta liikennettä pois julkisilta teiltä.

Paikan päällä on tavallisesti koko ajan yksi tai kaksi pumppuautoa.

Perustuksen valu syö yhden tehtaan koko kapasiteetin ja tuulipuiston perustuksia voidaan valaa perättäisinä päivinä, jos projekti on resursoitu oikein.

Betoniauton koosta riippuen 800–900 m³:n perustusta varten tarvitaan 80–100 autokuorma. Lisäksi on oltava riittävästi varamiehistystä sekä -autoja ja betoniasemalle valmiuteen vara-asema. Myös varapumppukalustoa pitää olla saatavissa lyhyellä varoitusajalla.

Tornin pystytys voidaan aloittaa, kun valusta on kulunut vähintään kuukausi. Turbiinin käyttöönottoa ei kuitenkaan saa tehdä ennen kuin betoni on saavuttanut tavoiteluuden.

Hybriditorniin

Perustusten lisäksi betonia voi olla myös itse voimaloiden torneissa. Silloin puhutaan ns. hybriditorneista, joissa on betoninen korkeampi alaosa ja matalampi teräksinen yläosa.

Lujabetoni on Suomen ainoa betonisten tuulivoimatonien elementtivalmistaja. Elementtejä valmistetaan Lujabetonin Kärämäen tehtaalla, jonne valmistui kesällä 2023 uudet tuotantotilat puhtaasti tuulivoimaloiden tornielementtien valmistusta varten.

Lujabetoni oli tavoitellut tornivalmistusta jo vuodesta 2015 ja jopa hankkinut Kärämäen tehdaskiinteistönsä alun perin tällä ajatuksella, mutta ennen vuotta 2022 ei tarjoustoiminta johtanut tulokseen.

Tornielementtien valmistus on erittäin vaativaa ja niillä on äärimmäisen korkeat laatuvaatimukset. Lujabetonin ensimmäinen elementtiratkaisu oli Nordexin teknologiaan perustuvia hybridirakenteinen betoni-terästorni, napakorkeudeltaan 168 metriä. Yhdessä tuulivoimalatornissa on 27 betonielementtiä, joiden koko vaihtelee. Suurimmat ovat 5,5 × 20 metriä korkeita ja painavat jopa 60 tonnia.

Karahkan tuulipuiston tuulivoimaelementtien valmistus poikkesi merkittävästi normaalista elementtivalmistusta. Tilaajan valvojat dokumentoivat jokaisen yksilön valmistuksen raudoituksesta valmistukseen digitaalisesti. Jokaisen betonijassikallisen leviämä mitattiin ja koekappaleita tehtiin noin kaksikymmentäkertainen määrä normaaliin valmistukseen verrattuna. Raudoitteiden suojaetäisyydet mitattiin kattavasti läpi elementtien. – Se ei ole niinkään elementtivalmistusta, vaan globaalin voimalateknologian valmistusta, Lujabetonilla tuulivoimaliiketoiminnasta vastaava yksikönjohtaja Tuomo Eilola sanoo.

– Elementtien valmistuksessa käytetyt betonit olivat lujimpia Suomessa koskaan tällaisessa volyymissä käytettyjä. Samalla niiden tuli täyttää vaativa XF3-rasitusluokka paikallisen rakennusvalvonnan asettaman

vaatimuksen mukaan, mikä asetti omat haasteensa itsetiivistyvän betonin käytössä onnistumiseen. Hyvän ennakkotutkimusten, vakioinnin ja valvonnan ansiosta betonoinneissa onnistuttiin Eilolan mukaan kuitenkin erinomaisesti.

Lujabetoni valmisti Karahkan projektiin 25 tornin elementit, lähes 700 kappaletta, ja varastoi ne kenttävarastointina kesällä 2024 tapahtunutta asennusta varten.

Karahkan tuulipuiston jälkeen uusien projektien saanti on ollut hankalaa levyteräksen hinnan laskettua globaalisti. Kärämäen tuulivoimatehdas on tällä hetkellä ilman projektia ja lomaautuksessa.

Korkeus vaikuttaa

Rajamäenkyän tuulipuistoon ei tule hybriditorneja. OX2 Finland on kuitenkin toteuttanut kaksi vuotta sitten kaksi projektia saksalaisilla hybriditorneilla. Toimittaja oli silloin GE.

Tammivaaran mukaan hybriditornien valintaan on aikaisemmin vaikuttanut erityisesti teräksen korkea hinta. On tullut halvemmaksi valmistaa vaikkapa puolet tornista betonista. Nykyisin syy on yleensä toinen.

– Voimalan korkeudella on ratkaiseva merkitys tuotannolle. Ylempänä tuulee aina kovempaa ja kaikki luvan sallimat metrit halutaan tietysti hyödyntää, Tammivaara selittää. – Voimaloilla on tyyppisertifiointi ja valitulla voimalatoimittajalla ei välttämättä ole sertifioituna sellaista tornikorkeutta, jota kyseisessä



6

5 Lujabetoni valmisti Karahkan tuulivoimaprojektiin tarvittavien 25 hybriditornin elementit Kärsämäen tehtaallaan.

6 Kuva Karahkan tuulivoimapuiston pystytysvaiheesta.



Lujabetoni Oy

7



VSB Uusiutuva Energia Suomi Oy

8

7 Tuulivoimaelementit ovat mittavia rakenteita.

8 Tuulivoimala ja energialaitos.



tuulipuistossa olisi järkevä käyttää. Silloin voimala toteutetaan hybridinä.

Jäykkyydeltään hybriditornit ovat Tammivaaran mukaan terästorneihin verrattuna hieman erilaisia, mikä tulee ottaa huomioon sekä rakentamisessa että ylläpidossa. – Rakentaminen on spesiaalihommaa ja hybridiosien rakentajat ovat erikoisyrityksiä. Hyvän tuulivoimaprojektin voi pilata huonolla betoniosalla. Siksi siihen on käytettävä ammattilaisia, hän painottaa.

Geometrialtaan hybridi- tai terästornivoimaloiden perustukset eivät juuri eroa toisistaan.

– Jos katsot perustusta 30 metrin päästä, niissä ei ole mitään eroa. Tornityypeissä on kuitenkin erilaisia teknisiä nyansseja, jotka perustussuunnittelussa pitää ottaa huomioon. Esimerkiksi vaikkapa liitokset perustukseen, Norrkniivilä huomauttaa.

Voimaloiden tehojen ja tuotto-odotusten kasvaessa torneista tulee yhä korkeampia. Jatkossa yhä useampi korkea torni saatetaan toteuttaa hybridirakenteisena. Lujabetonilla on valmiudet valmistaa myös muiden kuin Nordexin tarpeisiin räätälöityjä tornelementtiratkaisuja.

Aina "vihreitä" perustuksia

Tuulivoimalla tuotettuun energiaan liitetään mielikuvia kaikinpuolisesta puhtaudesta ja ympäristöystävällisyydestä. Myös voimaloiden rakentamisen tulisi siten aiheuttaa mah-

dollisimman vähän haittaa ympäristölleen ja tietenkin päästöjä.

Teräksen ja betonin valmistaminen ei tietenkään päästötöntä toimintaa ole.

Tammivaara sanoo, että hankkeisiin kyllä kysytään mahdollisimman vähähiilistä betonia, mutta hinnallakin on toistaiseksi vielä merkitystä. – Yritämme kyllä vaikuttaa siihen, että tuulipuistojen rakentamisen kokonaishiilidioksidipäästöt saataisiin mahdollisimman alas.

Perustusten osalta tilanne on mitä mainioin.

–Betonihan on sementinvalmistuksen vuoksi hiili-intensiivinen rakennusmateriaali, mutta kun sementin sijasta käytetään sideaineena masuunikuonaa, se pienentää betonin hiilidioksidipäästöjä huomattavasti, Norrkniivilä huomauttaa. – Me suosimme sitä kuitenkin toisesta syystä.

– Tuulivoimalan perustukset ovat massiivisia betonirakenteita, joiden valussa lämpö ei lujituksenkehityksen aikana saisi nousta liian korkeaksi. Sitä pitää jollakin tavalla rajoittaa. Masuunikuona on siihen erinomainen keino. Käytämme 50–70 prosenttia masuunikuonaa sideaineena hidastamassa alkulujuuden kehittymistä.

–Niin kauan kuin minä olen alalla ollut, tuulivoimaloiden perustukset on siis perustettu vihreälle betonille, mutta valinta on kyllä tehty teknisen toteuttamisen kautta.

Lähes kokonaan kiertoon

Aikanaan jokainen tuulivoimala puretaan. Tuulivoimalan elinkaari on noin 35 vuotta. Suomen uusiutuvat ry:n operatiivinen johtaja Heidi Paalatie kertoo, että tähän mennessä Suomessa on purettu jo 50 voimalaa. Niistä suurin osa on ollut alan pioneerin pilottivaiheen voimaloita. Porin Reposaaressa penger-tieltä purettiin kaksi vuotta sitten sopimusteknillisistä syistä vuonna 1999 rakennettuja voimaloita. Enenevässä määrin tuulivoimaloita puretaan 2030–40-luvuilla.

Nykyisellään voimaloista noin 85–95 prosenttia voidaan kierrättää. Useissa Euroopan maissa ympäristölainsäädäntö määrää tuulivoimaloiden maanpäällisten osien lisäksi purettavaksi myös maanalaiset osat. Vuonna 2020 Saksan Standardi Instituutti laati tuulivoimaloiden purkamiselle ja kierrätykselle yhtenäiset standardit sisältävän ohjekirjan DIN SPEC 4866, josta odotetaan tulevan alan standardi.

Perustus jää tarpeettomaksi, sillä vanhan perustuksen päälle ei voi pystyttää uutta voimalaa. Ensinnäkin uudet voimalat ovat vanhoja merkittävästi suurempia. Tornit ja lavat ovat pitempiä. Uudelle voimalalle on mitoitettavat uudet perustukset.

Vaikka voimala olisikin tismalleen samanlainen kuin vanha, sen perustusten jäljellä olevasta käyttöiästä ei olisi takeita.

Perustus värähtelee koko ajan tuulen voimasta, joten sen kohdanneita rasituksia on



Finnsementti Oy

9

9 SRF-polttoainetta Finnsementti Oy:n Lappeenrannan tehtaalla.

10 Muovikomposiittimurske syötetään Finnsementin sementtitehtaalla prosessiin sisään polttoaineen joukossa ja on suoraan tekemisissä palotilassa syntyvän tuotteen kanssa. Kuvassa SRF-polttoaineen syöttölaitteisto.

11 Finnsementin Lappeenrannan tehtaalla muovikomposiittimurske toimii polttoaineena ja klinkkerin raaka-aineena. Murskeessa voi olla mukana myös käytöstä poistettuja tuulivoimalan lapoja.

mahdotonta arvioida. On aina halvempaa, helpompaa ja turvallisempaa purkaa vanha perustus ja rakentaa paikalle uusi.

Suomessa on toteutettu muutama ns. reowering-hanke, jossa samalle paikalle on pystytetty uusi voimala. Yksi niistä sijaitsee Kemlin Ajoksessa. Vanhoista puretuista perustuksista talteen otettua materiaalia pystyttiin osittain hyödyntämään rakennustyömaalla.

Nykyisin voimassa olevien lakien ja säännösten mukaan betoniperustukset voidaan jättää maahan ja maisemoida, kunhan pintoja ei rikota.¹ Paalatie huomauttaa, että maanomistajan kanssa on toki voitu sopia jotain muutakin.

Hallitusohjelmassa oli kirjaus varautumisesta perustusten purkuun. Samalla mahdollisesti mietitään, tarvitaanko uutta lainsäädäntöä. Asia on edelleen selvitysvaiheessa.

Paalatien mukaan purkuvaiheessa olisi tärkeä säilyttää mahdollisuus tarkastella kohteita tapauskohtaisesti. –Äärimmäinen esimerkki on tietysti poronhoitoalue, joka on jo ääniympäristöltäänkin herkkää. Lujan perustuksen purkamisesta aiheutuu tärinää ja melua ja massat on sen jälkeen kuljetettava pois ja uudet tuotava tilalle. Purkaminen ei ole itsestään selvä vaihtoehto, kun mietitään luonnon kannalta parasta vaihtoehtoa.

Porin Pengertiellä perustukset olivat osana tietä, joten niitä ei missään tapauksessa olisi voinut purkaa. Se olisi voinut vaikuttaa tien perustuksiin. Nykyisin sellaiselle paikalle ei tietenkään tuulivoimalaa saisi edes rakentaa.

Suoraan sementtiin

Puretut betoniperustukset voidaan murskata, pulveroida ja käyttää tienpohjina. Euroopan Tuuliyhdistys WindEuropen mukaan betoni-

murskeen laajaa käyttöä rajoittaa toistaiseksi kuitenkin sekä kysyntä että kuljetuskustannukset.

Romumetallin myynnillä voidaan kattaa osa purkamisen ja kierrätyksen kuluista.

Tähän mennessä vaikeimmin kierrätettävä osa tuulivoimalaa ovat olleet muovikomposiittiset lavat.

WindEuropen mukaan lapajätettä syntyy Euroopassa vuosina 2020–2023 joka vuosi jopa 15 000 tonnia. Määrä voi kohota vuoteen 2030 mennessä 60 000 tonniin vuodessa.

Muovikomposiitti on hankalasti kierrätettävä jättemateriaali. Se sopii huonosti poltettavaksi, sillä on huono lämpöarvo ja siitä tulee paljon tuhkaa.

Tuulivoima-ala on Euroopassa asettanut itse itselleen kiellon toimittaa lapajätettä kaatopaikoille. Suomessa olemme hoitaneet asian kuntoon jo ajat sitten. Hyötykäyttöäkin eri lähteistä syntyvälle komposiittijätteelle yritettiin kehittää jo viime vuosikymmenellä kahdessakin eri hankkeessa.

Kolmas kerta toden sanoi. Ympäristöministeriön rahoittamassa, Muoviteollisuus ry:n vetämässä vuoteen 2022 kestäneessä KiMuRa-hankkeessa luotiin lopulta toimiva keräys- ja käsittelyverkosto muovikomposiittijätteelle. Myös puretuista tuulivoimaloiden lavoista saatu muovikomposiittijäte kuljetetaan Hyvinkään keräyspihalla murskattavaksi. Sen jälkeen se toimitetaan Finnsementti Oy:n Lappeenrannan tehtaalle klinkkerin valmistuksen raaka-aineeksi ja energialähteeksi.

–Sementtitehtaalla muovikomposiittimurske syötetään prosessiin sisään polttoaineen joukossa ja on suoraan tekemisissä palotilassa syntyvän tuotteen kanssa. Palamattomat osat sulavat osaksi lopputuotetta ja menevät

suoraan materiaalihyötykäyttöön sementin valmistuksessa osana klinkkeriraaka-ainetta, Finnsementin vastuullisuusjohtaja *Ulla Leveelahti* kuvaa.

Toistaiseksi hyvin pieni osa muovikomposiittimurskeesta on peräisin tuulivoimaloiden lavoista, sillä voimaloita on purettu niin vähän.

Uudet, nyt pystytettävät tuulivoimalat puretaan 30–35 vuoden kuluttua. Ne ovat entisiin verrattuna huomattavasti suurempia. –Lapamateriaali on varmasti kehittynyt ja selvästi entistä vahvempaa. Uudet lasikuitumateriaalit ovat siten erittäin kovia. Leveelahti sanoo, että niiden soveltuvuus hyödynnettäväksi sementin valmistuksessa on arvioitava sitten, kun ne tulevat kierrätettäviksi.

Finnsementin Lappeenrannan tehtaalla viime vuonna yli 70 prosenttia polttoaineesta oli kierrätyspolttoainetta. Siitä tämä SRF-polttoaine on suurin ryhmä. Kierrätyspolttoaine (Solid Recovered Fuel, SRF) on kaupan, teollisuuden ja rakentamisen jätteistä jalostettavaa polttoainetta. SRF-polttoaine valmistetaan jätteistä, jotka ovat tulleet tiensä päähän, eivätkä sovellu suoraan materiaalikierrätykseen.

Lähteet

1 <https://ym.fi/documents/1410903/163317612/Muistio,+Tuulivoimaloiden+perustusten+purkamisen.pdf/339008ff-3bff-de8a-0a45-c3b3351ac25b/Muistio,+Tuulivoimaloiden+perustusten+purkamisen.pdf?t=1685366245444>



Dismantling and recycling of wind farms

The service life of wind power plants varies depending on when they were built, from 20 years to up to more than 35 years for new turbines. When a wind turbine reaches the end of its lifecycle, it is dismantled and the parts are recycled. There is also an aftermarket for second hand wind turbines. In other words, they can be sold and then erected again in a new location. As a rule, however, decommissioned wind power plants are dismantled and recycled.

Wind power plants contain a large amount of materials with monetary value in the form of valuable metals. The value of a power plant to be dismantled depends on many factors, such

as the tower solution and the size of the plant. Dismantling costs are also influenced by the total number of wind turbines to be dismantled in the area, as well as the dismantling and waste handling methods. For example, are the blades to be transported as whole blades or cut or crushed on the site of the plant. What is done with the foundation of the turbine also has an impact. Will it be dismantled to restore the special feature of the area or to make space for a new plant, or will it be landscaped on the site as specified in current legislation in Finland.

In Finland, the blades of wind turbines can be used as resources in circular economy, just like any other plastic composite waste produced

by the society. Plastic composite materials collected across the country are crushed in Hyvinkää and delivered to the Lappeenranta plant of Finnsementti. Half of the material is used in cement manufacture as energy, the other half as raw material. The combination of recycling and energy use is referred to as parallel processing. Solutions are also being developed for chemical recycling, for example.

Artikkelisarja julkisivukorjaamisesta Osa 3/4: Korjausten sisällön optimointi julkisivuhankkeessa



Joni Avikainen, ins. AMK

Osastopäällikkö, Sitowise Oy,

Korjaussuunnittelu

Julkisivuyhdistys JSY ry, hallituksen jäsen

joni.avikainen@sitowise.com

Korjaustarpeen perusteet ja niiden luotettavuus herättävät keskustelua niin taloyhtiöiden yhtiökokouksissa kuin kuntien päätösten tekijöidenkin tilaisuuksissa. Parhaan korjausratkaisun valinta, olipa kyseessä rakennuksen tai rakennusosan korjaaminen, uudistaminen tai hallittu loppuun käyttö, on näkökulmasta riippuen usein vaikea ja monitahoinen päätöksentekoprosessi.

Päätöksentekoa ohjaa vahvasti taloudellisuus ja turvallisuustekijät, mutta pohdinnan pitää kattaa myös rakentamislakiin lisätyt kaksi uutta olennaista teknistä vaatimusta: rakennuksen vähähiilisyyys ja elinkaariominaisuudet. Nämä vaatimukset ovat keskeisiä tekijöitä, jotka muovaavat tulevaisuuden rakentamiskäytäntöjä, ja ne asettavat uusia haasteita myös rakentamisen ammattilaisille.

Koska betoni on julkisivujen ja parvekkeiden yleisin rakennusmateriaali Suomessa, on tärkeää, että kiinnitämme huomiota betonirakenteiden kestäviin ratkaisuihin ja kehitämme alan toimintamalleja.

Jokaisella päätöksellä korjaamisen, uusi-
misen tai hallitun loppuun käytön puolesta on pitkäaikaisia vaikutuksia ympäristöömme, joten päätöksentekijöillä on merkittävä vastuu varmistaa, että ratkaisut ovat aidosti kestäviä.

Rakenteiden kuntotutkimus ohjaa korjausratkaisuihin

Betonirakenteiden julkisivujen ja parvekkeiden korjausratkaisut selvitetään rakenteiden kuntotutkimuksissa. Korjausratkaisujen valinnassa useimmiten turvaututaan Betoniyhdistyksen vuonna 2013 julkaisemaan (vuonna 2019 päivitettyyn) betonijulkisivujen kuntotutkimusohjeeseen (BY42) ja sitä tukevaan vuonna 2014 julkaistuun tilaajan ohjeeseen. Ohjeisiin perustuen kuntotutkimuksiin sisällytetään betoninäytteiden laboratorioanalyysijä, joista tehdään muun muassa seuraavia arviointoja:

- Betonin vaurioitumisen ja rakenteen kunnan selvittäminen (veto- ja tarvittaessa puristuslujuus, pakkasenkestävyys ja pakkasvaurioituminen)
- Raudotteiden korroosioriskin arvioiminen (betonin karbonatisoituminen poranäytteistä ja tulosten vertaaminen terästen peitekerrosten mittauksiin)
- Tarvittaessa rakennusmateriaaleissa olevien haitta-aineiden sekä betonin kloridipitoisuuksien selvittäminen.

Ohjeet on laadittu vanhan rakennusmääräyskokoelman ollessa voimassa, jolloin lait ja asetukset eivät ole ottaneet juurikaan huomioon esimerkiksi rakentamisen vähähiilisyysä. Nykytiedon mukaista laskentamallia tai päästötietokantaa rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen laskemiseksi ei tuolloin ole ollut käytössä. Myös tutkimuslaitteet ovat kehittyneet viimeisen vuosikymmenen aikana ja esimerkiksi rakenteita rikkomattomat menetelmät ja mittalaitteet voisivat antaa lisäarvoa betonirakenteiden korjausten optimointiin.

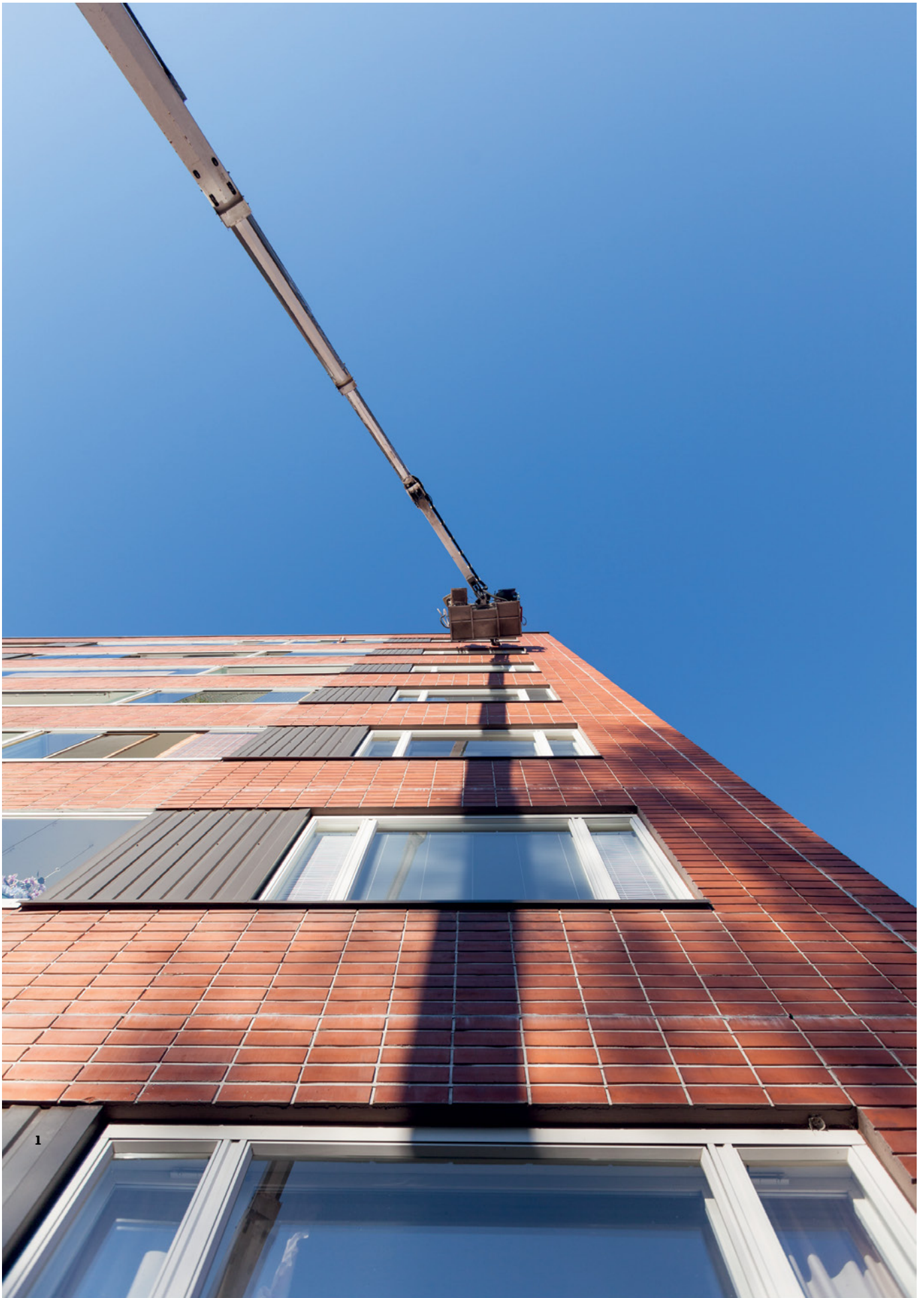
Korjausvalinnan optimoinnissa oikein ajoitetut ja mitoitettut korjaustoimenpiteet ovat tärkeässä roolissa. Julkisivuyhdistyksen laatimat JUKO-ohjeistukset ja erityisesti osan B2 liitteet tukevat asiantuntijaa oikean korjausmenetelmän valinnassa ja antavat kattavaa tietoa kustannuksista ja käyttöikäennusteista eri menetelmille.

Tässä artikkelissa käsitellään betonijulkisivujen ja -parvekkeiden korjausprosessien



1 By42 Ohjetta voidaan soveltaa lähes kaikenlaisten betonijulkisivujen ja parvekkeiden kunnan selvittämisessä. Ohjetta on kuitenkin käytettävä harkitusti soveltaen siten, että kunkin kohteen erityispiirteet tulevat otetuiksi huomioon. Ohjeessa käsitellään rakenteet ja vauriotyypit, erilaiset korjaustavat ja niiden soveltuvuus sekä käytettävissä olevat tutkimusmahdollisuudet.

2 Julkisivuhankkeissa betonirakenteilla julkisivuelementeillä on merkittävä osuus kuntotutkimuksissa.



1

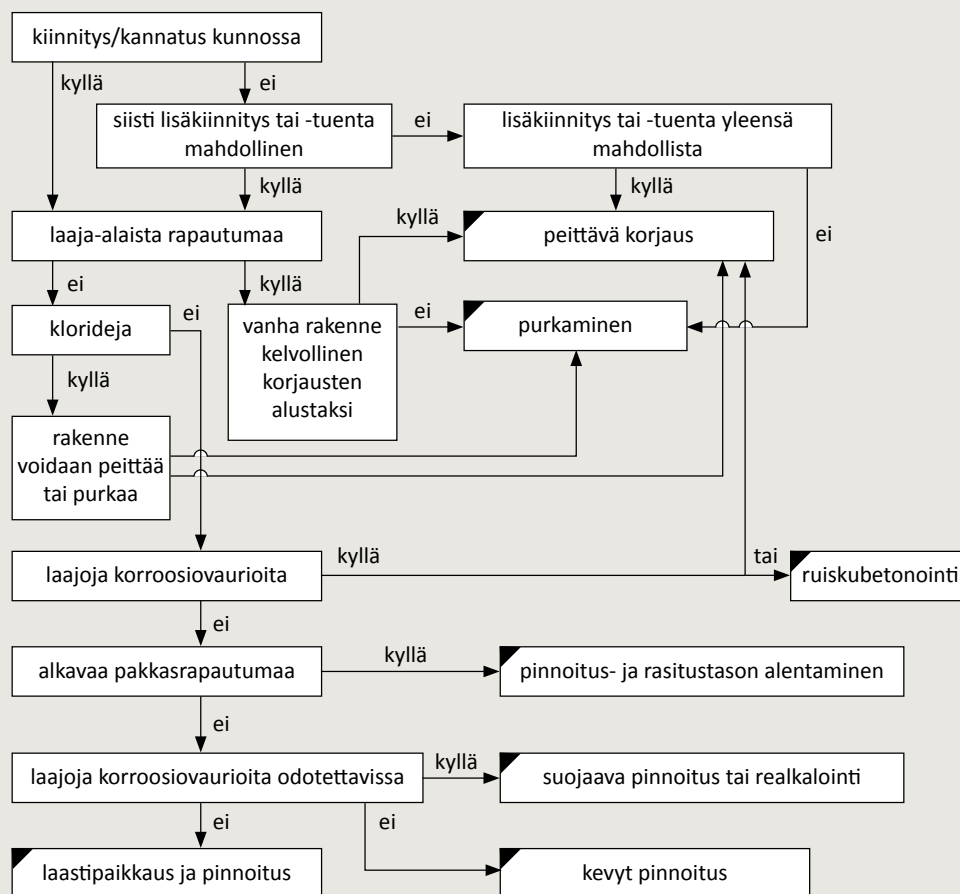
Sitowise

2

Kuva 1

Suuntaa antava kaavio rakenteen kunnon vaikutuksesta korjaustapaan

(BY42, kuva 7.1)



nykytilaa, verrataan niitä infrarakentamisen puolella käytössä oleviin prosesseihin sekä tuodaan esiin kehitysjatkuksia siitä, kuinka aiemmin opittuja toimintamalleja voitaisiin jatkojalostaa esimerkiksi panostamalla tarkempiin kuntotutkimusmenetelmiin betonirakenteiden korroosiotilan arvioimiseksi julkisivuhankkeen sisällön optimoinnin näkökulmasta.

Betonijulkisivujen ja parvekkeiden kuntotutkimukset ja korjaussuunnittelu ovat monitahoisia prosesseja

Betonijulkisivujen kuntotutkimusohjeessa BY42 kerrotaan havainnollisesti siitä, miten kuntotutkimuksen analyysivaiheessa joudutaan käsittelemään suurta määrää erilaisia tietoja, havaintoja ja mittaustuloksia. Esimerkiksi pelkkä tekninen tarkastelu rakenteen kunnon vaikutuksesta korjaustapaan on jo itsessään monitahoinen prosessi, jota BY42:n suuntaa antava kaavio (Kuva 1) kuvaakin erittäin havainnollisesti.

Tämän teknisen arvioinnin siirtyessä tilaajan pöydälle sitä tulisi täydentää erilaisilla näkökulmilla ja lisäselvityksillä kokonaisesityksen muodostamiseksi. Arvioinnissa tulisi ottaa huomioon esimerkiksi investointi- ja elinkaarikustannukset, hiilijalanjälki ja -kädenjälki, kiinteistön käyttötarkoitus nyt ja tulevaisuudessa, energiatehokkuus, käyttö- ja paloturvallisuus sekä rakennetun ympäristön estetiikan ja arkkitehtuurin säilyttäminen.

Oikean korjausratkaisun valinnassa voidaan puhua laajasta monitavoiteoptimoinnista, joka useimmiten vaatii useamman erikoisosaajan asiantuntemusta sekä hankeohjausta tilaajan puolelta. Purkavaa korjausta on asiantuntijan aina helppo suositella, mutta nykyisen lainsäädännön ollessa voimassa on hyvä kysyä, onko rakenteen kokonaan uusiminen kestävä rakentamisen näkökulmasta aina perusteltua, ja onko rakenteiden uusiminen aina taloudellisin vaihtoehto korjaushankkeessa? Myös betonirakennetta korjattaessa korjausasteen optimointiin tulisi kiinnittää

huomiota, onko esimerkiksi terästen korroosiosuojaus ja laastipaikkausmäärät aina mietitty loppuun saakka vai voitaisiinko niitäkin minimoida tarkemmalla korroosioasteen selvittämällä huomioiden rakennetta kosteudelta suojaavat tekijät?

Haasteita osaamisessa sekä tilaajien että asiantuntijoiden puolella

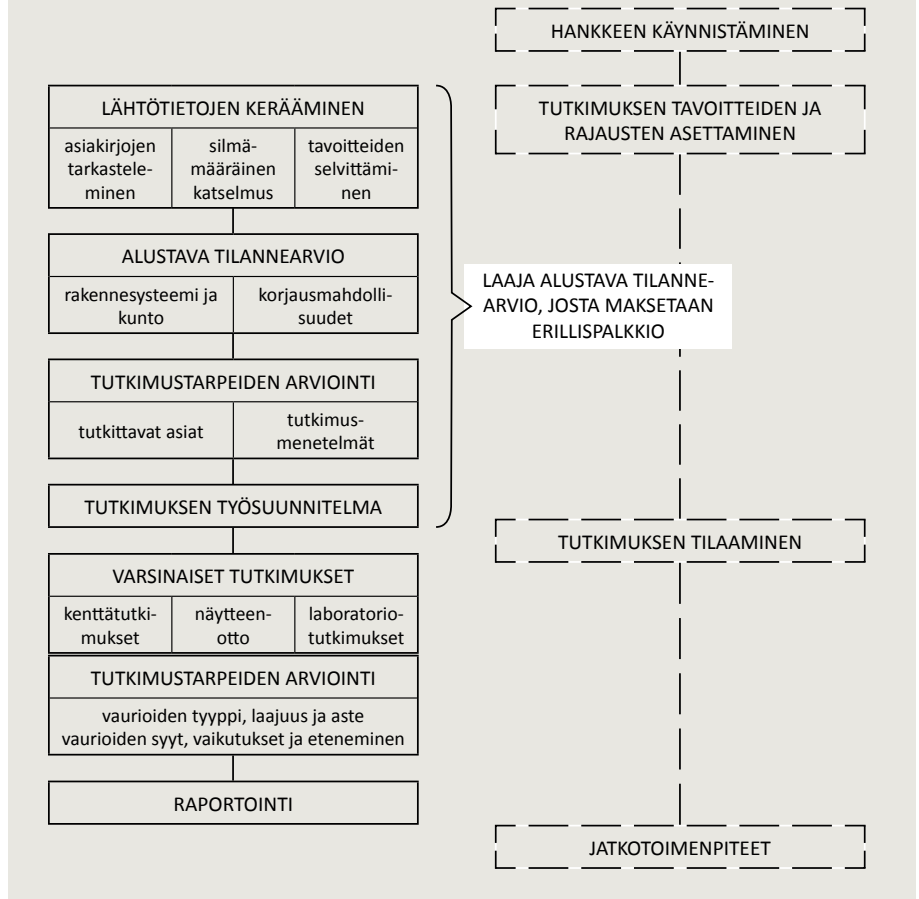
Myöskään tilaajan halukkuus investoida tutkimus-/analysointivaiheeseen ei aina ole itsestään selvää. Tähän sanonta "köyhällä ei ole varaa ostaa halpaa" sopii hyvin, sillä betonirakenteiden kohdalla investointi erityisasiantuntijuuteen kuten kuntotutkimuksiin ja -analyysihin voisi johtaa huomattaviin säästöihin, mikäli purkavan korjauksen sijaan pystyttäisiinkin tekemään valinta esimerkiksi rakenteen turvallisesta käytöstä loppuun tai jatkaa käyttöä tekemällä oikein mitoitettuja korjauksia uusimisen sijaan.

Korjaustavan optimoinnissa yksi ongelmista on se, että valitettavan harvoin tilaaja

Kuva 2

Kuntotutkimuksen suositeltava kulkukaavio, jossa keltaisella merkittyä vaihetta ei tyypillisesti tehdä

(BY42, kuva 5.1)



ostaa ulkopuolista osaamista siinä vaiheessa, kun kuntotutkimusten tarjouspyyntöä ollaan laatimassa. Rakennukset eivät useimmiten noudata tilaajan ohjeiden mukaisia perusrakennustyyppisiä, jolloin näytteenoton ja kuntotutkimuksen suunnittelu edellyttäisivät ammattitaitoa. Tästä huolimatta kuntotutkimusten tarjouspyyntöjä kuitenkin laaditaan ilman asiantuntijan apua yksilöimättä kuntotutkimuksen tehtäviä, laboratoriotutkimuksia ja rakenteista otettavia näyttemääriä. Vaikka esimerkiksi BY42 ja sitä täydentävä tilaajan ohje kannustavatkin käyttämään resursseja tutkimusvaiheeseen, usein päädytään tilanteeseen, jossa tutkimusvaihe hankintaan minimisältöisenä. Konsultin näkökulmasta tilanne on haastava - miksi sisällyttää vähimmäismäärää enempää näytteitä tarjoukseen, jos se tarkoittaa sitä, että jätät hintakilpailun häntäisjoille? Tutkimuslaajuuden muuttaminen ja näytemäärien nostaminen tilauspäätöksen jälkeen on harvinaista, vaikka näitä suositeltaisinkin kuntotutkijan toimesta koh-

teeseen perehtymisen jälkeen. Lisäksi tulosten analysoinnissa voi ilmetä tarvetta lisänäytteenotolle tai jatkotutkimuksille. Valitettavan usein kuntotutkimus nähdään ylimääräisenä kuluna eikä sen kriittisyyttä korjaustapojen valinnassa tunnusteta.

Viime vuosikymmeninä julkisivukorjauksiin liittyvä asiantuntijuus Suomessa on alkanut siiloutua. Jopa pienissä ja yksinkertaisissakin hankkeissa betonirakenteen kuntotutkimus-, korjaussuunnittelu- ja kilpailutusvaiheet saatetaan tehdä täysin erillisinä toimeksiantoina. Tämä käytännössä usein johtaa siihen, että asiantuntija vaihtuu tiheästi, jolloin tiedonkulku ja kokonaiskäsitelmä itse ongelmasta alkaa hämärtyä. Riskinä onkin, että betonirakenteen kunnosta tehdään väärä tulkintoja ja johtopäätöksiä, jolloin päädytään joko yli- tai alikorjaamaan rakennetta.

Olisikin hyvä, että tilaajat vaatisivat alan toimijoilta pätevyyskatsiota, referenssejä vastaavista kohteista sekä valittavan henkilön sitoutumista tehtävään. Myös siiloutumista

olisi hyvä välttää ja suunnittelutoimistojen tulisi kannustaa asiantuntijoitaan monipuoliseen osaamiseen eli tässä tapauksessa sekä kuntotutkimus- että korjaussuunnittelutehtävissä toimimiseen. Kuntotutkimus- ja suunnitteluosaamisen rooli on myös oleellinen kilpailutuksen pohjana toimivien eri korjausmenetelmien määrääroinnissa. Asiantuntijan voisi olla järkevää laajentaa osaamistaan hallitusti myös rakennuttamistehtäviin.

Betonirakenteiden julkisivu- ja parvekekorjausten osalta oleellisia pätevyyskatsiota ovat muun muassa:

- Betonirakenteiden kuntotutkija (betonirakennukset)
- Betonirakenteiden korjaussuunnittelija (materiaalitekniikka korjaus)
- Betonirakenteiden suunnittelija.

Vain harvalla asiantuntijalla on hallussaan nuo kaikki edellä mainitut pätevyudet.



Sitowise

3 Betoninäytteiden ottaminen.

Raudoitteiden korroosion arviointi

Raudoitteiden korroosio on yksi suurimmista betonirakenteiden ongelmista, sillä se voi johtaa merkittäviin ja laaja-alaisiin vaurioihin, jos sitä ei havaita ajoissa. Korroosioarvion tekeminen on helppoa silloin kun näkyviä korroosiovaurioita on runsaasti ja johtopäätökset rakenteen kunnosta voidaan tehdä jopa ilman tarkempia näytteenottoja ja tutkimuksia. Haastavuus ilmenee silloin, kun rakenne on vielä hyvässä kunnossa eikä tuolloin ylipäänsä osata edes tunnistaa tutkimuksen tarvetta. Myöskään hyväkuntoisen rakenteen porailu ei välttämättä kuulosta hyvältä, vaikka näytteiden analysoiminen voisikin antaa elinkaaren hallinnan kannalta oleellista tietoa. Ongelman ydin piileekin juuri tässä – oikein ajoitetuilla ennakoituilla tutkimuksilla ja korjauksilla voitaisiin jatkaa elinkaarta huomattavasti ja saada korroosiovaurioituminen pysähtymään, mutta miten kiinteistönomistajat saadaan heräämään ja teettämään tarvittavat tutkimukset oikea-aikaisesti?

Tutkittava rakenneosa ja sitä ympäröivät olosuhteet on hyvä tuntea tarkasti

Teräsbetonirakenteen kuntoa arvioidessa on hyvä huomata, että ympäröivät olosuhteet vaikuttavat merkittävästi korroosion etenemiseen. Kuten BY42:n kuvaaja esittää, sateelta suojattu rakenne voi karbonatisoitua nopeasti korroosionopeuden ollessa hidasta. Sateelta alttiissa rakenteessa tilanne voi taas olla päinvastainen.

Koska korroosion kehittyminen on erittäin yksilöllistä ja vallitsevista olosuhteista riippuvaa, on etenkin ehjän betonirakenteen tarkastelu tästä syystä erittäin vaikeaa ja myös tulkinnan varaista. Tapauksissa, joissa raudoitteiden korroosioriski on suuri, olisi hyvä selvittää korroosiotilanne myös raudoitteiden esiin piikkaamisella karbonatisoitumis- ja peitepaksuusmittausten lisäksi. Raudoitteiden esiin piikkaamisella voidaan arvioida korroosionopeutta luotettavammin, jolloin myös rakenteen käyttöikä voidaan arvioida tarkemmin.

Esimerkkinä voidaan käyttää vaikkapa parvekerakenteita: säältä suojassa olevia sisään vedettyjä ja lasitettuja parvekkeita ei kannata arvioida täysin samoilla kriteereillä kuin sateelle alttiita parvekkeita. Sateelta hyvin suojassa olevat parvekelaatat ovat voineet säästyä merkittävästi korroosiotekijältä eli kosteusrasitukselta, jolloin korroosioriski ja -nopeus ovat alhaisemmat. Myös ulokeparvekkeet, joissa vetoteräksset ovat yläpinnassa voivat todellisuudessa olla hyvässä kunnossa edellyttäen tietysti sitä, että laatan yläpinnan vedeneristystä on huollettu ja kunnostettu säännöllisesti.

Korroosion rakenteellinen vaikutus on ensimmäisten halkeamien syntymisestä esteettinen ja rakenteen kantavuus heikentyy vasta pidemmälle edenneestä korroosiovauriosta, esimerkiksi kuivassa betonissa teräksen korroosionopeus on lähes olematon. Teräksen poikkileikkauksen pienentyminen vaatiikin vuosia ennen merkittävää vaarantumista

kantavuuden suhteen. Toki, betonin lohkeilu tulee ottaa huomioon myös turvallisuustekijänä esteettisyyden lisäksi.

Jotta korjaustapaa päästään optimoimaan, tutkimuksissa onkin tärkeää niin sanotusti päästä pintaa syvemmälle, ja käyttää oikeita tutkimusmenetelmiä riippuen siitä, tutkitaanko korroosioriskiä vai korroosioastetta.

Useimmiten kuntotutkimukset tehdään minimisisältöisinä

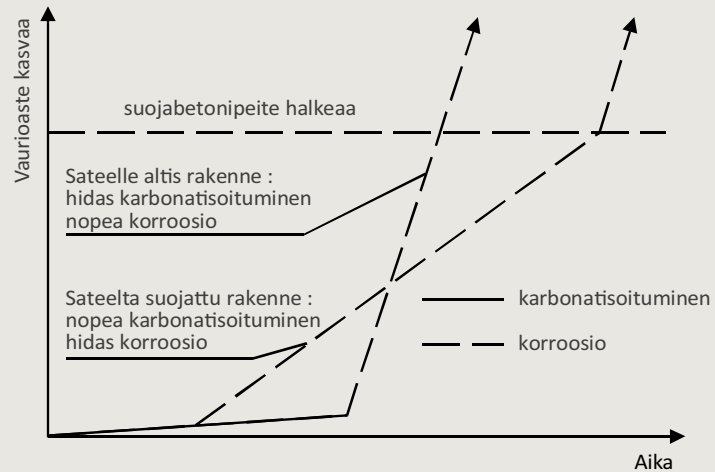
Nykyisten menetelmien ja korroosion arvioinnin luotettavuutta voidaan arvioida esimerkiksi tilaajan ohjeen mukaisessa tyyppillisessä pistetalossa, jossa näytemäärät ovat vähimmäismäärien mukaisia. Kuvassa 5 on esitetty tyyppillisen pistetalon miniminäytemäärät:

Betonin kunnan selvittämiseksi pistetalon näytemäärät ovat varsin kattavat, mutta ohjeessa ei oteta kantaa paikalliseen näytteenottoon, kuten korroosioasteen selvittämiseen raudoitteita paljastamalla. Jos raudoitteet ovat aktiivisessa korroosiotilassa, joka selviää karbonatisoitumis- ja peitepaksuusmittausten perusteella, voi tulosten tulkinnassa syntyä tarve korroosioasteen selvittämiseksi esimerkiksi raudoitusten esiin piikkaamisella.

Myös näytemääriä nostamalla ja kohdistamalla niitä esimerkiksi NDT-laitteen avulla raudoitteiden kohdalle (huomioiden raudoitteiden merkitys rakenteiden kantavuuteen), voitaisiin saada luotettavampi arvio betonin kunnan lisäksi myös itse raudoitteiden todellisista korroosioasteista. Tärkeintä joka tapauk-

Kuva 4

Korroosion vaiheet
kuivissa ja kosteissa
olosuhteissa,
muuttujana vain
saderasitus (BY42, kuva 3.1)



sessä olisi, että jos rakenne ei ole siinä kunnossa, että raudotteiden korroosiota voitaisiin arvioida ulkoisen vaurioitumisen perusteella, tulisi raudotteiden todellinen korrosioaste selvittää jollakin keinolla. Näytemäärä tulisi osata valita ja kohdentaa aina lähtötilanteen mukaan.

Raudotteiden paikantaminen näytoperauksien määrittämiseksi on aina järkevää, koska tällöin näytoperaaminen on hallittua ja tiedetään tarkasti, kohdistuuko näyte raudotteiden kohtaan vaiko raudottamattomalle alueelle, jos halutaan betonista esimerkiksi veto- tai puristuslujuusnäyte, mikä ei saa sisältää raudotteita. Laboratorioilta voidaan myös pyytää arviota poranäytteessä olevan raudotteiden kunnosta, jolloin asiantuntija saa myös toisen osapuolen näkemyksen korrosioasteen määrittämiseen.

Mitä sitten voisimme oppia infrarakentamisen puolelta?

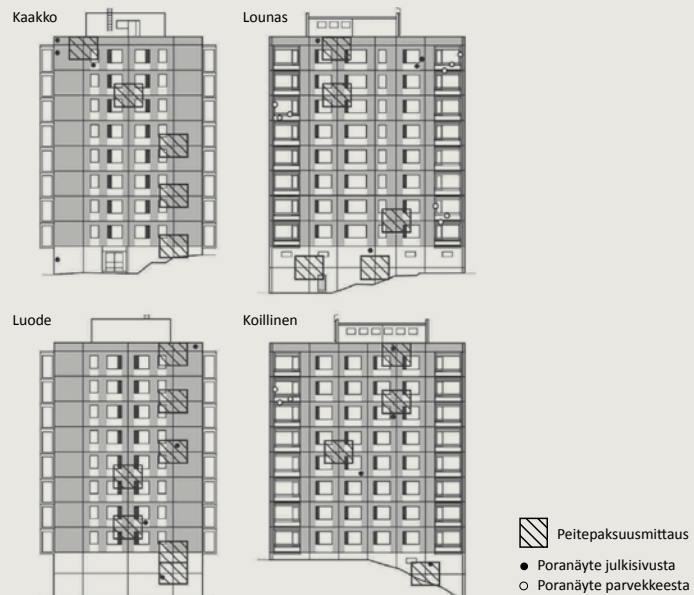
Tutkimuksissa otettavissa betoninäytteiden määrässä on suuriakin eroja talon- ja infrarakentamisen hankkeissa. Infrakohteissa näytemäärät ovat huomattavasti suurempia. Suuremmat näytemäärät selittyvät mm. sillä, että kohteet ovat massoiltaan suurempia, riskiluokiltaan vaativampia ja tavoitteena on usein vaatimustenmukaisuuden osoittaminen. Infrapuolella tilaajan vaatimustaso on usein korkeammalla kuin esimerkiksi yksittäisessä asuinrakennuksen peruskorjaushankkeessa, joissa kohteiden tutkimukset teetetään usein

Kuva 5

Vähimmäisnäytemäärät pistetalossa (BY42, s. 62)

Esimerkkitalukon mukaisesti näytteiden vähimmäismäärä kohteessa on 9 näytettä julkisivuista ja yhdeksän parvekkeista eli yhteensä 18 näytettä. Ilmansuunnan perusteella rasitettuimmasta päädyistä (länsi) on suositeltavaa ottaa näyte ylänurkkien lisäksi alemmalla, koska jos ylänurkat ovat rapautuneet suuren saderasituksen vuoksi, mutta alempana rapautumista ei koekappaleessa ole havaittavissa, vaikuttaa se merkittävästi korjaustavan valintaan. Peitepaksuusmittauksia tulee tehdä 20 elementin neljänneksestä / elementtityyppi.

Esimerkki 2: Pistetalo



Kuntotutkimuskohteen tiedot	9 asuinkerrosta + 2 kellarikerrosta, 1 porrashuone; julkisivut betonisandwich-elementtejä (pesubetoni- ja maalattupintaisia) sekä räystään alapuolella kuorielementtejä, kellarikerrokset rullattupintaisia betonielementtejä; 32 parvekettä (betonisat laatat, pilet ja kaiteet)	Näytemäärä		Näytteiden vähimmäismäärä kohteesta yhteensä	
Näytemäärä julkisivuista	Elementtityyppien lukumäärän mukaan	4*3 = 12	12 + 12 = 24		
	Porrashuoneiden ja kerrosten lukumäärän mukaan	10*1 = 10			
Näytemäärä parvekkeista	Elementtityyppien lukumäärän mukaan	3*3 = 9			
	Parvekkeiden lukumäärän mukaan	3*4 = 12			



6

perusmuotoisina noudattaen ohjeiden mukaisia vähimmäisnäytettäviä.

Infrapuoella on käytössä perustutkimuskaluston ja -laitteiden lisäksi muitakin menetelmiä. Tällaisia laitteita ja tutkimusmenetelmiä ovat etenkin ainetta rikkomattomat tutkimusmenetelmät (NDT). Markkinoiden edistyneimmillä laitteilla saadaan betonirakenteiden kunnosta erittäin tärkeää tietoa rikkomatta rakenteita.

Esimerkkejä käytössä olevista ainetta rikkomattomista menetelmistä:

- korroosionmittauslaitteistoa raudoitusten korroosio potentiaalin havaitsemiseen
- GPR tutka-aaltotutkimuslaitteita erilaisiin rakenteellisiin tutkimuksiin
- ultraäänitutkimuslaitteistoa massiivisten ja jännitettyjen rakenteiden tarkastamiseen
- ilmassa ja vedessä käytettävät kuvantamis- ja mittauslaitteistot

NDT-laitteilla on mahdollista tutkia rakenteita pintaa syvemältä hyvin kustannustehokkaasti. Riippuen laitteistosta, rakenteiden sisään nähdään jopa useamman metrin syvyyteen (ultraääni). Usein riittävä tarkasteluvyvyys on paljon pienempi talorakentamisen koh-

teissa, jolloin esimerkiksi tutka-aaltolaitteet ovat tähän tarkoitukseen soveltuvia (tarkasteluvyvyys jopa 900 mm). Laitteistojen avulla saadaan monenlaisia hyötyjä ja voidaan välttyä osumilta kriittisiin komponentteihin kuten esimerkiksi vesiputkiin. Toki on myös hyvä huomioida, että laitteiden käyttö ja etenkin niillä saatujen tulosten tulkinta vaatii erityisasiantuntijuutta.

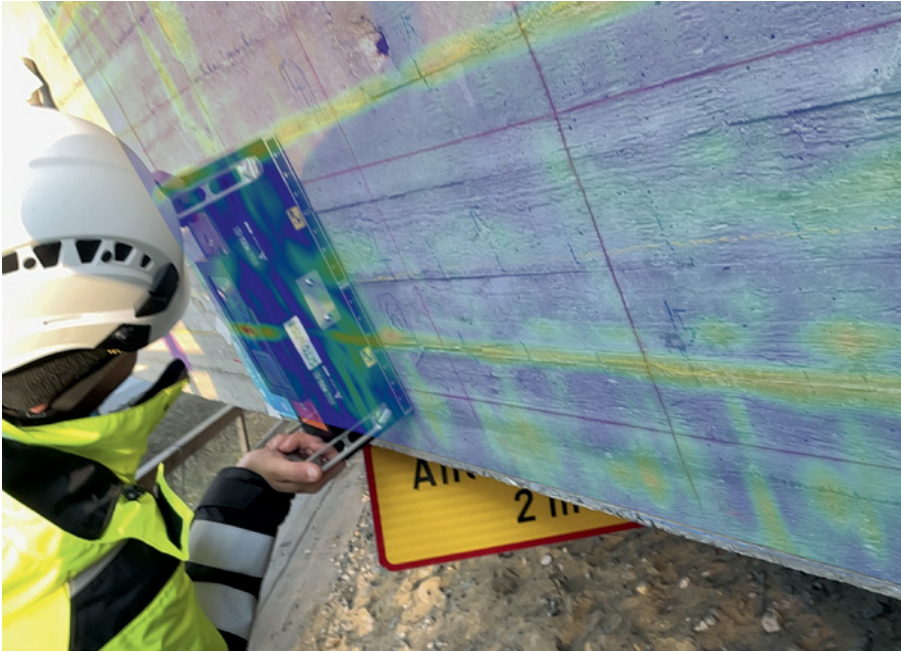
Jo kenttätutkimusten aikana saadaan arvokasta tietoa siitä, mitä rakenteet pitävät sisällään, koska mittausdatasta saadaan reaaliaikaista tietoa. Esimerkiksi tutka-aaltolaitteistolla saadaan rakenteesta laajennettu todellisuus -näky (Kuva 6), joka voidaan viedä tablettitietokoneella rakenteen päälle tarkastelujen avuksi. Näkymän avulla on helppo osoittaa missä esimerkiksi raudoitukset tai putkistot kulkevat rakenteessa. Tavanomaisten raudoitusten lisäksi selville saadaan myös ruostumattomat raudoitukset. Näkymän avulla voidaan luotettavasti osoittaa esimerkiksi näytteenottoaikat tai kohdistaa rakenteen vaurioita haluttuun kohtaan rakenteessa, jolloin näytteenotto on hallittua. Mittaustiedon lopullinen analysointi tehdään kunkin laitteiston tietojenkäsittelyyn tarkoitettua analysointiohjelmistolla toimisto-olosuhteissa.

Julkisivuhankkeissa suurta osaa näyttelee betonirakenteiset julkisivuelementit. Esimerkiksi sandwich-elementeissä kahden betonisen kuoren välissä sijaitsevien teräsan-saiden tutkiminen perinteisin menetelmin on haastavaa. NDT-tutkimuslaitteistolla nähdään skannausten myötä ansaiden sijainnit suhteellisen pienellä vaivalla, jolloin näyteporauksia tai rakenneavauksia saadaan kohdistettua niiden kohdalle kunnan varmistamiseksi.

NDT-laitteistolla on mahdollista tutkia myös jännitettyjä rakenteita. Talonrakentamisessa jännitettyjä rakenteita tulee vastaan etenkin pitkien jänneväliden palkeissa ja laatoissa, ontelolaatoissa, kansirakenteissa, vesitorneissa, pysäköintilaitoksissa, lippa- ja kansirakenteissa, laajarunkoisissa halleissa, kuten uimahallit, jäähallit, stadionit, terminaalit ja teollisuuden teräsbetonirakenteet. Mittausdatan avulla saadaan selville mm. jänneterästen injektointien onnistuminen, joista on saattanut syntyä jo rakenteellisia vaurioita tai pahimmissa tapauksissa äkillisen jatkuvan sortuman vaara on ollut mahdollinen.

Infra-puolen hankkeissa puhutaan usein taitorakenteista, kuten satamarakenteista, silloista ja siltoihin rinnastettavista rakenteista, jotka kuntosuunnan puolesta ovat kriittisen tar-

Sitowise



7a

Sitowise



7b

Sitowise



7c

6 Raudotteiden paikantamista NDT-laitteen avulla näyteporausta varten.

7a-c Rakenteita rikkomattomat kuntotutkimusmenetelmät ovat yleistyneet infrakohteissa.



Sitowise

8

kastelun alla. Samaa näkökulmaa tulisi tuoda enemmän esille myös tarkasteltaessa talonrakentamisen kohteita. NDT-laitteiston avulla ja edistyneimpien tutkimusmenetelmien myötä on mahdollisuus tehdä tarkempia analyyseja kaiken tyyppisistä rakenteista.

Betonirakenteissa rauditus on olennainen osa rakennetta. Rauditusten sijaitessa syvällä rakenteessa ei niiden kunnosta saada kovinkaan usein luotettavaa tietoa mm. korjaussuunnittelua varten. Onkin hyvin yleistä, että korjaustavat ovat yli- tai alimitoitettuja todelliseen tarpeeseen nähden. Ainetta rikkomattomilla menetelmillä voidaan saada raudoitteiden korroosioasteesta olennaista tietoa. Silmä määräiset havainnot yksittäisistä rauditusten korroosioaurioista eivät välttämättä kerro kokonaiskuva rauditusten todellisesta kunnosta ja siitä onko, esimerkiksi rakenteen kestävyudessa tapahtunut heikentymistä. Korroosioriskin määrittely on betonirakenteiden kuntotutkimuksissa arkipäivää. Korroosioriskin lisäksi tulisi myös ottaa entistä enemmän huomioon rauditusten korroosioasteen määrittely eli mihin asti teräksen korrosio on edennyt. Korroosiomittauslaitteiston käyttämisellä saadaan enemmän tehokkuutta ja syvyyttä kuntotutkimuksiin. Usein mittauksen tueksi on hyvä suorittaa myös pistokokeita visuaalisen havainnon saamiseksi.

Tulevaisuudessa modernien kuntotutkimusmenetelmien hyödyntämisen avulla voidaan edistää myös kiertotaloutta – miten voimme vaikkapa saada mahdollisimman kattavat tiedot vanhasta rakennusosasta, jotta joku toinen taho pystyisi sen uudelleenkäyttämään luotettavasti omassa kohteessaan.

Korjausvelan hallintaan faktapohjaisen arvioinnin perusteella

Kansallisvarallisuutemme ollessa suurelta osin kiinni kiinteistöissä, emme voi antaa niiden arvon kirjaimellisesti murentua käsiimme, vaan meidän täytyisi pystyä tunnistamaan välttämättömät tarpeet ja priorisoida korjausvelan hallitsemisen eri toimenpiteitä. Joskus pienikin investointi, esimerkiksi kuntotutkimuksiin tai erityisasiantuntijuuteen, voi antaa arvokasta lisätietoa priorisoinnin näkökulmasta – on tärkeää investoida korjauksiin juuri siellä missä vaikuttavuus ja ajoitus arvon säilyttämiseksi on oikea.

Meillä pohjolassakin tapahtuu eriytymistä ja esimerkiksi Suomessa maakunnat ovat keskenään valitettavan eriarvoisessa asemassa. Toisilla paikkakunnilla kärsitään muuttotappioista ja toiset paikkakunnat kasvavat ja vaurastuvat. Korjausratkaisujen optimoinnin näkökulmasta olisikin tärkeää, että kiinteistöjen korjausten hankekustannuksia voitaisiin saada alaspäin kehittämällä entistä tehokkaampia tutkimusmenetelmiä sekä pyrkisimme löytämään innovatiivisia ratkaisuja kevyempien ja halvempien korjausratkaisujen toteuttamiseksi purkavan korjaamisen tilalle. Unohtamatta kuitenkin tutkimusmenetelmien luotettavuutta.

Alalla olisi hyvä ottaa käyttöön rohkeasti uusia tekniikoita ja miettiä miten niillä voidaan hakea lisävarmuutta oikeiden korjausratkaisujen optimoimiseksi. Uuden pilotointi täytyy ottaa rohkeasti käyttöön ja kehittää vanhoja menetelmiä uudet vaatimukset huomioiden ja uusia teknologioita hyödyntäen. Tulevaisuus voi asettaa uudenlaisia haasteita, kun

rahaa ei olekaan käytettävissä rajattomasti sekä ilmastonmuutos pakottaa meitä miettimään kulutustamme kriittisesti hiilijalanjäljen valossa. Vain uutta kehittämällä ja innovaatiolla voimme löytää ratkaisuja uusiin haasteisiimme.

Lähteet:

- BY42 Betonijulkisivujen kuntotutkimus 2019
- Tilaaajan ohje 2014 Betonijulkisivun ja -parvekkeiden kuntotutkimus
- JUKO-ohjeistukset:
<https://julkisivuyhdistys.fi/tietoa-julkisivuista/juko-ohjeistokansio/>

8 Talonrakentamisen kohteissa on myös NDT:lle loistavasti soveltuvia käyttökohteita, kuten esimerkiksi parkkihallit ja pihakansirakenteet

9 Sateelta hyvin suojassa olevat parvekelaatit ovat voineet säästyä merkittävältä korroosiotekijältä. Kuviokuva: Asunto Oy Meri-Kamppi vuodelta 2019.



Uusi Betonilattioiden pinnoitusohje BY77 – BLY20

Martti Matsinen, DI

Concretia Tmi

martti.concretia@gmail.com

Suomen Betonilattiayhdistys (BLY) yhdessä Suomen Betoniyhdistyksen (BY) kanssa on uusinnut runsaat 10 vuotta vanhan Betonilattioiden pinnoitusohjeen, sillä vuosien mittaan menetelmät, materiaalit ja vaatimukset ovat muuttuneet melkoisesti. Uusi Betonilattioiden pinnoitusohjeet BY77–BLY20 valmistuu kesän 2025 alussa ja se on saatavissa myös digitaalisesti. Tässä artikkelissa käydään läpi tärkeimpiä tulevan ohjeen muutoksista.

Ohjeen perusteita

Betonilattioiden pinnoittamisessa on huomioitava lukuisia eri vaihtoehtoja, kuten pinnoitus-tyyppi, pinnoituspaksuus, pinnoitusmateriaali, pinnan laatu sekä ulkonäkö.

Ensimmäinen muutos vanhaan uutta ohjetta suunniteltaessa oli, että pyritään kirjoittamaan luvut siinä järjestyksessä kuin pinnoitusprosessi etenee. Ensin tilaajan ja rakennuttajan tulee määrittellä pinnoituksen tavoitteet tulevan kohteena antamien vaatimusten pohjalta. Tämän jälkeen suunnittelija selvittää tuoteryhmät ja menetelmät, joilla edellä mainitut vaatimukset voidaan täyttää. Tämän jälkeen potentiaaliset urakoitsijat yhdessä materiaalitoimittajien kanssa etsivät kokonaistaloudellisesti parhaat vaihtoehdot asetettujen vaatimusten ja suunnittelusta saatujen tietojen pohjalta. Usein, varsinkin suuremmissa projekteissa, tätä järjestystä sovelletaan ja sekä materiaalitoimittajat että potentiaaliset urakoitsijat ovat mukana jo aikaisemmassa vaiheessa suunnittelemassa kohteen toteuttamista.

Toinen lähtökohta oli, että harva osapuoli (valitettavasti) lukee läpi koko pinnoitusohjeen. Tästä syystä jotkin asiat käsitellään useampaan kertaan ohjeessa – hieman eri tavalla rakennuttajan, suunnittelijan ja urakoitsijan kannalta. Näin jokainen osapuoli voi keskittyä juuri hänelle tärkeisiin lukuihin.

Kolmas lähtökohta, jota noudatettiin myös vanhassa ohjeessa, oli jättää ohjeesta pois päällysteet (matot, laatat, parketit) sekä sementtipohjaiset, kovaan kulutukseen tarkoitetut tuotteet (kuivasirotteet, kovabetonit), jotka luokitellaan enemmän osaksi lattiarakennetta kuin erilliseksi pinnoitteeksi.

Suunnittelun lähtökohtia

Lattiapinnoitusten suunnittelun kannalta tärkeä ohje on standardin SFS-EN 1504 osa 2 Betoninpinnan suojaus. Tätä täydentämään on laadittu Suunnittelun tuotemäärittelyohje – Osa 1 Betonipintojen suoja-aineet. Jälkimmäisessä käydään tuotemäärittelyä tarkemmin läpi erilaisten lattialle asetettujen vaatimusten pohjalta. Tuotemäärittelyohje on veloituksetta ladattavissa Rakennustieto Oy:n verkkosivulta.

Pinnoituksen valintaan vaikuttaa useita eri tekijä, jotka tilaajan, tilan lopullisen käyttäjän sekä suunnittelijoiden tulee käydä läpi ennen lopullisen pinnoituspäätöksen tekemistä. Jo tässä vaiheessa mukana on hyvä olla materiaalitoimittajien edustajia tai käytettävissä heidän ohjeitaan. Mikäli pinnoitusurakoitsija on valittu, on hyvä kuulla myös sen edustajan kommentteja ennen lopullista päätöstä. Tärkeintä on kuitenkin, että tilaaja ja tilan käyttäjä asettavat omat vaatimuksensa huolella, jottei lopullista päätöstä tehdä liian vähäisen

1 Kansikuva uudesta julkaisusta By77/Bly 20 2025 Uusi julkaisu Betonilattioiden pinnoitusohjeet.

2 Arkkitehtoniset betonilattiat voidaan toteuttaa pelkällä suojakäsittelyllä, jolloin suojakäsittelyaineella tulee olla M1-hyväksyntä (kuvassa TRU SP pinnalla Obtego R-50 suojakäsittely).







3



4

Taulukko 1

Pinnoitustyyppin valinta

Kevyt käyttö	Pääasiassa kävelyliikennettä (alle 100 hlö/vrk), tilapäisesti kevyttä kumipyöräliikennettä
Keskiraskas käyttö	Säännöllistä kävelyliikennettä (100...1000 hlö/vrk), tois- tuva trukkiliikennettä kumipyörillä, satunnaisesti kovapyöräisiä kärrejä
Raskas käyttö	Runsasta kävelyliikennettä (yli 1000 hlö/vrk), jatkuvaa trukkiliikennettä kovapyörätrukeilla, kovapyöräisiä kärrejä raskailla kuormilla, satunnaisia iskuja
Erittäin raskas käyttö	Jatkuva raskas liikenne kovapyörätrukeilla ja kär- ryillä, isku- ja laahausrasitusta, runsasta mekaanista ja/tai kemiallista rasitusta

tiedon pohjalta. Ainakin seuraavan listan asiat on hyvä käydä läpi jo suunnitteluvaiheessa.

Lattiapinnoitusten valintaan vaikuttavia tekijöitä:

- lattian käyttöaste – erityisesti mahdollinen kulutusrasitus
- tilan / lattian lämpötila käytön aikana
- kemikaalirasitus – kemikaalityyppi, vahvuus ja rasituksen kesto aika
- tilan olosuhteet – kuiva vai märkä lattia
- liukkaudelle ja puhdistettavuudelle asetettavat vaatimukset
- alustan kosteus ja sen asettamat vaatimukset pinnoitteelle
- pinnoitukselle ja sen kovettumiselle annettava aika
- olosuhteet pinnoituksen ja kovettumisen aikana
- kustannukset

3 Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu Pajan betonilattiat on pinnoitettu polyuretaanipinnoitteella. Masapinnoitteita käytetään paljon myös korjausrakentamisessa silloin kun esimerkiksi vanhan betonilattian maakosteusongelmat tuottavat haasteita.

4 Pysäköintihallien lattiapinnoitteen tulee täyttää paloluokan A2fl-s1 vaatimukset (kuvassa Cemprotec E-Floor).

Pinnoitustyyppin valinta

Suunnittelupalaverien pohjalta valitaan pinnoitustyyppi. Pinnoitustyyppin valinnassa edellisen luvun listan lisäksi huomioidaan lattian käyttöluokka. Betonilattioiden pinnoitusohjeessa on esitetty neljä käyttöluokkaa yllä olevan taulukon mukaisesti.

Kevyin ratkaisu on **betonilattian pintakäsittely**, jolloin puhutaan pölynsidonnasta, impregnoinnista tai silikaattikäsittelystä. Näiden käsittelyjen pohjalta ei pintaan (yleensä) jää kuluva kalvoa. Käsittelyn tarkoituksena on lujittaa ja tiivistää pintaa, tehdä siitä vähemmän pölyävä ja helpommin puhtaana pidettävä sekä tiiviimpi nesteitä ja likaa vastaan. Käsittelyt jonkin verran parantavat myös lattian kulutuskestävyyttä ja niitä käytetään nykyään myös kevyemmässä teollisuudessa.

Kevyisiin käsittelyihin yhdistetään usein suojakäsittely, jolla tehostetaan pinnan tiiveyttä erityisesti vaativampia nesteitä (öljyt ja rasvat sekä kahvi ja muut happamat nesteet) vastaan. Suojakäsittelyt ovatkin tärkeitä silloin, jos on pelko em. nesteiden joutumisella betonilattiapinnalle. Tällaisia kohteita löytyy teollisuudesta ja myös ns. arkkitehtonisista lattiaratkaisuista kahvila, ruokala ym. tiloihin.

Kevyeen ja keskiraskaaseen kulutukseen sopivia pinnoitustyyppisiä ovat **maalit ja lakat**, jolloin puhutaan alle 1 mm paksuisesta pinnoituksesta. Nämä tuotteet sopivat kohtuulliseen mekaaniseen rasitukseen, mutta kemikaalirasituksen osalta tuotteet sopivat vain kohteisiin, joissa kemikaalirasitus rajoittuu satunnaisiin roiskeisiin.

Kevyestä raskaaseen käyttöluokkaan sopiva pinnoitustyyppi on **itsesiliävät pinnoitteet**. Nämä ovat helposti levitettäviä ja

tasoittuvia pinnoituksia, joiden paksuus on tyyppillisesti 1...3 mm tai raskaammassa kulutuksessa täytettynä 4...6 mm. Pinnan tyyppi voi olla sileä tai sitä voidaan karhentaa paremman kitkan saavuttamiseksi.

Keskiraskaasta erittäin raskaaseen kulutukseen suositellaan pinnoitustyyppiksi **hierrettäviä pinnoitteita**. Pinnoitus levitetään hiertämällä vähintään 3...4 mm paksuisena ja erittäin kovassa kulutuksessa jopa 6...9 mm paksuisena. Hierrettävät pinnoitteet sisältävät varsinaisen pinnoitemateriaalin lisäksi täyteaineita ja pinnoitus on tiivis koko paksuudeltaan. Hierrettäviin pinnoituksiin yhdistetään yleensä pintalakkaus.

Oma pinnoitustyyppinsä on ns. **monikerrospinnoitteet**. Nämä pinnoitukset koostuvat eri kerroksista ja niissä voi olla myös eri materiaaleja, esimerkiksi ääneneristyskerros osana rakennetta. Monikerrospinnoituksia käytetään erikoiskohteissa ja ne suunnitellaan yleensä jo projektin alkuvaiheessa.

Jotkin kohteet asettavat pinnoituksille erikoisvaatimuksia tai pinnoitemateriaaleille erikoisominaisuuksia. Tyyppillisesti tällaisia kohteita tai vaatimuksia ovat sähkönsäätövaatimukset, paloluokitellut kohteet ja erittäin hyvää joustavuutta pinnoitteilta vaativat kohteet.

Kaikki pinnoitustyyppit vaativat huolellista puhtaanapitoa ja kunnon seurantaa. Lisäksi ne tulee uusia hyvissä ajoin ennen käyttöikänsä loppua. Käyttöikä riippuu pinnoitustyyppistä (ohuemmat vaativat tiheämpää uusimista), lattian kulutuksesta sekä säännöllisestä kunnossapidosta. Huolto- ja kunnossapito sekä uusimiskäsittely on hyvä mainita jo suunnitelmassa sekä pinnoituksen luovutusasiakirjoissa.



5

Pinnoitusten ominaisuuksia

Vanhassa ohjeessa pinnoitusten ominaisuuksista on erikseen käyty läpi kulutuksen-, kemikaalien-, värin- ja lämmönkestävyys sekä sähkönjohtavuus. Uuteen ohjeeseen tulee betonilattioiden pinnoituksille merkittävästi enemmän vaatimuksia, joita käyn läpi jäljempänä.

Kulutuksenkestävyys

Kulutuksenkestovaatimukset löytyvät standardista EN ISO 5470-1 ja kulutuksenkeston lisäksi voidaan pinnoitukselle erikseen antaa vaatimuksia iskunkestävyyden osalta. Betonilattian pintakäsittelyssä täytyy lisäksi huomioida standardin EN 13813 mukaiset kulutuskestävyysluokat.

Kulutuksenkestävyyden osalta projekteissa kannattaa huomioida eri tilojen asettamat kulutuksenkestovaatimukset, jolloin eri tiloihin voidaan valita eri ratkaisu ja näin säästää kokonaiskustannuksissa.

Kulutuksenkestävyys on merkittävä ominaisuus erityisesti lattian kestoajan kannalta. Kestoikää voidaan pidentää lattian huolellisella puhtaanapidolla ja huollolla. Lisäksi lattiapintaa on hyvä säännöllisesti tarkastaa ja tehdä mahdolliset vauriokorjaukset nopeasti, jolloin vauriot eivät pääse leviämään.

Kemikaalinkestävyys

Kemikaalirasituksen alaisissa kohteissa tulee määritellä pintauksen kemiallisen rasituksen kestävyysluokka. Oikein valittu materiaali ja pinnoitusmenetelmä ovat tehokas keino betonilattian suojaamiseen. Yleensä tällaisiin kohteisiin ei suositella valittavaksi ohuita pinnoitustyypppejä.

Pinnoitustyyppin ja materiaalin valinnassa kemiallisesti rasitettuihin kohteisiin tärkeitä tietoja ovat mm. kemikaalien koostumus, pitoisuudet, lämpötilat, vaikutusajat, roiskeiden toistuvuus ja puhdistustapa. Lisäksi valintaan voivat vaikuttaa kohteen siivousrutiinit sekä lattiarakenteen osalta kaadot, viemäroinnit ja lattiakaivot.

Värin- ja UV-kestävyys

Värinkestävyys ja UV-säteilyn kestävyys ovat ominaisuuksia, joihin tulee kiinnittää huomiota kohteissa, joissa lattiapinnan ulkonäkö on tärkeä ominaisuus.

Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuuteen liittyvät vaatimukset ovat muuttuneet merkittävästi ja kehittyvät koko ajan. Uudessa Pinnoitusohjeessa käsitellään asiaa laajemmin kuin vanhassa ohjeessa mm. valinnan, testauksen, laadunvalvonnan ja huollon kannalta.

Uudessa ohjeessa sähkönjohtavuutta käsitellään ja vaatimuksia asetetaan kahdessa eri ryhmässä: staattisen sähkön hallintaan liittyvät vaatimukset ja pienjänniteasennuksiin liittyvät vaatimukset. Staattisen sähkön hallintaan vaaditaan riittävä sähkönjohtavuus ja sähköturvallisuuteen liittyvät vaatimukset koskevat sähköistä eristävyyttä.

Lämmönkestävyys

Lämmönkestävyysvaatimukset ovat kohdekohtaisia ja niissä on huomioitava mm. lämmönlähde ja sen ominaisuudet, lämmön vaikutusaika lattian pinnassa sekä lämpötilamuutosten nopeus. Suunnittelussa nämä tulevat esiin myös lattian kallistusten suunnittelussa sekä pinnoitetyypin valinnassa.

Ulkonäkö

Lattiapinnoitteen ulkonäkö on otettava huomioon erityisesti ns. arkkitehtonisissa kohteissa. Ulkonäkövaatimusten ollessa korkeat tulee tarkemmin valvoa alustan laatutekijöitä, kuten tasaisuus, saumat ja pykälät. Ulkonäön osalta suositellaan aina tehtäväksi mallialue – ei tehdä tuote- tai menetelmävalintaa pelkästään materiaalitoimittajien pienten mallikappaleiden tarkasteluna. Mallialue tulisi mahdollisuuksien mukaan tehdä samoissa olosuhteissa ja samalle alustalle kuin lopullinen pinnoitus.



6



7

5 Epoksilattia autotallissa

6, 7 Akrylibetoni. Kielilukio.

Kuivumis- ja kovettumisnopeus

Kuivumisnopeudella tarkoitetaan aikaa, jonka jälkeen pinnoitteen päällä voidaan kävellä ja/ tai levittää seuraava pinnoitekerros. Kovettumisnopeudella taas tarkoitetaan aikaa, jonka jälkeen lattiaa voidaan kuormittaa tai se kestää esim. vettä tai kemikaaleja. Ensimmäinen vaikuttaa erityisesti pinnoitustyöaikaan, jälkimmäinen koko projektin etenemiseen.

Vesihöyrynläpäisevyys

Vesihöyrynläpäisevyys on tärkeä ominaisuus itse pinnoituksen kannalta. Se vaikuttaa pinnoituksen pysyvyyteen, irtoamisiin ja hilseilyyn. Tämä ominaisuus on tärkeä kohteissa, joissa alusbetonista tai alusrakenteesta voi tulla kosteutta pinnoitteen alle.

Vesihöyrynläpäisevyys määritellään S_D -arvona kolmessa eri luokassa, joista suunnittelijan tulee valita oikea kohteen vaatimusten pohjalta. Vesihöyrynläpäisevyys tulee huomioida kokonaisuutena rakenteen rakennusfysikaaliseen toimintaan nähden.

Palo-ominaisuudet

Pinnoitteen palo-ominaisuudet tulee huomioida kohteissa, joissa paloluokka on erikseen määritelty. Esimerkiksi paloturvallisuusluokan 2 tuotanto- ja varastotilat, pysäköintihallit, autokorjaamot ja -huoltamot sekä autosuojat

ja kattilahuoneet ja polttoainevarastot. Näissä lattiapinnoitteen tulee täyttää luokan A_{2fl-s1} luokka. Joissakin tapauksissa tilan sprinkleroinnilla voidaan alentaa paloluokkavaatimuksia.

Sisäilmavaatimukset

Sisäilman laatuvaatimukset ovat viime vuosina lisääntyneet. Merkkinä hyvistä sisäilmaominaisuuksista pinnoitteilta vaaditaan useissa kohteissa sisäilmaluokitus M1. Tuotteen hyväksynnän voi tarkistaa Rakennustietosäätiön luettelosta ja se tulisi tehdä ennen tuotteen hyväksymistä kohteeseen.

Kestävä kehitys

Uutena teemana myös rakennusmateriaalien osalta on tullut mukaan tuotteiden hiilijalanjälki tai yleensäkin kestävän kehityksen ominaisuudet. Näille ei vielä ole olemassa tiukkoja vaatimuksia, mutta jotkin valmistajat ovat selvittäneet tuotteiden ominaisuuksia ympäristön kannalta ja laatineet tuotteille Ympäristöselosteen (EPD).

Tähän teemaan liittyy myös kiertotalous – kuinka materiaalia kierrätetään sen käyttöajan loppuessa. Toisaalta kiertotalous voidaan ajatella myös niin päin, että valitaan heti alkuun materiaali, jonka oletettu käyttöikä on



AFRY Finland Oy

- 8 Lattian kuivuuden testausta.
- 9 Lattiapinnoitteen levitystä.

pidempi ja näin saavuttaa pidempi elinkaari pinnoitukselle.

Muita vaatimuksia

Lattiapinnoituksille voidaan asettaa kohdekohtaisesti myös muita, juuri kohteeseen liittyviä vaatimuksia. Tällaisia ovat esim. lattiapinnan kitka ja liukastumisvastus sekä puhtaanapidon asettamat vaatimukset varsinkin korkean hygienian kohteissa.

Suunnittelu

Edellä on mainittu pitkä lista tekijöitä, joiden pohjalta pinnoitustyyppi ja pinnoitemateriaali tulee valita. Usein kohteen vaatimukset voidaan täyttää useammallakin pinnoitustyyppillä ja/tai materiaalilla. Tällöin on hyvä ennakkoon käydä keskustelua sekä materiaalitoimittajien että pinnoitusurakoitsijoiden kanssa, joiden pitkä kokemus ja referenssit erityyppisistä kohteista helpottavat valintaa. Tärkeää on kuitenkin kaikissa kohteissa, että kaikki tilaajan vaatimukset on käyty huolella läpi jo suunnitteluvaiheessa ja ne tuodaan esille myös materiaalia ja urakoitsijaa valittaessa.

Suunnitelmissa esitetään arkkitehdin tai rakennesuunnittelijan toimesta kohteessa tai kohteen eri tiloissa vaadittavat ominaisuudet. Usein suunnittelija, tilaajan ja materiaalitoimittajien kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta, esittää suositeltavat tuotteet (tuotetyypit tai jossain tapauksissa myös tuotenimet). Tällöin tulee esittää ne vaatimukset, joiden pohjalta valintaan on päädytty. Paras tapa esittää nämä vaatimukset on tekstin alussa mainitun Suunnittelun tuotemäärittelyohjeen taulukkojen pohjalta. Näin kaikki tuotteet ovat vertailussa tasa-arvoisessa asemassa.

Vaativissa kohteissa tulee urakoitsijalta vaatia FISE-pätevyyden omaava työjohto. Tällöin sekä piirustuksiin että rakennusselos-



Imager / Jukka Leppänen

teisiin laitetaan merkintä P betonilattian laatuvaatimusten kohdalle. Merkintä on muotoa A-2-II-P, jossa A viittaa lattian suoruuteen ja tasaisuuteen, 2 viittaa vaadittavaan kulutuskestävyyteen ja II sallittuun halkeamaleveyteen. Lopussa oleva kirjain P tarkoittaa, että kohteen pinnoitusurakoitsijalla tulee olla FISE-hyväksytty työjohtaja. Joskus mukana voi olla myös merkintä T, joka tarkoittaa, että myös betonilattiaurakoitsijalla tulee olla FISE-pätevyyden omaava työjohto.

Urakointi

Vaikka pinnoitustyyppi ja -materiaali on huolella valittu, niin lopullisen pinnoituksen kannalta tärkeintä on pinnoitus työn toteuttamien huolella – oikein tuottein, työkaluin ja menetelmin. Tässä korostuu urakoitsijan kokemus, vaikka tilaaja olisikin asettanut valvojan seuraamaan toteutusta. Urakoitsijalta tulee valin-

nan yhteydessä varmistaa, että sillä on riittävät referenssit ko. tyyppin kohteesta – ja työjohto, jolla on myös riittävästi referenssejä. Tärkeää on muistaa, että referenssit eivät yleensä ole yrityksen referenssejä vaan nimenomaan ko. kohteista vastanneen työjohtaja ja jopa työkunnan referenssi. Tästä syystä, varsinkin vaativammissa kohteissa, urakoitsijan referenssilistassa olisi hyvä olla maininta myös ko. kohteen pinnoitus työjohtajasta.

Pinnoitus työn osalta tärkeää ovat työn oikea ajoitus ja olosuhteet. Uudiskohteessa ei pinnoitus työtä kannata aloittaa liian aikaisessa vaiheessa, jotta rakennusvaihe on niin valmis, etteivät ulkoiset olosuhteet, kuten tuuli, sade tai aurinko, vaikuta pinnoitus työhön. Toisaalta myös sisätiloissa on varmistettava, että tilan kosteus- ja lämpötila ovat materiaalin asettamisissa rajoissa. Tärkeää on aina noudattaa materiaalivalmistajan ohjeita, vaikka projek-

10 Akrylibetoni. Kielilukio.

Kerabit



10

tiaikataulu vaatisi työn aloittamista hieman huonommissa olosuhteissa.

Olosuhteiden osalta myös alusta asettaa omat vaatimuksensa. Ennen työn aloittamista tulee mittauksin varmistaa, että betonilattiarakenne on riittävän kuiva. Mikä on sitten riittävän kuiva – siihen vaikuttaa moni tekijä. Esimerkiksi, jos betonilattia pääsee kuivumaan vain ylöspäin, saattaa pinta olla kuiva, mutta syvemmältä nousee edelleen kosteutta pintaan betonin kuivuessa. Toisaalta eri pinnoittemateriaalit kestävät kosteutta eri tavoin – jotkut vaativat hyvinkin kuivaa alustaa ja toiset taas edellyttävät, että alusta on kostea ja vaativat jopa alustan kastelua ennen pinnoitustyötä. Alustan kosteusvaatimusten osalta tilaajan ja urakoitsijan tulee aina seurata materiaalitoimittajien antamia ohjeita.

Laadunvalvonta työmaalla

Laadunvalvonnan osalta avainasemassa on pinnoituspöytäkirja, johon tulee kirjata kaikki pinnoitustyöhön liittyvät asiat työkohteen määrittelystä käytettyihin materiaaleihin ja materiaalimääriin sekä pinnoitusolosuhteisiin. Lisäksi pöytäkirjaan tulee merkitä kaikki työmaalla toteutetut mittaukset, kuten alustan vetolujuus sekä pinnoituksen märkäkalvomittaukset.

Laadunvarmistus alkaa kuitenkin jo ennen varsinaisia pinnoitustöitä. Värisävyt, tyypit ym. ulkonäkötekijät valitaan usein materiaalitoimittajan pienten mallipalojen ja värikarttojen avulla. Työmaalla, isoilla pinnoilla tilanne on

kuitenkin aivan toinen. Siksi, varsinkin vaatimammissa tai arkkitehtonisissa kohteissa, tulee työmaalla aina toteuttaa riittävän iso malliasennus, jolloin nähdään, millainen lopputulos saavutetaan oikeissa olosuhteissa toteutettuna ja laajemmalla pinnalla tarkasteltuna.

Työnsuorituksen jälkeen toteutettavia laaduntarkasteluja ovat mm. pinnoituksen paksumittaukset, pinnan sileys- ja karheustarkastelut sekä mahdollisten värierojen, kuplien tai huokosten muodostumien. Ulkonäköön liittyvissä vaatimuksissa on hyvä huomioida, että tarkastelu tehdään normaalia käyttöolosuhteita vastaavalta etäisyydeltä ja normaalissa valaistuksessa – ei lattialla kirkkaan lampun kanssa kontaten.

Jotkut laatekijät ovat sellaisia, että ne vaativat tiukempaa kontrollia. Tällaisia ovat esimerkiksi pinnoituksen huokosten ja kuplien tarkastelu kemiallisesti rasitetuissa lattioissa.

Tällöin pinnoituksen tulee olla täysin tiivis ja pienetkin huokokset on paikattava.

Pinnoituksen hoito ja ylläpito

Pinnoituksen hoito ja ylläpito ei yleensä enää kuulu pinnoitusurakoitsijan tehtäviin, mutta on tärkeää, että urakoitsija yhdessä materiaalitoimittajan kanssa toimittaa tilaajalle mahdollisimman täydelliset hoito-ohjeet. Mikäli hoito- ja ylläpito-ohjeita noudatetaan, pitenee pinnoituksen elinkaari. Tämä on tärkeää tilaajan kannalta sekä teknisesti että taloudellisesti ja antaa myös urakoitsijalle ja pinnoitetoimittajalle turvaa mahdollisia vaurioita ja niiden vaatimia korjauksia vähentäen.

BY77–BLY20 ilmestyy alkukesällä 2025 ja se on saatavana myös digitaalisesti.

Uutta tietoa betonin kosteudensiirto-ominaisuuksista – vähähiiliset toimivat betonilattiat

Sami Niemi, DI, kehityspäällikkö
Rakennusfysiikka, AFRY Finland Oy
sami.niemi@afry.com

Aaro Happonen, DI, asiantuntija
Rakennusfysiikka, AFRY Finland Oy
aaro.happonen@afry.com

Suomen Betoniyhdistys ry BY toteutti vuosina 2023–2024 laajan tutkimushankkeen "Vähähiiliset toimivat betonilattiat, VHTBL". Hankkeessa saatiin uutta tietoa betonien kosteudensiirto-ominaisuuksista.

Betonirakenteiden päällystettävyyden arvioinnissa ei perinteisesti huomioida betonien vaihtelevia kosteudensiirto-ominaisuuksia ja siksi arviointi saattaa olla hyvinkin epätarkoituksenmukaista. Rakentamista pyritään nopeuttamaan ja samalla on kovat paineet pienentää hiilijalanjälkeä. Suomen Betoniyhdistys ry BY toteutti vuosina 2023–2024 laajan tutkimushankkeen Vähähiiliset toimivat betonilattiat, VHTBL. Hankkeessa saatiin uraauurtavaa tietoa betonien kosteudensiirto-ominaisuuksista.

Hankkeessa muodostettiin alustava kosteudensiirtoluokitus, jonka avulla pintarakenteiden kosteudenkesto ja vesihöyryn läpäisyominaisuudet huomioimalla on mahdollista arvioida betonirakenteiden päällystettävyyttä aivan uudella tavalla. Uusi kosteudenhallintatapa vaatii suunnitelmallisen siirtymävaiheen, jossa asiaa pilotoidaan ja kehitetään käytännössä kansalliseksi toimintatavaksi. Tavoitteena on saada valmista vuonna 2027.

Kosteudenhallinta ja betonirakenteiden päällystämisen ohjeistus

Betonilattioiden päällystämistä on ohjeistettu pitkään. Keväällä 2024 julkaistiin päivitetty oppikirja By76 aiheeseen ja kesällä 2025 julkaistaan Betonilattioiden pinnoitusohje By77. Betonilehdessä 2/2024 on ollut aiemmin artikkeli uudesta päällystämisen oppikirjasta ja perusidea on aina ollut, että pintarakennetoimittaja määrittelee kosteustavoitteet, joihin pääsyä tarkastellaan mittaamalla betonin kos-

teutta tietyiltä syvyyksiltä. Tarkastelu on usein yksioikoista, vaikka kirjallisuudessa on pitkään esitetty soveltamistapoja mm. huomioimalla pintarakenteen vesihöyrynläpäisevyyttä ja kosteuskajauksen muotoa.

Nykyisten ohjeiden ja määräysten mukaan betonilattiarakenteen riittävä kuivuminen varmistetaan rakenteesta tietyltä syvyydeltä tehtävällä kosteusmittauksella. Tämä ns. päällystettävyyden arviointisyvyys riippuu muun muassa rakenteen paksuudesta. Kosteusmittauksen tulee alittaa rakenteen pintaan tulevan päällysteen tai pinnoitteen kosteusraja-arvo. Päällystettävyyden tarkastelutavoissa on paljon epävarmuustekijöitä ja siksi usein halutaan liikaa varmuutta, jolla ei kuitenkaan välttämättä saavuteta lisäturvaa pintarakenteiden toimivuudelle. Lopputuloksena saatetaan siten hukata aikaa ja rahaa sekä aiheuttaa ylimääräisiä hiilidioksidipäästöjä.

Betonin vähähiilisyystavoitteiden myötä osa perinteisestä sementistä on korvattu erilaisilla seosaineilla, jotka vaikuttavat eri tavoin betonien kosteuskäyttäytymiseen. Vähähiiliset betonit eivät toimi kosteusteknisesti perinteisten betonien tavoin. Kiristyvät vaatimukset liittyen rakentamisen vähähiilisyyteen ja samalla tuottavuuden parantamistavoitteita unohtamatta, edellyttävät betonilattiarakenteiden kosteudenhallinnan menettelyihin merkittäviä muutoksia. Vähähiilisyys- ja tuottavuustavoitteiden saavuttaminen vaatii sekä betonin koostumuksen, kuivatusolosuhteiden että kuivatusajan optimointia. Nykyohjeistuksissa

1 Betonin näytelepalamittauksessa otetaan pieniä betonin kappaleita (muruja) koeputkeen mittausta varten tarkkaan valitulta syvyydeltä.





AFRY Finland Oy

1

betoni käsitellään kuten se olisi kosteuskäyt-
täytymiseltään lähes aina samanlaista, vaikka
todellisuudessa se ei ole. Luokittelemalla beto-
neita edes karkeasti kosteudensiirto-ominais-
uuksien perusteella, on mahdollista kehittää
päälystettävyyden arviointia ja kosteudenhal-
linnan optimointia paljon.

Suomen Betoniyhdistys ry:n vuonna 2024
valmistuneessa KIRA-Ympäristö hankekoko-
naisuuden VHTBL hankkeessa selvitettiin
mittavalla tutkimuksella miten kuiviksi eri-
laiset betonit kuivuvat kemiallisesti ja miten
eri nopeudella betonissa kosteus voi liikkua
ennen ja jälkeen päälystykseen. Tavoitteena oli
luoda uusi tapa päälystettävien ja pinnoitet-
tävien betonilattioiden työmaa-aikaisen kui-
vattamisen optimointiin. Menetelmä ohjaa
kuivattamaan lattiarakenteita tavoiteaika-
taulussa riittävästi kosteusvaurioiden välttä-
miseksi, mutta ei turhaan (liian kauan tai liian
järein toimenpitein). Näin voidaan vähentää
työmaan hiilidioksidipäästöjä (optimoimalla
betonin sementtimäärää sekä työmaan olo-
suhteita), hallittua aikaisempaa paremmin
työmaan aikataulua sekä parannettua mer-
kittävästi lopputuotteen laatua ja toiminnan
tuottavuutta.

VHTBL tutkimuksen toteutus

Tutkimuksessa tutkittiin kuuttatoista betoni-
laatua, jotka edustivat laajaa skaalaa erilaisia
lattiabetoneita vesi-sideainesuhteen, sideai-
neen, lujuusluokan sekä vähähiilisyysluokan
(GWP) suhteen. Kahdeksaa laatua tutkittiin

laajasti AFRYlla ja kahdeksaa muuta betoni-
valmistajaa testasivat itse suppeammin. Val-
mistajien omilla testeillä pyrittiin saamaan
kokemusta siitä, minkälaisia testauksia voisi
olla mahdollista edellyttää valmistajilta. Hank-
keeseen osallistui betonivalmistajista Rusko,
Lujabetoni, Swerock ja Rudus.

Laajan koesarjan peruskuivumisolosuht-
teet olivat +20 °C/ 35 % RH ja 65 % RH. Lisäksi
tarkasteltiin kylmän alkusäilytyksen +5 °C ja
alkuvaiheen kastumisen vaikutusta. Ensimmäi-
mä määriteltiin kemiallinen kuivuminen estä-
mällä kosteuden haihtuminen kokonaan. Myöhem-
mässä vaiheessa tarkasteltiin, miten paljon eri
olosuhteissa betonista haihtuu vettä aika- ja
pinta-alayksikköä kohden, sekä miten kosteus-
jakauma kehittyy ennen päälystämistä eri tilan-
teissa hyvin vesihöyryä läpäisevällä tai varsin
tiivillä päälysteellä päälystettäessä. Päälysty-
kset tehtiin kahdessa eri iässä kosteusjakaumasta
riippumatta ja kosteuden uudelleen jakaantumista
seurattiin 5 kk päälystämisen jälkeen. Koekappaleita
valmistettiin yhteensä noin 1600 kappaletta, joista
suurin osa oli litran vetoisia peltipurkkeja (Ø105 mm
ja korkeus noin 115 mm), jotka päälystettiin
päälyste vain purkin reunoihin tiivistämällä.
Todellisia lattiarakenteita mallintamaan valet-
tiin 80 mm paksuisia 500 mm × 600 mm kappaleita
peltimuotteihin. Isoja kappaleita tasoitettiin ja
päälysteitä liimattiin vastaavan ikäisinä kuin
pieniä purkkikappaleita päälystettiin.

Hankkeen kokeellisen osuuden toteutti
AFRY Finland Oy yhdessä Vison Oy:n ja Beto-

Kuva 1 VHTBL koekappaleita valmistettiin ja tut-
kittiin mittava määrä.

niyhdistyksen kanssa. Ohjausryhmän muo-
dosti Talonrakennusteollisuus ry:n, Betoniteol-
lisuus ry:n, Lattian- ja seinänpäälysteliitto
ry:n sekä Betoniyhdistyksen edustajat. Hanke
sai rahoitusta EU:n elpymisvälineestä Vähä-
hiilisen rakennetun ympäristön ohjelman 4.
hankehaussa. Hankkeen muita rahoittajia
olivat RIL Säätiö, Rakennustuotteiden Laatu
Säätiö, Rakennusmestarien Säätiö, Betoniyh-
distys, Talonrakennusteollisuus ry, Betoniteol-
lisuus ry sekä Lattian- ja seinänpäälysteliitto.

VHTBL tuloksia

Koesarjojen tulokset osoittivat merkittäviä
eroja betonien kosteuskäyttyymisessä. Kuvasta 3
nähdään, että kemiallisissa kuivumisnopeuksissa
ja siinä miten kuivaksi betonit voivat kuivua ilman
haihtumiskuivumista, on valtavia eroja. Lisäksi
havaittiin, että betonin kemiallisen kuivumisen
määrään vaikuttaa perinteisen arviointitavan
mukaisesti vesi-sideainesuhde, mutta merkittävä
vaikutus on myös käytetyllä sideainetyypillä ja
mahdollisilla seosaineilla.



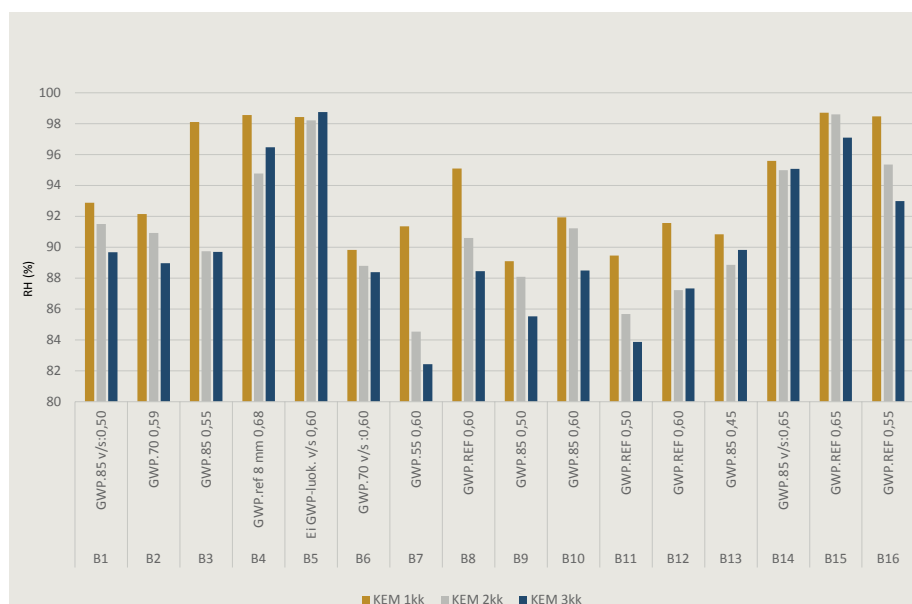
2a



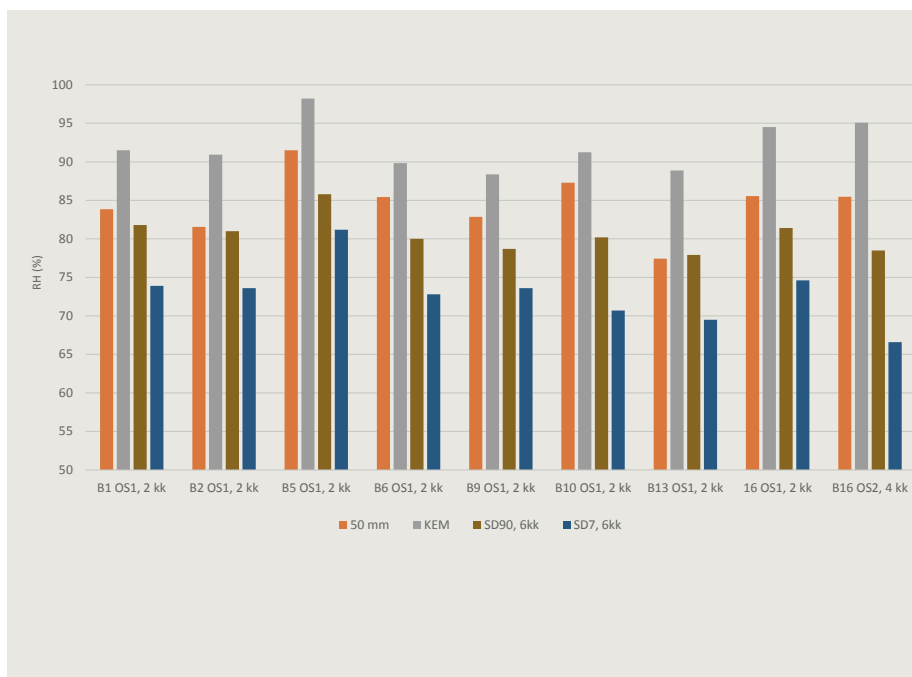
2b

Kuva 2a ja 2b Suurin osa tutkimuksista toteutettiin litran peltipurkkiin valetulla betonilla. Purkit valettiin hieman vajaiksi ja peltikannen ja betonin välisestä ilmatilasta mitattiin ensin kemiallisen kuivumisen määrää. Kannen avaamisen jälkeen tutkittiin haihtumiskuumisen määrää punnitsemalla. Ennen päällystystä purkin ylimääräiset reunat poistettiin, jotta päällyste saatiin kiinni betonipintaan ja päästiin tarkastelemaan kosteuskajauaman muuttumista ja päällysteen alle tasaantuvaa kosteuspitoisuutta.

2a:ssa purkit heti valun jälkeen. 2b:ssä kosteuskajauaman mittaus käynnissä päällysteen läpi.



Kuva 3 Kaikkien AFRYllä laboratoriossa ja betonivalmistajien tiloissa n. 20 °C:ssa tehtyjen kemiallisen kuivumisen mittausten tulokset 1 kk, 2 kk ja 3kk iässä. Betonilaadun kuvauksessa ensin GWP-luokka ja sitten vesisideainesuhde (v/s). Peltipurkkia ei valettu aivan täyteen, jolloin kemiallisen kuivumisen aikaansaama RH voitiin mitata helposti purkin kannen ja betonin välisestä ilmatilasta kanteen poratun reiän kautta..



Kuva 4 Eri betonien suhteellinen kosteus kemiallisen kuivumisen vaikutuksesta (KEM) ja 50 mm syvyydellä 2 kk haihtumiskuivumisen jälkeen päällystysketkellä sekä päällysteen alapuolinen kosteus (viiltomittaus) 4 kk päällystämisen jälkeen läpäisevän (linoleum, S_d7) ja tiiviin (homoogeeninen muovimatto, S_d90) päällysteen alla. S_d on vesihöyrynvastus, yksikkö [m]. Mitä pienempi S_d , sitä paremmin materiaali läpäisee vesihöyryä.

Parhaimmillaan betonien suhteellinen kosteuspitoisuus (RH) aleni kemiallisesti alle yleisen kosteuskriteerin 85 % RH. Lämpötilalla havaittiin myös olevan suuri merkitys kemialliseen kuivumiseen, varsinkin viileällä alkuvaiheella.

Haihtumiskuivumisessa havaittiin myös suuria eroja eri betonilaatujen välillä. Suhteellisen kosteuspitoisuuden eri syvyyksiltä mittaamisen ohella tarkasteltiin betonista haihtuvaa vesimäärää punnitsemalla koe-kappaleita määräajoin. Haihtuminen hidastuu kuivumisen edetessä, mutta huomioimalla aika-neliöjuurisesti, saadaan painon muutos aika- ja pinta-alayksikköä kohden lineaariseksi ja tuloksista on mahdollista määrittää yksi luku, jota kutsutaan haihtumismvakioksi. Tutkittujen betonien haihtumismvakioiden suurimman ja pienemmän tuloksen välinen ero oli yli 5-kerertainen.

Tarkastelemalla suhteellisen kosteuden muutosta eri syvyyksillä ennen päällystämistä ja päällystämisen jälkeen, voidaan arvioida betonien kosteudensiirto-ominaisuuksien vaikutusta kosteuden uudelleenjakautumiseen. Kuvassa 4 esitetään 20 °C/35 % RH olosuhteissa kuivuneiden laajemmassa testisarjassa olleiden betonien kosteuskäyttäytymistä ennen ja 4 kk päällystysketken jälkeen. Kuvassa on päällystysketkinen kosteus arvostelumittausvyydellä 50 mm sekä vastaava kemiallisen kuivumisen arvo kuvastamassa betonin syvemmällä olevaa kosteutta. Päällystys joko läpäisevällä tai tiiviillä päällysteellä.

Kuvan 4 perusteella havaitaan ero päällysteen alle tasaantuvassa kosteudessa riippuen päällysteen vesihöyrynläpäisevyydestä, mutta myös betonin kosteudensiirto-ominaisuuksista.

Vaikka monessa tapauksessa arvosteluvyyden kosteus oli yli 85 % RH päällystysketkellä, ei kosteus nouse tiiviilläkään päällysteellä kuin yhdessä tapauksessa yli 85 % RH ja läpäisevällä päällysteellä pysytään yhtä tapauksista lukuun ottamatta 75 % RH alapuolella. Kosteuskäyttäytyminen ei noudata perinteistä periaatetta, että arviointisyvyyden päällystysketkinen kosteus tasaantuu päällysteen alle.

Kosteudensiirtoluokat betoneille

Analysoimalla koko suuri tutkimustulosaineisto (josta edellä on esitetty vain pieni osa) kokonaisvaltaisesti muodostettiin alustava kosteudensiirtoluokitus (KL) betoneille seuraavasti em. mittaussuureiden perusteella (haihtumismvakio 20 °C/ 35 % RH).

luokka (**KL1**): Kuivuu kemiallisesti (< 90±2 %RH). Olosuhdevaikutus käyttäytymiseen vähäinen. Kosteuden siirtyminen ja haihtuminen vähäistä (< 0,0005 kg/m²/√t).

luokka (**KL2**): Kuivuu kemiallisesti (< 90±2 %RH), mutta kemiallinen reaktio voi olla KL1:tä hitaampaa ja vaatii lämpöä. Muuten olosuhdevaikutus kosteuskäyttäytymiseen vähäinen. Kosteuden siirtyminen ja haihtuminen vähäistä (< 0,0006 kg/m²/√t).

luokka (**KL3**): Kuivuu jonkin verran kemiallisesti (< 94±2 %RH). Siirtää luokkia 1 ja 2 enemmän kosteutta (< 0,0009 kg/m²/√t). Olosuhteet (T/RH ja kastuminen) vaikuttavat kosteuskäyttäytymisen merkittävästi.

luokka (**KL4**): Kuivuminen perustuu haihtumiskuivumiselle (haihtumismvakio ≥ 0,0009 kg/m²/√t). Kosteuden siirtyminen merkittävää. Olosuhdevaikutus kosteuskäyttäytymiseen erittäin suuri.

Eri kosteudensiirtoluokissa tarkasteltiin, miten kosteus päällystämisen jälkeen käyttäytyi ja missä tilanteissa (kuivumisaika, olosuhteet) kosteus päällysteen alla nousee kriittisen korkeaksi. Kuvassa 5 on esitetty värikoodein, mihin kosteuteen (RH) päällysteen alapuolinen kosteus (viiltomittaus) nousee 3 kk:ssa.

Kuvasta 5 nähdään, että, että kosteusluokan 1 ja 2 betoneilla ja läpäisevällä päällysteellä riski on olematon ja tiiviimmälläkin päällysteellä kohtalainen (kosteus päällysteen alla 83...85 %RH) vasta, kun betoni on kastunut ja sen jälkeen kuivunut vain 2 kk noin 60 % RH ilman kosteudessa, tai betoni on aluksi ollut kylmissä olosuhteissa (+5 °C) ja sen jälkeen kuivunut kosteissa (60 % RH) olosuhteissa. Kosteusluokan 3 betoneilla läpäisevällä päällysteellä riski on olematon, mutta tiiviillä päällysteellä riski kasvaa merkittävästi, jos kuivumisaika on lyhyt (2 kk) ja erityisesti, jos olosuhteet ovat huonot (kastuu, kostea ja kylmää). Kosteusluokan 4 betoneilla olosuhdevaikutukset ja riskit ovat suurimmat. Riski on olemassa jopa läpäisevällä päällysteellä erityisesti, kun betoni on kastumisen jälkeen kuivunut vain lyhyen ajan (2 kk) kosteissa olosuhteissa.

Uusi tapa päällystettävyyden arviointiin

Betonien tiiviyksissä ja kosteusominaisuuksissa on eroja, jotka voidaan huomioida päällystettävyyden uudessa arviointitavassa mm., miten paljon tai vähän rakenteen paksuus vaikuttaa. Yhdistämällä betonin kosteudensiirto-ominaisuudet ja pintarakenteiden kosteudenläpäisyominaisuudet, on mahdollista kehittää päällystettävyyden arviointia ja varmistaa rakenteiden terveellisyys ja turvallisuus

Kuva 5

Kosteus päällysteen alla eri tilanteissa päällystettyjen eri kosteusluokan betoneilla (KL1...KL4)

Suhteellinen kosteus (% RH) välittömästi tiiviin päällysteen (Sd90) ja läpäisevän päällysteen (Sd7) eri kosteusluokan betoneilla 3 kk päällystämisen jälkeen eri tilanteissa. Kuivumistilanteet: Betonien kuivuminen ennen päällystämistä 2 kk tai 4 kk, OP40=kuivumisolosuhteet +20 °C/<40 %RH, OP60= kuivumisolosuhteet +20 °C/>60 % RH, KAS= betonia kasteltu 30 vrk ennen kuivatuksen aloitusta. KYL= betoni ollut 30 vrk:ta kylmässä (+ 5 °C) ennen kuivatuksen aloitusta.

		Kuivuminen											
		OP40 2kk	OP40 4 kk	OP60 2 kk	OP60 4 kk	KAS40 2kk	KAS40 4kk	KAS60 2kk	KAS60 4kk	KYL40 2kk	KYL40 4kk	KYL60 2kk	KYL60 4kk
KL1	SD90												
	SD7												
KL2	SD90												
	SD7												
KL3	SD90												
	SD7												
KL4	SD90												
	SD7												

Suhteellinen kosteus [%RH] välittömästi
päällysteen alla 3 kk päällystämisen jälkeen

<80	80..83	83...85	>85..90	>90
-----	--------	---------	---------	-----

aiempaa paremmin. Samalla voidaan nopeuttaa rakentamista ja pienentää CO₂-päästöjä.

Pintarakennejärjestelmien vesihöyrynvastustietoja on jo paljon käytössä, mutta enemmän tarvittaisiin, jotta niitä voidaan hyödyntää kosteudenhallinnan suunnittelussa aiempaa tarkemmin yhdessä betonien kosteudensiirtoluokkien kanssa. Taulukossa 1 on ensimmäinen alustava ehdotus pintarakenteiden kosteusluokille (PKL). Kriittisen suhteellisen kosteuden arvo ei ole sama kuin yleiset suhteellisen kosteuden raja-arvot betonilattioita päällystettäessä, vaan suhteellisen kosteuden arvo, missä kyseinen materiaali alkaa vaurioitumaan. Kunkin materiaalin valmistajan/toimittajan tulisi pystyä ilmoittamaan tuotensa vesihöyrynvastus S_d sekä kriittinen suhteellisen kosteuden raja-arvo RH_{krit} kuten kosteusasetus on jo pitkään edellyttänytkin. Mitä pienempi S_d -arvo on, sitä läpäisevämpi tuote on.

Uuden menetelmän mukaisessa betonilattioiden kosteudenhallintaprosessissa betonin kosteudensiirtoluokan määrittää joko suunnittelija (suunnittelu-/ kehitysvaiheessa) tai työmaa osana työmaan kosteudenhallinta-

Taulukko 1

Ensimmäinen ehdotus pintarekennjärjestelmien kosteusluokiksi.

Pintarakennejärjestelmän kosteusluokka (PKL)	Kriteerit	
	Vesihöyrynvastus S_d [m] *	Kriittinen kosteus [%RH] **
PKL0: $S_d < 1$ ja/tai kosteutta kestävä. Sietää kapillaarikosteutta	Ei vaikutusta	97
PKL1: Vesihöyryä hyvin tai melko hyvin läpäisevä, ei erityisen herkkä kosteudelle	$S_d < 5$ $S_d < 8$	85 90
PKL2: Vesihöyryä melko hyvin läpäisevä, mutta herkkä kosteudelle (esim. jotkut puulajit, puun kosteusliikkeet)	$S_d < 8$	75
PKL3: Tiivis, vesihöyryä hitaasti läpäisevä. Pintamateriaalit kestävätkin melko korkeaa kosteutta.	$S_d >> 10$	85
PKL4: Tiivis, vesihöyryä hitaasti läpäisevä. Pintamateriaalit tavanomaista herkempiä kosteudelle.	$S_d >> 10$	<< 85

* Vesihöyrynvastus (S_d). Mitä pienempi S_d -arvo on, sitä paremmin materiaali läpäisee vesihöyryä.

** Välittömästi päällysteen tai pinnoitteen alla.



6 Porareikämittauksessa poraus on mittauksen tekemisen 1. vaihe.

7 Porareikämittauksen mittausputket ovat olleet 3 vrk tiivistettyinä, jolloin porauksen vaikutus on poistunut. Mittapään asennusta varten mittausputken yläpään tiivistys avataan.

Jere Hyppönen, AFRY



Jere Hyppönen, AFRY

suunnitelmaa. Betonin kosteudensiirtoluokkien voidaan ajatella olevan niin sanotussa paremmuusjärjestyksessä, sillä luokan 1 betonit vaativat vähiten toimenpiteitä ja kuivatusaikaa, kun taas luokan 4 betonit voivat vaatia huomiota hyvinkin paljon. Pintarakennejärjestelmillä kosteusluokka on puolestaan sitä korkeampi, mitä tiiviimpi ja herkempi kosteudelle pintarakennejärjestelmä on.

Lähtökohtaisesti vain kosteudensiirtoluokan 4 betonia ja kosteusluokan 3 tai 4 pintarakennejärjestelmäyhdistelmälle on tarkoituksenmukaista käyttää nykyisen Betonin suhteellisen kosteuden mittauksen RT-ohjekortin 10333 mukaisia mittaussyvyyskäsiä. Useimmilla betoni-pintarakennejärjestelmillä rakennekosteusmittauksista voidaan viimeistään siirtymävaiheen jälkeen pitkälti luopua ja laadunvarmistustoimenpiteeksi riittää beto-

nointipöytäkirja sekä valun jälkeisten olosuhdeiden varmistaminen.

Jatkostepit kansalliseksi ohjeeksi

VHTBL hankkeessa kehitetty uusi menetelmä poikkeaa merkittävästi nykyisestä. Menetelmän myötä betonilattioiden kosteudenhallintaprosessi tulee muuttumaan ja vaikuttamaan laajalti alalla. Menetelmän saaminen kansalliseksi ohjeeksi vaatii suunnitelmallisen siirtymävaiheen, minä aikana menetelmää testaan todellisissa kohteissa ja sitä tarkennetaan. Menetelmän hyödyt osoitetaan pilottikohteissa. Vaikutukset kansallisiin ohjeisiin (mm. RT-kortit, SisäRYL, kosteudenhallintaohjeet) selvitetään ja niihin tehdään tarvittavat päivitykset. Laaditaan lopulliset uudet ohjeet. Menetelmästä viestitään laajalti ja siihen liittyvää koulutusta järjestetään alan toimijoille.

VHTBL:n jatkohanke on betonialaa enemmän rakennusliikkeiden intressi, ja siksi vetovastuun ottaa Talonrakennusteollisuus ry. Hankkeen rahoitus pyritään hankkimaan pitkälti samoilta tahoilta kuin alkuperäisen hankkeen ja lisäksi mukaan tarvitaan aiheesta kiinnostuneita yrityksiä ja tahoja: Betonivalmistajia, rakennusliikkeitä, pintarakennetoimittajia sekä kiinteistönomistajia. Jos kiinnostuit, ole allekirjoittaneisiin yhteydessä.

Lisätietoa:

Vähähiiliset ja toimivat betonilattiat -rakennusaikaisen kuivattamisen optimointi VN/5412/2023, Loppuraportti 19.2.2025. <https://www.betoniyhdistys.fi/media/vhtbl/vhtb-ym-loppuraportti-kotisivuille.pdf>

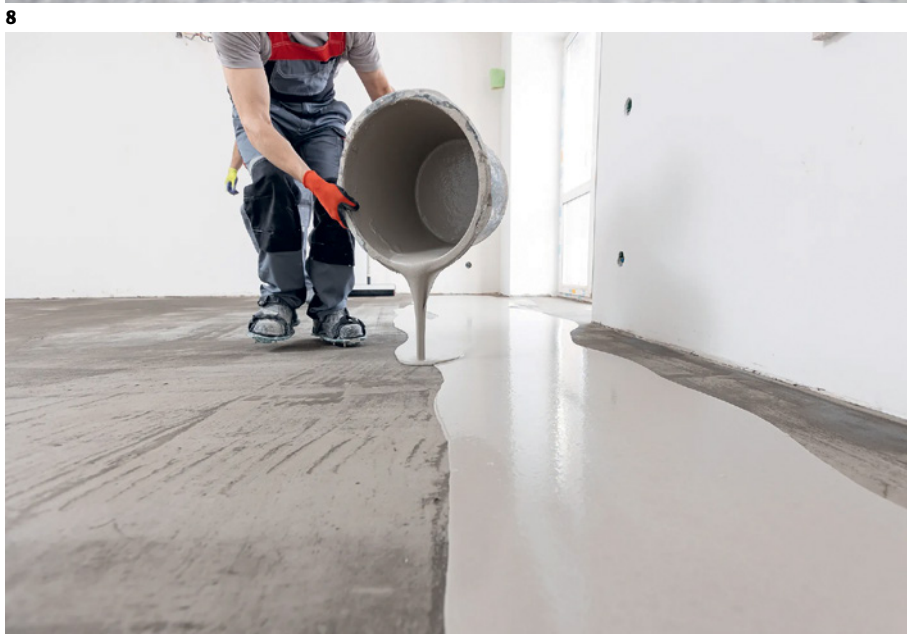
8 Mittausputkina mustat mittapäävalmistajan putket. Putken tyven ja betonin sekä putken yläpäähän ja mittapään johdon yhtymäkohdan tiivistys tehdään tässä paineltavalla kitillä.

Mittapääät tasaantumassa eri mittaussyvyyksien mittausputkissa ja sisäilman olosuhteiden mittausta varten mittapää myös lattiapinnalla sisäilmassa. Olosuhteiden mittaaminen on tärkeää mm. mittaustarkkuuden arviointia varten.

9 Lattipinnoitteen levitystä.



Jere Hyppönen, AFRY



Summary of the main results of the low-carbon requirements of concrete floors project

The project defined a new procedure for moisture control of concrete floors to be covered or coated. The procedure is based on the classification of concrete according to their moisture transfer properties and to classification of surface structure systems, depending on how they permeate and tolerate moisture in the concrete.

The moisture class of the surface structure system, which is determined during the design phase, and the target schedule for the construction site phase guide the selection of the concrete moisture transfer class, together with other requirements affecting the selection of concrete (e.g. strength, ductility, durability, low carbon, etc.). Choosing the moisture class of the concrete can significantly affect how

long the structure should be dried and what conditions are required for drying. With some concrete and surface structure system choices, the drying time during the construction site can be very short, while with others it may become very long, demanding significant environmental management operations. The unnecessary drying of concrete floors can be significantly reduced by taking into account both the moisture transfer class of the concrete and the moisture class of the surface structure system.

The selection of concrete is increasingly controlled by the low-carbon requirements of concrete. Studies in the project showed that there may be significant differences in the moisture behavior of low-carbon concrete and therefore they do not automatically belong to the same category. Thus, a low-carbon, healthy and safe concrete floor can be achieved within a reason-

able schedule without special measures, when the guiding choices are made early in the design stage.

The new method developed with the project is significantly different from the current one. Getting the method to become a nationally approved practice requires a systematically managed transition phase.

Vähähiilisen betonin tiekartta

Jouni Punkki

Professori (POP), Aalto-yliopisto
jouni.punkki.aalto.fi

Vähähiilisen betonin tiekartassa on analysoitu mahdollisuuksia betonin päästövähennyksiin. Merkittävimmäksi toimenpiteeksi nousee odotetusti hiilidioksidin talteenotto sementin valmistuksessa. Lyhyellä aikavälillä potentiaalisimpana toimenpiteenä nähdään seossementtien käytön lisääminen.

Kalkkikivi (CaCO_3) ja sen kalsinointiprosessissa syntyvät tuotteet ovat aina olleet hyvin keskeisessä roolissa rakentamisessa. Kalkkilaastia on käytetty rakentamisessa jo tuhansia vuosia. Kalkkilaastissa sammutettu kalkki (CaOH_2) reagoi ilman hiilidioksidin kanssa kovettuen takaisin kalsiumkarbonaatiksi. Reaktio on kuitenkin hidas, lujuustaso jää alhaiseksi ja reaktio tapahtuu kokonaisuudessaan vain kuin laasti on tekemisessä hiilidioksidin kanssa. Roomalaiset jatko kehittivät kalkkilaastia hyödyntämällä vulkaanista luonnon pozzolaania, joka reagoi sammutetun kalkin kanssa. Etuna kalkkilaastiin verrattuna oli, että roomalaisten ”sementti” kovettui myös veden alla ja rakenteiden sisällä. Näin roomalaiset tulivat keksineensä myös betonin. Roomalaisilla oli ajallisesti pidempi kokemus sementin ja betonin käytössä kuin mitä meillä on nykyään.

Iso kehitysaskel kalkkikivipohjaisten sideaineiden kehityksessä tapahtui noin 200 vuotta sitten Englannissa, kun Portland-sementti keksittiin. Portland-sementin valmistuksessa polttovaihe viedään pidemmälle kuin pelkässä kalsinoinnissa ja näin muodostuu sementtiklinkeriä, joka jauhetaan sementiksi. Kalkkilaastiin tai roomalaiseen sementtiin verrattuna modernin sementin lujuustaso on selvästi korkeampi ja lujuudenkehitys nopeampaa. Uusi, tehokas sideaine yhdessä raudoituksen kehittymisen

kanssa valloittivat nopeasti rakentamisen ja betonin käyttömäärät kasvavat edelleen.

Yhteistä näille kaikille kalkkikiven kalsinointiin perustuville sideaineille (kalkkilaasti, roomalainen sementti ja Portland-sementti) on kalsinoinnissa vapautuva hiilidioksidi ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$). Kalkkikiveen miljoonien vuosien aikana kiteytynyt hiilidioksidi vapautuu ilmakehään, eikä tätä kemiallista reaktiota voida estää. Ominaispäästöt sementin ja betonin osalta eivät ole korkeat, kuitenkin sementin valmistus

aiheuttaa globaalisti noin 8 % hiilidioksidipäästöistä. Suomessa osuus on selvästi pienempi, alle 2 %. Suuri osuus johtuu betonin valtavista käyttömääristä. Ja johtuen juuri betonin erittäin merkittävästä roolista rakentamisessa, betonia on erittäin vaikea ja usein mahdotontakin korvata muilla materiaaleilla. Vaikka betonin ominaispäästöt ovat pienet, noin 0,1 kg- CO_2 eq /kg, edelleenkin tehokkain tapa vähentää betonin aiheuttamia päästöjä, on betonin ominaispäästöjen vähentäminen.



Vähähiilisen betonin tiekartta – 16 mahdollisuutta

SEMENTIN VALMISTUS

- Sementtien seostaminen
- Energiatehokkuus ja raaka-aineet
- Vähäpäästöinen energia ja sähköinen kalsinointi
- CO₂-talteenotto

BETONIN VALMISTUS

- Uudet sideaineet
- Reseptioptimointi
- Valmistustekniikka
- Sähkö- ja lämmitys-energia
- Betonimurskeen käyttö
- Sementin ja kiviainesten kuljetus
- CO₂:n sitouttaminen tuoreeseen betoniin
- CO₂:n sitouttaminen betoniin kovettumisen aikana

RAKENTEET

- Lujuusluokka ja arvosteluikä
- Suunnitteluratkaisut
- Elementtien uudelleenkäyttö
- *Karbonatisoituminen*

Kuva 1 Vähähiilisen betonin tiekartassa analysoidut betonin päästövähennystoimenpiteet.

Mahdollisuudet betonin valmistuksen päästövähennyksiin

Vuonna 2024 tehtiin Aalto-yliopiston, betoni- ja sementtiteollisuuden yhteistyönä Vähähiilisen betonin tiekartta. Tiekartassa on analysoitu kattavasti eri mahdollisuuksia vähentää betonin valmistuksen CO₂-päästöjä. Tiekartassa arvioidaan eri toimenpiteillä saavutettavia päästövähennyksiä vuosina 2030, 2040 ja 2050. Päästövähennysten lisäksi arvioidaan karkealla tasolla myös toteutumisriskejä sekä kustannusvaikutuksia. Tiekartta keskittyy CO₂-päästöihin ja niiden vähentämismahdollisuuksiin. Tiekartassa ei siten tarkastella muita kestävän kehityksen näkökulmia kuten luonnonvarojen käyttöä tai biodiversiteettiä. Samoin tiekartassa rajoitutaan vain päästövähennystoimenpiteisiin, esimerkiksi talteen otetun hiilidioksidin varastointia tai hyödyntämistä ei analysoida. Tiekartassa noudatetaan ”gradle-to-gate” periaatetta eli tarkastellaan elinkaarianalyysin vaiheita A1–A3, jotka pitävät sisällään betonin raaka-aineiden, niiden kuljetusten sekä valmistusprosessin aiheuttamat päästöt. Näin ollen valmisbetonin, betonielementtien tai betonituotteiden kuljetuksia työmaalle tai mahdollisia työmaatoimintoja ei tarkastella. Laskelmissa oletetaan, että betonin valmistusmäärä tulee säilymään nykyisellä tasolla. Mahdolliset muutokset eivät kuitenkaan vaikuttaisi merkittävästi esitettyihin arvoihin, koska analyysit tehdään betoni-m³ kohden.

Tiekartta-projektia ovat rahoittaneet SBK Säätiö sr, Betoniyhdistys ry, Finnsementti Oy ja Aalto-yliopisto. Tiekartan on koontanut pro-

fessori Jouni Punkki ja työtä on tukenut teollisuuden edustajista koostunut ohjausryhmä.

Tiekartassa on tunnistettu ja analysoitu kaikkiaan 16 eri päästövähennysmahdollisuutta. Nämä ovat jaettu kolmeen ryhmään: Sementin valmistus, Betonin valmistus ja Rakenteet (kuva 1). Eri päästövähennystoimenpiteet on muunneltu vertailukelpoisiksi esittämällä päästövähennykset betoni-m³ kohden (kg-CO₂ eq/m³-betoni). Laskelmissa on pyritty välttämään päällekkäislaskentaa. Kuitenkin osa esitetyistä päästövähennysmahdollisuuksista on vaihtoehtoisia keskenään ja siten kaikki päästövähennykset ei ole yhteenlaskettavissa.

Koko betoniteollisuuden lisäksi tiekartassa on arvioitu yksittäisen yrityksen mahdollisuuksia päästövähennyksiin. Yksittäisten yritysten osalta arvioinnit on tehty tuoteryhmittäin ja analyysit pyrkivät arvioimaan tilannetta, jolloin yritys panostaa runsaasti päästövähennystoimenpiteisiin. Yritystasoinen analyysi on nähty tärkeäksi, sillä havaitaan toimenpiteitä, joilla ei koko betonialan osalta saavuteta suuria päästövähennyksiä, mutta voivat olla yhden yrityksen kannalta hyvinkin merkittäviä.

Rakenteet-ryhmän vaihtoehdot ovat josain poikkeavia verrattuna sementin ja betonin valmistukseen liittyviin vaihtoehtoihin. Rakenteisiin liittyvät päästövähennysvaihtoehdot eivät yleensä ole betonin valmistajan päätösvallassa, vaan esimerkiksi suunnittelijan valittavissa. Lisäksi mukana oleva karbonatisoituminen tapahtuu ilman erityisiä toimenpiteitä. Karbonatisoituminen onkin tiekartassa mukana lähinnä vain vertailuarvona.

Koko betoniteollisuuden päästövähennykset

Koko betoniteollisuuden päästövähennykset kuvastavat kokonaistilannetta betonin valmistuksen päästövähennysten osalta. Laskelmat on tehty tuoteryhmittäin ja tuoteryhmien tuotanto-osuudet on otettu huomioon. Kuvassa 2a on esitetty betonin valmistuksen päästövähennykset koko tarkastelujaksolla (2030–2050). Kuvassa 2b on esitetty vastaavasti päästövähennykset lyhyellä aikavälillä eli vuoteen 2030 mennessä.

Kuvasta 2a nähdään, että sementin valmistus dominoi päästövähennyksiä pidemmällä aikavälillä. Tämä on oletettavaa, aiheuttaahan sementti valtaosan betonin CO₂-päästöistä. Sementin valmistuksen jälkeen suurimmaksi yksittäiseksi tekijäksi nousee raaka-aineiden kuljetukset. Lyhyellä aikavälillä, vuoteen 2030 mennessä (kuva 2b), sementin rooli on suhteellisesti pienempi.

Sementin valmistus

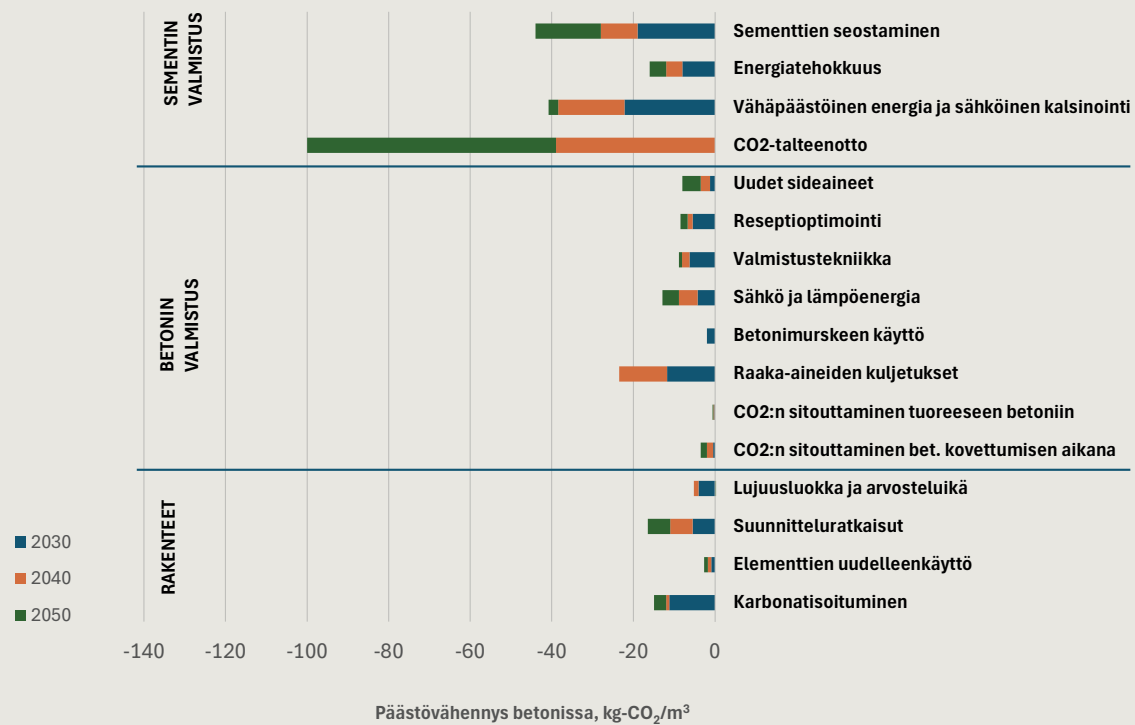
Sementin osalta on analysoitu neljä vaihtoehtoa päästövähennyksiin:

- Sementtien seostaminen
- Energiatehokkuus ja raaka-aineet
- Vähäpäästöinen energia ja sähköinen kalsinointi
- Hiilidioksidin talteenotto

Sementtien seostaminen kuuluisi periaatteessa sekä sementin että betonin valmistuksen alle. Sementin valmistaja valmistaa seossementit, mutta betonin valmistaja valitsee käytettävän

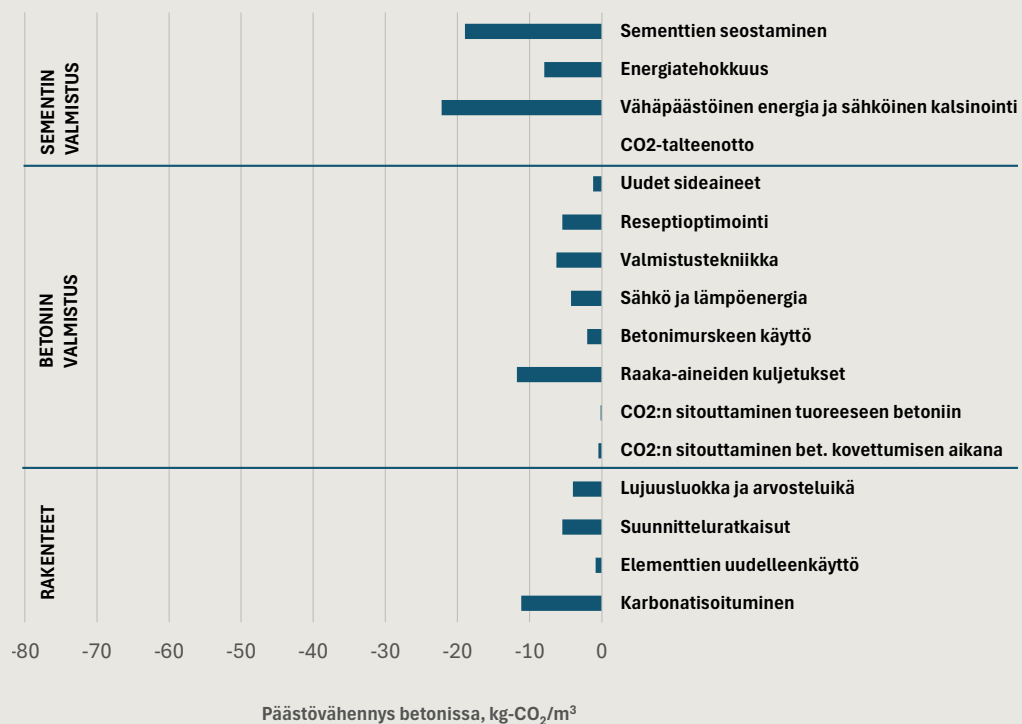
Kuva 2a

Betoniteollisuuden päästövähennysmahdollisuudet 2030–2050



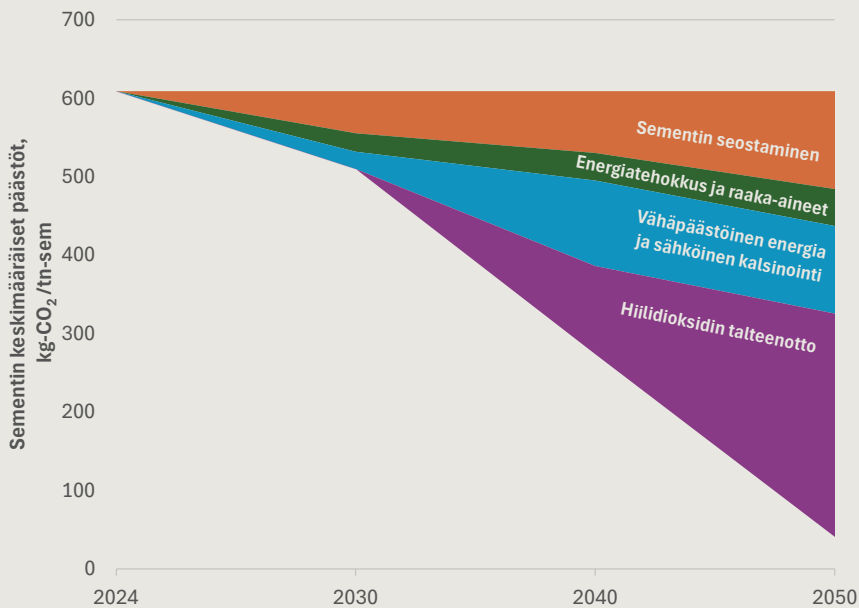
Kuva 2b

Betoniteollisuuden päästövähennysmahdollisuudet vuoteen 2030 mennessä



Kuva 3

Sementin kumulatiiviset päästövähennykset vuoteen 2050 mennessä



sementtityypin. Esitetty sementtien seostaminen pitää sisällään myös tilanteen, jossa seosaine lisätään betoniasemalla. Vaikutukset päästöihin ovat hyvin samanlaiset. Sementtien seostamisen osalta ei oteta kanssa seosaineiden laatuun. Seosaineissa tulee tapahtumaan muutoksia vuoteen 2050 mennessä. Laskelmissa oletetaan, että seosaineet voivat muuttua, mutta seosaineiden päästötasot tulevat olemaan kutakuinkin nykyisellä tasolla.

Kuvassa 3 on esitetty tarkemmin sementin keskimääräisten päästöjen kehitystä eri toimenpiteiden vaikutuksesta. Sementtien nykyinen laskennallinen keskimääräinen päästötaso, 609 kg-CO₂ eq/tn-sem, alenisi arvioiden mukaan tasolle 40 kg-CO₂ eq/tn-sem vuoteen 2050 mennessä.

Mikäli edellä esitetyt päästövähennystoimenpiteet toteutuvat, sementistä tulee lähes nollapäästöinen, koska kaikki sementin valmistuksen merkittävät päästölähteet voidaan eliminoida. Samalla myös betonista tulee erittäin vähäpäästöinen rakennusmateriaali, betonin osalta voidaan hyödyntää sementin päästövähennysten lisäksi myös muita päästövähennystoimenpiteitä. Päästövähennysten kustannukset ovat vielä tässä vaiheessa vaikeasti arvioitavissa, mutta tulevaisuudessa betonin hintaan tulee vaikuttamaan betonin päästötaso. Betonin päästöjen radikaali väheneminen tulee vaikuttamaan myös monien muiden päästövähennystoimenpiteiden kilpailukykyyn.

Koska suurimmat sementin päästövähennykset saavutetaan vasta 2030:n jälkeen, tulee lyhyemmällä aikavälillä panostaa seosementtien käyttöön. Hiilidioksidin talteenoton kustannusvaikutusten takia seosementtejä tullaan tarvitsemaan myös 2040- ja 2050 luvuilla. Seosementtien käyttömahdollisuudet vaihtelevat jossain määrin tuoteryhmittäin sekä valmistettavien tuotteitten mukaan, mutta seosementtien käyttö on tehokas ja varsin helposti toteutettava päästövähennystoimenpide.

Betonin valmistus

Betonin valmistuksen osalta on analysoitu kahdeksan eri vaihtoehtoa päästövähennyksiin:

- Uudet sideaineet
- Reseptioptimointi
- Valmistustekniikka
- Sähkö- ja lämmitysenergia
- Betonimurskeen käyttö
- Sementin ja kiviainesten kuljetukset
- CO₂:n sitouttaminen tuoreeseen betoniin
- CO₂:n sitouttaminen betoniin kovettumisen aikana

Uusilla sideaineilla tarkoitetaan tässä tapauksessa sideaineita, jotka eivät ole tällä hetkellä täydyä betonistandardien vaatimuksia. Laskelmissa kuitenkin oletetaan, että tilanne voi muuttua ja siten käyttömäärät kasvavat nykytasosta. Laskemat on tehty päästötasojen

perusteella, sideaineen tarkkaan koostumukseen ei oteta kantaa. Kriittistä tulee olemaan uusien sideaineiden soveltuvuus erityisesti kantaviin rakenteisiin sekä myös raaka-aineiden saatavuus.

Reseptioptimoinnin osalta on analysoitu toimenpiteitä, joiden avulla betonin valmistaja voi vähentää sementin määrää, ja sitä kautta betonin CO₂-päästöt alenevat. Sementin määrää voidaan vähentää esimerkiksi optimoimalla kiviaineksen rakeisuutta ja/tai laatua. Samoin lujuusmarginaalin pienentäminen mahdollistaa sementtimäärän alentamisen. Toisaalta murskattujen hienojen kiviainesten laajempi käyttö tulee lisäämään betonin vedentarvetta ja siten myös sementin tarvetta. Reseptioptimoinnin mahdollisuuksiin voi vaikuttaa heikentävästi seosementtien lisääntyvä käyttö. Reseptioptimointi on useimmista päästövähennystoimenpiteistä poikkeava siinä suhteessa, että sillä voidaan jopa alentaa kustannuksia.

Valmistustekniikan osalta on arvioitu mahdollisuuksia vähentää sementin tarvetta lämpökäsittelyn avulla sekä notkeusluokan muutoksen kautta. Lämpökäsittelyn avulla voidaan nopeuttaa lujuudenkehitystä ja siten alentaa sementin määrää. Lämpökäsittelyn hyödyntäminen koskee käytännössä vain elementti- ja betonituoteteollisuutta, Betonin notkeustason muuttaminen ei ole ongelmatonta, esimerkiksi valmisbetonin osalta notkeusluokka on yksi tilaajan edellyttämä ominaisuus ja siten



betonin valmistaja ei voi sitä yksipuolisesti muuttaa. Kuitenkin betonin notkeus nähdään yhtenä varsin yksinkertaisena ja kustannustehokkaana keinona vähentää betonin päästöjä.

Betonin valmistusprosessi kuluttaa varsin vähän energiaa, mutta myös energian kulutuksessa on säästöpotentiaalia. Tiekartassa tarkastellaan sähkön ja lämmitysenergian kulutuksia ja lähtöarvoina energian kulutukselle käytetään BY-Vähähiilisyysluokituksen oletusarvoja. Laskelmissa oletetaan, että sähkön ominaispäästöt alenevat CO₂data.fi tietokannassa esitettyjen arvojen mukaisesti. Lämmitysenergian osalta oletetaan, että fossiilinen energia (kevyt polttoöljy) korvautuu vähäpäästöisellä bioenergialla. Lisäksi energian kulutuksen oletetaan pienenevän energiansäästötoimenpiteiden vaikutuksessa. Muutokset lämmitysenergian kulutuksessa oletetaan pienemmäksi kuin sähkön osalta, koska sementtien seostaminen tulee todennäköisesti kasvattamaan lämmityksen tarvetta.

Hyödynnettäessä betonimursketta betonin valmistuksessa murskattu betoni korvaa kiviainesta, jonka CO₂-päästöt ovat hyvin alhaiset. Siten betonimurskeen käytöllä betonin valmistuksessa ei voida saavuttaa suuria päästövähennyksiä. Kuitenkin kiviainesten kuljetusmatkat pidentyvät jatkuvasti ja kuljetuksista aiheutuu merkittäviä päästöjä. Mikäli betonin valmistajan hyödyntää omaa hukkabetonia uusiokiviainesten valmistuksessa, päästövähennyksiä syntyy kuljetusten vähentymisestä.

Sementin kuljetuksen aiheuttamat päästöt eivät kuulu sementin valmistajan päästöihin, mutta ne täytyy huomioida betonin valmistajan päästölaskelmissa. Vastaavasti myös kiviainesten kuljetukset huomioidaan betonin päästölaskelmissa. Tällä hetkellä kuljetuksissa käytetään fossiilista polttoainetta, mutta tulevaisuudessa kuljetusten päästöjen voidaan olettaa laskevan biopolttoaineiden (biodiesel tai biokaasu) käytön ja/tai sähkökäyttöisen (akkukäyttöisen) kuljetuskaluston myötä. Laskelmissa oletetaan, että fossiilinen polttoaine korvautuu vähitellen vähäpäästöisillä polttoaineilla, akkukäyttöisellä kuljetuskalustolla saavutettaisiin vieläkin suuremmat päästövähennykset.

Hiilidioksidia voidaan sitouttaa sekä tuoreeseen betoniin että betoniin kovettumisen aikana. Tiekartassa on arvioitu molempia vaihtoehtoja. Hiilidioksidin sitouttaminen betoniin kytkeytyy olennaisesti hiilidioksidin talteenottoon sementtitehtaalla. Tulevaisuudessa tulee olemaan selkeä tarve varastoida hiilidioksidia pysyvästi ja siinä hiilidioksidin sitouttaminen betoniin on potentiaalinen vaihtoehto. Hiilidioksidin sitouttaminen kovettumisen aikana mahdollistaa selvästi suuremmat päästövähennykset kuin mitä on saavutettavissa sitouttamisessa tuoreeseen betoniin, mutta toisaalta sitouttaminen kovettumisen aikana soveltuu vain kooltaan pienehköille tuotteille, koska sitouttaminen tapahtuu CO₂-kammiassa.

Kokonaisuutena betonin valmistuksessa voidaan saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä, päästövähennykset jäävät kuitenkin selvästi matalammalle tasolle kuin mitä sementin osalta voidaan saavuttaa. Koko betoniteollisuuden osalta suurimmat päästövähennykset saavutetaan raaka-aineiden kuljetuksista sekä valmistuksen energian käytöstä (kuva 2a). Kyseiset säästötoimenpiteet voidaan toteuttaa myös varsin lyhyellä aikavälillä.

Rakenteet

Perinteisesti rakenteiden suunnittelussa on kiinnitetty vähemmän huomiota rakenteiden päästöihin, mutta jatkossa rakenteita tullaan varmasti optimoimaan myös CO₂-päästöjen kannalta. Päästövähennysten arvioiminen on kuitenkin varsin haastavaa, koska päästövähennykset ovat hyvin tapauskohtaisia. Rakenteiden osalta suunnittelija on avainroolissa, betonin valmistaja ei voi yksin vaikuttaa rakenteiden päästöihin. Tiekartassa arvioitiin seuraavia rakenteisiin liittyviä päästövähennyksiä:

- Betonin lujuusluokka ja puristuslujuuden arvosteluikä
- Suunnitteluratkaisut
- Elementtien uudelleenkäyttö
- Karbonatisoituminen

Lujuusluokkien osalta arvioidaan mahdollisuuksia välttää yllilujuuksia. Samoin tarkas-

tellaan millaisia päästövähennyksiä pidempi puristuslujuuden arvosteluikä (28 vrk → 91 vrk) voisi antaa. Myös kiviainesten maksimiraakoolla on vaikutus betonin päästöihin. Edellä mainitut toimenpiteet voidaan toteuttaa vain osassa kohteita. Suunnitteluratkaisujen osalta arvioitiin varsin yleisellä tasolla millaisia päästövähennyksiä voitaisiin saavuttaa. Yksittäisissä kohteissa voitaisiin todennäköisesti saavuttaa selvästi suurempiakin päästövähennyksiä. Elementtien uudelleenkäytöllä voidaan parhaimmillaan saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä, koska tuotteen valmistuksen aiheuttamat päästöt jäävät lähes kokonaan pois. Haasteena on kuitenkin varsin vähäiset käyttömäärät. Karbonatisoituminen on tiekartassa lähinnä vertailutasona, päästövähennykseksi arvioitiin olemassa olevien betonirakenteiden hiilinielu suhteessa valmistettuun betonimäärään.

Koko betoniteollisuuden kannalta suunnitteluratkaisulla arvioitiin saavutettavan suurimmat päästövähennykset. Myös olemassa olevien rakenteiden karbonatisoitumisen vaikutus on yllättävän suuri. Yksittäisten valmisbetoniyhtyritysten osalta lujuusluokan ja arvosteluiän muutoksilla sekä suunnitteluratkaisulla voidaan saavuttaa suurimmat päästövähennykset. Yksittäisen elementtien valmistajan osalta myös elementtien uudelleen käytöllä on merkittävää säästöpotentiaalia.

Yksittäisen betonin valmistajan päästövähennykset

Koko betoniteollisuuden osalta on arvioitu tuoteryhmittäin yksittäisten yrityksen päästövähennysmahdollisuuksia. Arvioinnit on tehty olettaen, että yritys panostaa runsaasti päästövähennyksiin, siten arviot eivät kuvasta tuoteryhmän keskimääräistä tasoa. Päästövähennykset on esitetty kuvissa 4..6.

Yksittäisten yritysten mahdollisuudet päästövähennyksiin poikkeavat oletetusti koko betonialan keskimääräisistä arvoista. Sementin päästövähennyksillä on edelleen suuri merkitys, mutta rinnalle nousee muitakin merkittäviä päästövähennysmahdollisuuksia. Erityisesti lyhyellä aikavälillä (2030) voidaan havaita useitakin merkittäviä mahdollisuuksia. Toimenpiteet ovat kuitenkin hyvin

yrityskohtaisia ja siten betonin valmistajien tulee analysoida omaan tuotantoon soveltuvat tehokkaimmat toimenpiteet.

Yhteenveto

Vähähiilisen betonin tiekartassa on analysoitu 16 eri mahdollisuutta betonin päästövähennyksiin. Koko tarkastelujaksolla merkittävimmäksi toimenpiteeksi nousee odotetusti hiilidioksidin talteenotto sementin valmistuksessa. Lyhyellä aikavälillä (vuoteen 2030 mennessä) potentiaalisimpana toimenpiteenä nähdään seosmenttien käytön lisääminen.

Sementin lisäksi nähdään myös useita muita päästövähennystoimenpiteitä, joita voidaan hyödyntää betoniteollisuudessa. Saavutettavat päästövähennykset vaihtelevat tuoteryhmittäin ja myös yrityskohtaisesti. Sementin lisäksi suurimmat mahdollisuudet päästövähennyksiin nähdään raaka-aineiden kuljetuksissa (kaikki tuoteryhmät), valmistuksen energian käytössä (elementit ja betonituotteet), uusissa sideaineissa (kaikki tuoteryhmät) sekä CO₂:n sitouttamisessa betoniin kovettumisen aikana (betonituotteet). Edellä mainituista uusien sideaineiden käyttöönotto tulee tapahtumaan viiveellä ja käyttöönottoon liittyy runsaasti epävarmuutta, kun taas muutokset raaka-aineiden kuljetuksissa ja valmistuksen energian käytössä voidaan toteuttaa nopeastikin.

Vaikka suurimmat päästövähennykset tullaan saavuttamaan hiilidioksidin talteenotolla, on tärkeää panostaa muihinkin toimenpiteisiin päästöjen vähentämiseksi. Lyhyemmällä aikavälillä kannattaa panostaa erityisesti seosmenttien laajempaan käyttöön. Hiilidioksidin talteenoton kustannusvaikutusten takia seosmenttejä tullaan tarvitsemaan myös 2040- ja 2050 luvuilla.

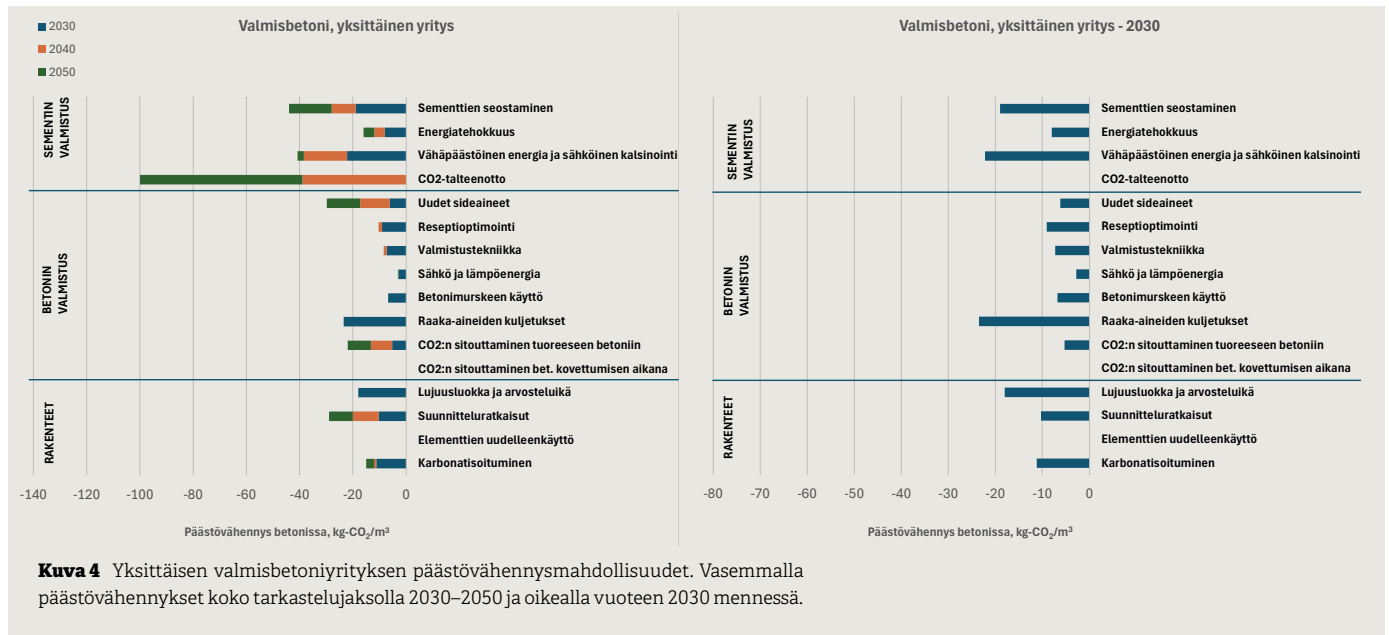
Toteutuessaan esitetyt päästövähennystoimenpiteet tekevät betonista erittäin vähäpäästöisen tai jopa nollapäästöisen rakennusmateriaalin. Sementin päästöjen merkittävä vähentyminen tulee myös vaikuttamaan eri päästövähennysvaihtoehtojen kilpailukykyyn, esimerkiksi uusien sideaineiden kilpailukykyyn tulee vaikuttamaan merkittävästi perinteisten sementtien päästötaso.

Vähäpäästöinen betoni tulee olemaan erittäin tärkeässä roolissa koko rakentamisen päästöjen kannalta. Betonin päästötason radikaali alentuminen tulee tekemään betonista erittäin kilpailukykyisen rakennusmateriaalin myös kestäväen kehityksen näkökulmasta. Betonilla on useita erittäin vahvoja ominaisuuksia, betonin raaka-aineita on runsaasti saatavilla kotimaasta, sementin ja betonin valmistuksen päästöt tulevat olemaan minimaaliset, sementin valmistuksessa ei synny juurikaan jätteitä, vaan sementin valmistuksessa voidaan hyödyntää muiden alojen jätteitä. Lisäksi betonin ominaisuudet tunnetaan erittäin hyvin ja betonin käytöstä on Suomesakin jo yli 100 vuoden kokemus.

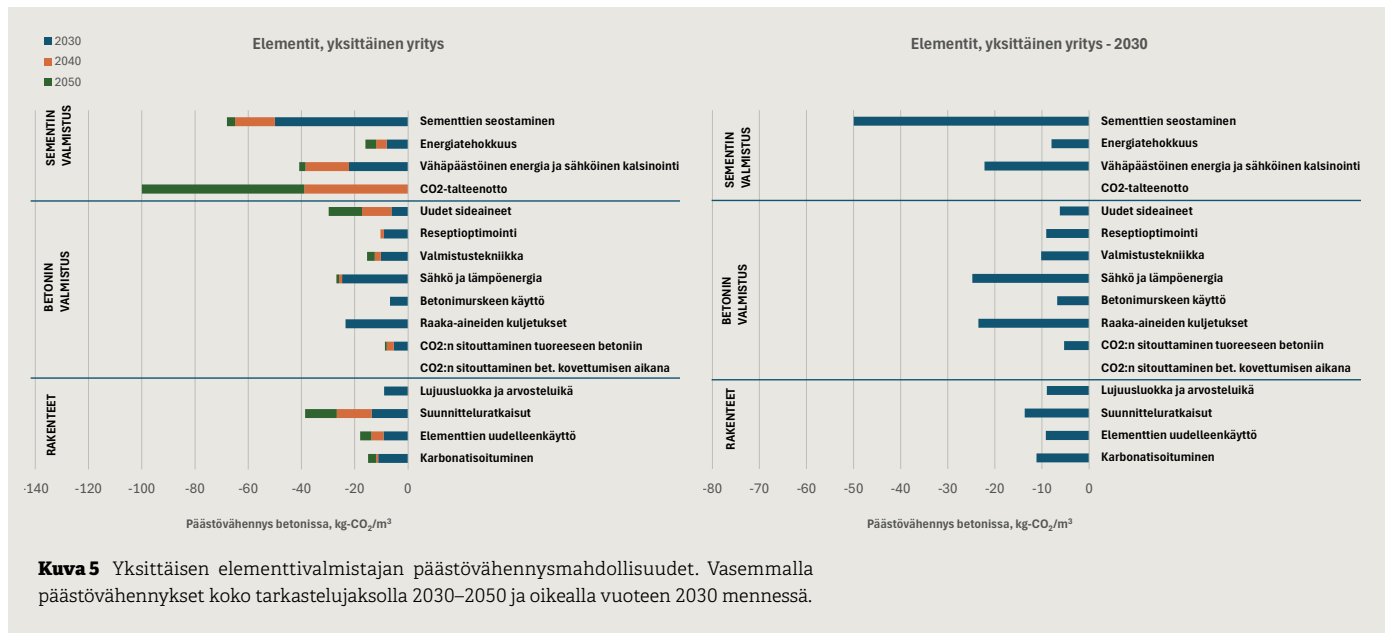
Abstract

Roadmap for low-carbon concrete has been prepared in Finland. The aim of the roadmap was to identify different options to reduce CO₂-emissions of concrete. Totally 16 different options were analysed. As expected, the largest emission reductions can be achieved in the cement production. Carbon capture will give the biggest reductions followed by the use of blended cements and green energy & electrical calcination. However, the introduction of the carbon capture will take time and therefore it is very important to utilize other possibilities to reduce CO₂-emissions of concrete in the short term. Potential options for a concrete producer are for example more extensive use of blended cements, green transportation of cement and aggregate, improvements in the energy use as well as mix design optimization. Depending on the production type, an individual producer has several additional options for emission savings.

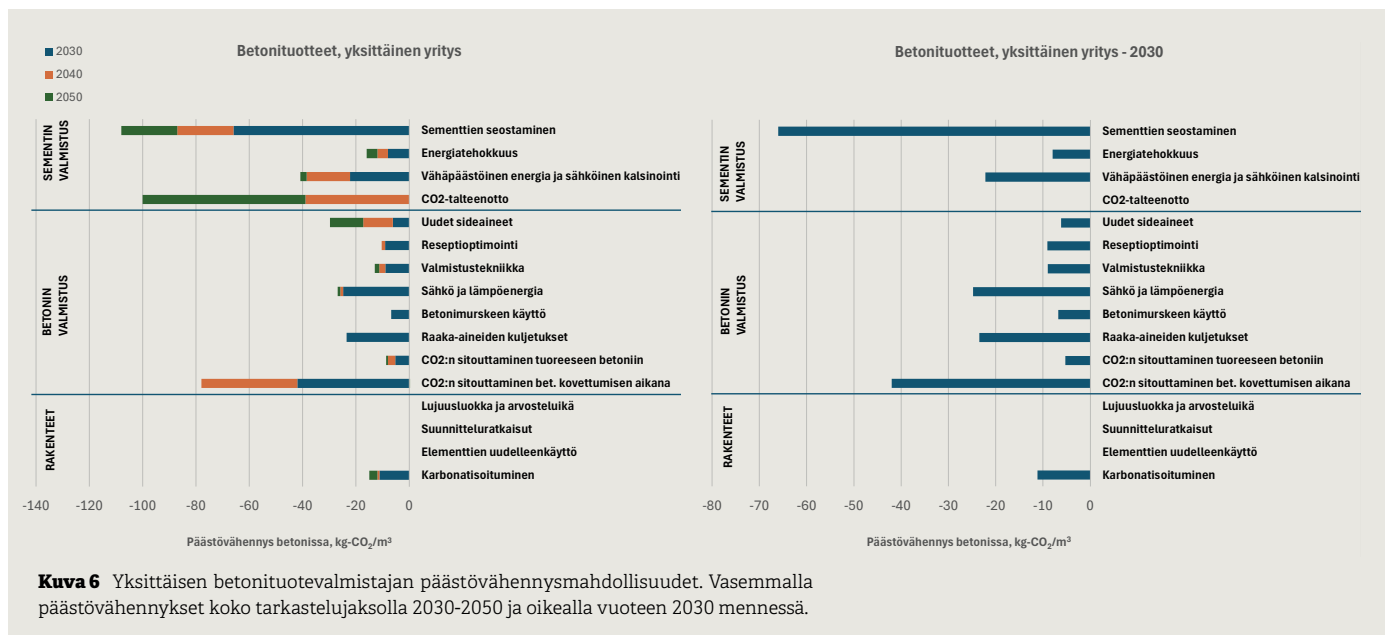
The roadmap also reveals that concrete will be low-carbon or even zero-emission material in future. As the emissions of the cement can be reduced close to zero, it will be possible to produce concrete with very low CO₂-emissions. However, this will take time and there will be significant cost effects.



Kuva 4 Yksittäisen valmisbetoniyrityksen päästövähennysmahdollisuudet. Vasemmalla päästövähennykset koko tarkastelujaksolla 2030–2050 ja oikealla vuoteen 2030 mennessä.



Kuva 5 Yksittäisen elementtivalmistajan päästövähennysmahdollisuudet. Vasemmalla päästövähennykset koko tarkastelujaksolla 2030–2050 ja oikealla vuoteen 2030 mennessä.



Kuva 6 Yksittäisen betonituotevalmistajan päästövähennysmahdollisuudet. Vasemmalla päästövähennykset koko tarkastelujaksolla 2030–2050 ja oikealla vuoteen 2030 mennessä.

Betonielementtien tuotantoketjun digitalisointi

Teemu Alaluusua

CEO, Con X Digi Technologies Oy;
RT:n Betonielementtitoimitusketjuhankkeen
projektipäällikkö ja ohjausryhmän jäsen
teemu.alaluusua@condigi.fi

Janne Kihula, DI

Jaospäällikkö, Betoniteollisuus
janne.kihula@rt.fi

Johdanto

Rakennus- ja rakennustuoteteollisuuden liiketoimintaympäristö elää tällä hetkellä digitaalisen muutoksen aikaa. Muutosta ohjaavat tekijät, kuten kiristyvät tuottavuus- ja vastuullisuusvaatimukset, nopea teknologinen kehitys sekä kansalliset säädökset (esimerkiksi uudistuva rakentamislaki) ja EU:n asettamat regulatiovaatimukset (mm. digitaaliset tuotepassit, sähköiset kuljetustiedot ja kestävyysraportointivelvoitteet). Nämä tekijät suuntaavat alan kehitystä kohti entistä systemaattisempaa ja yhtenäisempää tiedonhallintaa.

Rakentamisen tuotantoketjujen digitalisaatiossa tiedon siirron sujuvuus ja laatu ovat liiketoimintaprosesseille kriittisiä asioita, jotta toimialan tuottavuutta saadaan nostettua. Digitaalinen muutos rakennusalalla edellyttää koko toimialan yhteisen tietoarkkitehtuurin luomista. Tämä vaatii rakenteellisia muutoksia datan määrittelyssä, käsittelytavoissa ja ennen kaikkea yhteistyössä. Tiedon yhteentoimivuus on perusedellytys sille, että yksittäiset toimijat voivat muodostaa yhdessä ekosysteemin. Tietojen on perustuttava avoimiin standardeihin ja ne on laadittava yhteentoimivassa sekä koneluettavassa muodossa. Koneluettavuuden lisäksi tietojen on oltava tarvittaessa jäsenneltäviä, haettavissa ja siirrettävissä avoimen yhteentoimivan tiedonvaihtoverkon kautta ilman toimittajariippuvuutta.

Rakennus- ja rakennustuoteteollisuuden välisten prosessien digitalisaation hyötyjen saavuttaminen edellyttää tuotantoketjun tie-

Tietosisältöjen vakiointi ja avoimien tiedonhallinnan käytäntöjen edistäminen mahdollistavat betonielementtien tuotantoketjun digitaalisen hallinnan.

donhallinnan standardointia, jonka keskiössä ovat avoimet ja kansainvälisesti yhteensopivat standardit. Vakioinnin puutteet muodostavat kuitenkin edelleen merkittäviä esteitä tiedon yhteentoimivuudelle ja tehokkaalle tiedonsiirrolle, mikä korostaa standardointityön strategista merkitystä rakennusalan digitalisaation edistämiseksi. Avoimet standardit ovat keskeinen tekijä erilaisten alustojen ja tiedonhallinnan ekosysteemien kehittämisessä, mikä puolestaan mahdollistaa merkittäviä digitalisaation hyötyjä koko toimialalle.

Betonielementtien tuotantologiikka

Betonielementtien tuotantoketju on yksi vaativimmista rakennus- ja rakennustuoteteollisuuden yhdistävistä prosesseista. Valmistavan teollisuuden näkökulmasta betonielementit edustavat tuotantologiikaltaan asiakasohjautuvaa tuotesuunnittelua (*engl. Engineer-To-Order, ETO*). ETO-tuotantologiikka tekee betonielementtien tuotantoketjusta luonnostaan pitkän ja monivaiheisen usean osapuolen verkostomaisen prosessin. Asiakastilauksen jälkeen käynnistyvä tuotekohtainen suunnitteluvaihe sisältää sekä elementtien suunnittelun, elementtien valmistuksen suunnittelun, että rungon pystytyksen suunnittelun. Suunnitteluvaiheiden jälkeen betonielementit valmistetaan tilausohjautuvan tuotannon mukaan ja toimitetaan kotiinkutsutilausten mukaan työmaalle asennettavaksi.

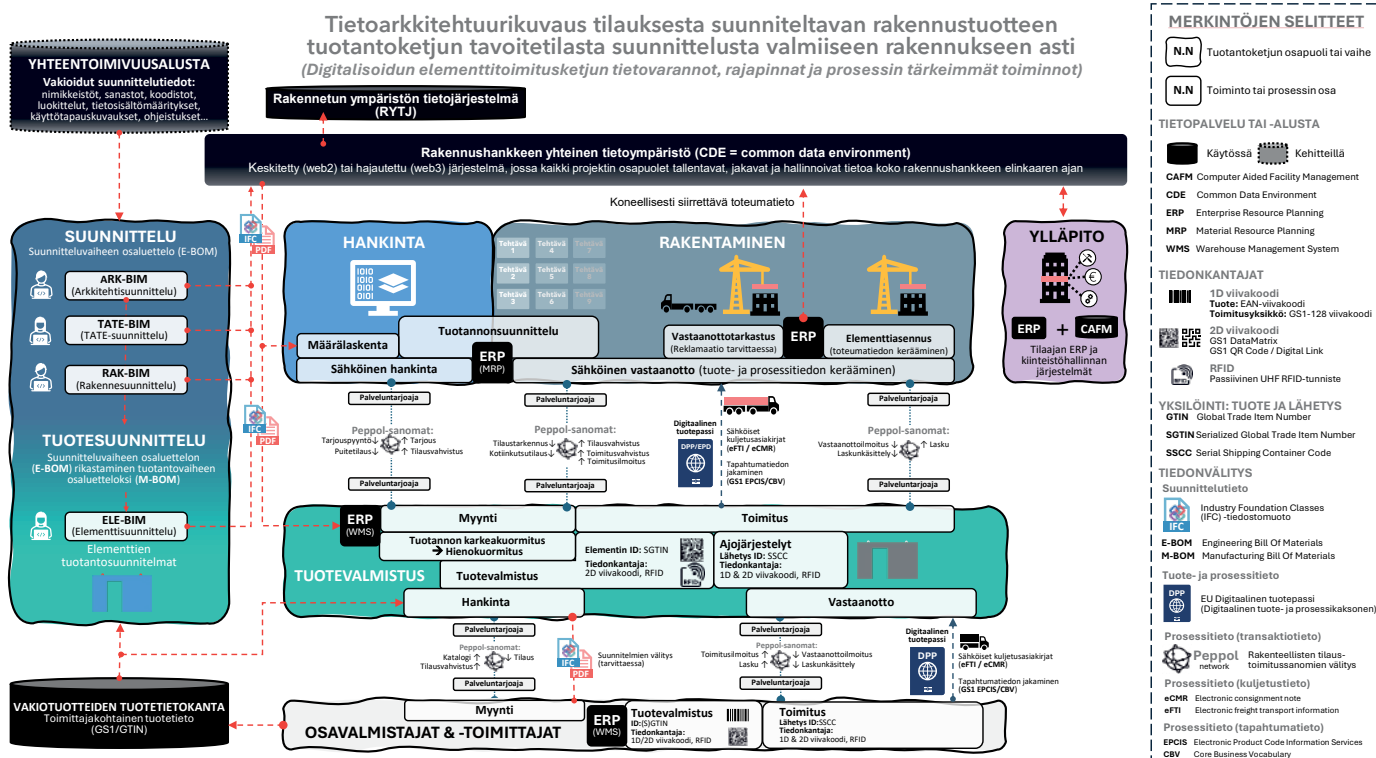
Tilauksesta suunniteltavien rakennustuotteiden tuotantoketjussa merkittävim-

pänä haasteena on eri osapuolten prosessien (suunnittelun, hankinnan, valmistuksen, kuljetuksen ja asennuksen) integrointi, joka vaatii laadukasta ja oikea-aikaista digitaalista tiedonvaihtoa eri osapuolten kesken jo ennen fyysisen tuotteen valmistumista. Rakennus- ja rakennustuoteteollisuuden välillä ei kuitenkaan ole kattavaa digitaalista yhteentoimivaa ekosysteemiä tilauksesta suunniteltaville tuotteille, minkä vuoksi tuotantoketjun prosesseissa tiedot ovat jääneet irrallisiksi ja ilman yhteyksiä. Tämä aiheuttaa viivettä, tiedon uudelleensyöttöä, ihmisen tulkinnan ja manuaalisen vuorovaikutuksen tarvetta sekä mallien ja formaattien välisiä muunnoksia.

1 Betonielementtien digitalisointi selkeyttää tuotantoketjua.



1



2

Miten edistää yhteentoimivuutta toimialla?

Rakentamisen tuotantoketjujen digitalisointia edistetään toimialalla Rakennusteollisuus RT:n ja Rakennustuoteteollisuus RTT:n yhdessä organisoiman rakennusalan yhteisen kehityshankkeen kautta. Kehityshankkeen ensisijainen tavoite on edistää rakennustuotteiden tuotantoketjun hallinnan menetelmien siirtymistä manuaalisesta ja rakenteettomasta tiedonvaihdesta täysin rakenteelliseen ja koneluettavaan ja -ymmärrettävään tiedonvaihtoon. Kehityshankkeen alaisuudessa toimii eri rakennustuotteiden tuotantostrategioihin perustuvia toimitusketjutyöryhmiä. Kehityshankkeen alaisuudessa toimiva BETK-työryhmä edistää rakennus- ja rakennustuoteteollisuuden välisten prosessien digitalisaatiota tilauksesta suunniteltavien rakennustuotteiden osalta rakentamalla digitaalista ekosysteemiä informaation yhteentoimivuuden kehittämisen ja informaation vakioinnin kautta.

BETK-työryhmän toiminta käynnistyi vuonna 2023 betonielementtien (väliseinäelementti ja sw-elementti) tuotantoketjun nykytilan kartoituksella suunnitteluvaiheesta asennusvaiheeseen. Prosessikartoituksen ja siihen pohjautuneen juurisyyanalyysin perusteella tunnistettiin tuotantoketjussa tuotettavien ja välitettävien tietojen kehitystarpeet ja mahdollisuudet tiedonvirtaamiseksi digitaalisesti. Kartoituksen pohjalta laadittiin tilauksesta suunniteltaville rakennustuotteille tiedon virtauksen tavoitetilan kehittämisen tietoarkkitehtuurikuvaus, jota on päivitetty säännöllisesti työn edetessä (kuva 2 ja kuva 3).

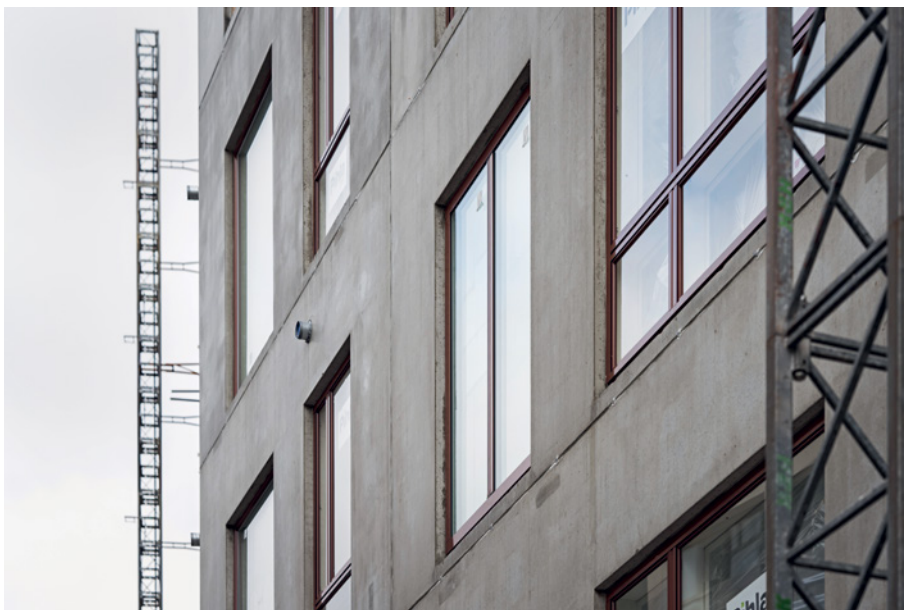
Tietoarkkitehtuurikuvauksessa havainnollistetaan betonielementtien tuotantoketjun osapuolet ja prosessivaiheet, tuotantoketjun tiedonvaihtoon liittyvät nykyiset ja kehitteillä olevat tietopalvelut ja alustat sekä tavoitetilan menetelmät, jotka perustuvat kansainvälisiin tiedonhallinnan standardeihin.

Tuoteyksilöinnin ja -tunnistamisen soveltamisohje betonielementeille

Globaalien toimitusketjustandardien soveltaminen tuoteyksilöintiin on edellytys tuotantoketjun digitalisoinnille tuotteiden valmistuslogiikasta riippumatta. Tässä yhteydessä

GS1-standardin mukaiset yksilöinti- ja tunnistamisstandardit mahdollistavat mm. fyysisten tuotteiden yhdistämisen niiden digitaalisessa muodossa hallittavaan tietoon, jolloin niin kutsuttu digitaalinen tuote- ja prosessikassonen -ajattelu alkaa konkretisoitua.

GS1:n kehittämät globaalit ja toimialariippumattomat toimitusketjunhallinnan standardit, kuten tuoteyksilöintiin hyödynnettävä tuotetunnus GTIN (lyh. Global Trade Item Number) yhdessä EAN-viivakoodin kanssa, ovat vakiintuneet käytäntöön varasto-ohjautuvien rakennustuotteiden osalta. Betonielementtien kaltaisten, tilauksesta suunnitel-



Juha Kuva

3

Uusi opas sujuvoittaa paalutusprosessia

Vesa Tompuri, toimittaja

Kattavien pohjatutkimusten ja muiden lähtötietojen riittämättömyys, mutta myös puutteet tiedonkulussa ja jopa keskinäisessä arvostuksessa ovat usein onnistuneen paalutustyön esteenä. Betoniteollisuus ry:n, Suomen geoteknillisen yhdistyksen ja Väyläviraston aloitteesta on nyt laadittu julkaisu "Opas sujuvaan paalutusprosessiin", jonka kokoamisesta vastanneessa työryhmässä olivat tasapuolisesti mukana sekä tilaajien ja suunnittelijoiden että urakoitsijoiden ja paaluvalmistajien edustajat.

Paalutusalalan järjestöt ja Väylävirasto ovat koonneet julkaisun, johon on kerätty käytännön kokemusten perusteella ohjeistusta siitä, miten paalutushankkeet saadaan hoidetuksi mahdollisimman sujuvasti. Julkaisu valottaa aihetta paalutusprosessin eri osapuolten näkökulmista, jotta muidenkin tarpeet ja mahdolliset ongelmakohtat osataisiin ottaa huomioon ja näin minimoida riskit rajapinnoissa. Oppaan kokoamiseen osallistui ryhmä kokeneita ammattilaisia, jotka edustivat kaikkia rakennusprojektien paalutuksiin vaikuttavia osapuolia, ja sen tavoitteena oli mahdollisimman laaja ja puolueeton näkemys asioista. Useissa paalutusalalan toimikunnissa, koulutustilaisuuksissa ja paalutusalalan ammattilaisten keskuudessa on todettu tarvetta tällaiselle koko prosessin tarkastelulle. Useissa tilanteissa paalutuskohteen eri osapuolten välisessä tiedonkulussa ja keskinäisessä ymmärryksessä on todettu puutteita, joiden korjaamisen myötä paalutustyön laatu ja turvallisuus olisivat parannettavissa ja kustannukset paremmin hallittavissa.

Mitä heikompi rakennuspaikka on kantavuudeltaan, sitä todennäköisemmin paalutusta tarvitaan. Jotta tämä tulisi luotettavasti selvitettyksi, hankkeeseen ryhtyvän eli tilaajan kannattaa värvätä pohjatutkimusten tekijäksi pätevä geotekniikan asiantuntija. Näin voi-

daan varmistaa mahdollisimman luotettavasti se, että pohjatutkimusten avulla saatavat, maaperää koskevat tiedot ovat oikein.

"Paalutuksen suunnittelua varten tarvitaan hyvät lähtötiedot. Tilaaja, joka ei useinkaan ole geotekniikan ammattilainen, tekee merkittävimmän paalutusprosessin sujuvuuteen vaikuttavan päätöksen tilatessaan pohjatutkimukset. Uusi opas kuvaa myös pohjatutkimusten hankkimista ja sen tärkeyttä pyrittäessä laadukkaisiin suunnitelmiin", toteaa tiimipäällikkö Mirva Koskinen Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristön toimialan maa- ja kallioperäyksiköstä.

Koskinen edusti opastyöryhmässä kunnallisia tilaajia, mutta myös Suomen geoteknillistä yhdistystä, jonka puheenjohtajana hän nykyisin toimii.

Pohjatutkimusten avulla saatavien lähtötietojen oikeellisuutta ei voi liikaa korostaa, sillä tutkimustulosten perusteella valitaan muun muassa perustamistapa. Paalutustyön kannalta pohjatutkimusten oleellisin anti on kovan pohjan syvyys. Kun se on selvillä rakennuspaikan eri kohdissa, paalutusurakoitsija pystyy hinnoittelemaan työnsä realistisesti. Oikeat tiedot ovat kulanarvoiset myös paaluvalmistajalle, joka niiden ansiosta pystyy valmistamaan paalut täsmälleen oikeanmittaisina. Tämä luonnol-





1

1 Kun paalutusalue on tehty kunnolla, se varmistaa turvallisen ja tehokkaan paalutustyön ja auttaa muissakin myöhemmissä työvaiheissa.

lisesti vähentää paaluhukkaa, mikä tuo myös kustannussäästöjä.

Paremmalla tiedonkululla parempaa paalutusta

Uusi paalutusopas käsittelee aiheitaan niin tilaajien ja rakennuttajakonsulttien kuin myös suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja paaluvalmistajien näkökulmasta. Tilaajan tai hänen mahdollisesti käyttämänsä rakennuttajakonsultin tehtävänä on huolehtia siitä, että tilattavien suunnitelmien laatu on korkea jo urakkatarjousvaiheessa. Näin tulee varmistetuksi se, että urakoitsijat laskevat urakkansa oikeilla tiedoilla. Kun tiedot ovat oikeat ja suunnitelmat laadukkaat, pätevä urakoitsija tunnistaa ne sellaisiksi ja voi laskea tarjouksensa tarkemmin.

Tilaajan tulee myös valita oikea hankintamuoto ja paalutuksen tilaustapa, jotta paalutusprosessi sujuu mahdollisimman laadukkaasti ja kustannustehokkaasti.

"Oppaassa esitetyt tiedot ja neuvot, miten saada paalutus sujumaan suunnittelusta valmiiseen rakenteeseen saakka aikataulussa ja vaatimusten mukaisina ilman turhia yllätyksiä, palvelevat koko paalutusalan yhteistä etua. Mitä sujuvampi paalutusprosessi on ja mitä vähemmän siinä esiintyy ennakoimattomia poikkeamia, sitä enemmän säästyy kustannuksia ja materiaaleja ja sitä varmemmin

pysytään aikataulussa – puhumattakaan siitä, että samalla laatu ja työturvallisuus paranevat", pohtii geotekniikan asiantuntija Veli-Matti Uotinen Väylävirastosta.

Uotinen toteaa kaiken uudessa oppaassa esitetyn tiedon olleen tähänkin asti kaikkien saatavilla. Hän kuitenkin arvioi oppaan parantavan tiedonkulkua paalutusprosessin eri osapuolten välillä ja näin auttavan ymmärtämään paalutusprosessia kokonaisuudessaan. Vanhempi neuvonantaja Reijo Mustonen HTM Yhtiöistä näkee kokonaisuuden ymmärtämisen puutteen johtavan herkästi vain omaa osuutta paalutusprosessissa korostavaan osaoptimointiin.

"Tästä taas herkästi seuraa eri osapuolten keskinäisen arvostuksen puutetta. Silloin kun hankkeessa ja viime kädessä työmaalla toimitaan toisia arvostaen, turhan työn tekeminen vähenee ja yhteisiin tavoitteisiin on mahdollisimman helppo päästä", Mustonen pohtii.

Turvallisuus ja ympäristökin huomioitu

"Opas sujuvaan paalutusprosessiin" valottaa yksityiskohtaisesti myös paalutustyön turvallisuutta ja paalutuksen ympäristövaikutuksia koko prosessin ajalta. Näilläkin on yhteys lähtötietojen tarkkuuteen esimerkiksi niin, että hyvät lähtötiedot johtavat parempiin suunnitelmiin. Opas muistuttaa muun

Opas sujuvaan paalutusprosessiin pdf-versio on ladattavissa maksutta Betoniteollisuus ry:n sivustolta: betoni.com, kohdasta Ohjeita ja julkaisuja / Paalut

Se on myös luettavissa issuu-palvelussa (https://issuu.com/kivirakentaminen/docs/opas_sujuvaan_paalutusprosessiin).



2

2 Paalutusprosessin eri osapuolten tulee ottaa huomioon muidenkin tarpeet, kuten esimerkiksi suunnitelmissa paalutustyön toteutus.

muassa siitä, että tehtävänsä tasalla oleva geotekninen suunnittelija ottaa huomioon myös paalutuslogistiikan ja paalujen asennettavuuden. Esimerkiksi logistiikan sujumisen kannalta on tärkeää tiedostaa, että paalurekasta aiheutuu maaperään suuremmat kuormitukset kuin paalutuskoneesta. Geoteknisen suunnittelijan ammattitaitoon kuuluu myös sen ennakointi, että paalutusalustan yläpinta saattaa joko laskea tai nousta suunnitelmien mukaiseen korkeusasemaan nähden. Tämäkin vaikuttaa paalujen lopulliseen oikeaan pituuteen. Mitä tarkemmin toteutuvat pituudet vastaavat suunniteltuja, sitä vähemmän kertyy hukkaa. Ja mitä vähemmän hukkaa, sen parempi ympäristölle.

Viime vuosina yhä runsaammin käytetyt vinopaalut ovat vaikeammin asennettavia kuin pystysuorat paalut. Opaskirja muistuttaa sen tärkeydestä, että tieto kulkisi tässäkin asiassa mahdollisimman sujuvasti geosuunnittelijoiden ja kentällä paalutustyötä suorittavien ammattilaisten kesken.

Vastaavasti tiedonkulussa geoteknisten ja rakennesuunnittelijoiden välillä on oppaan mukaan ajoittaista parannettavaa. Kun tämä ongelma on poissa, suunnitelmien yhteensovittaminen helpottuu.

Työmaan näkökulma merkittävä

Opas käsittelee tarkasti myös työmaan ja paaluvalmistajan näkökulmaa. Tässä yhteistyössä muodostuu pääosa paalutusprosessin kustannuksista.

”Oppaasta löytyy hyviä ohjeita siitä, miten toimia paalutusprosessin eri osapuolten rajapinnoissa. Kun näissä rajapinnoissa tieto kulkee, paaluvalmistaja saa hyvät lähtötiedot. Näin hän pystyy tekemään hyvät tarjouspyynnöt ja urakan saatuaan toteuttamaan suunnitelmat tilaajankin kannalta järkevällä tavalla ja budjetilla”, Reijo Mustonen toteaa.

Oppaan kirjoittaja, Pirkan Rakentajapalvelu Oy:n toimitusjohtaja Jussi Kinnunen, muistuttaa sujuvan tiedonkulun ja hyvän keskinäisen kommunikaation keskeisestä

merkityksestä paalutustyön onnistumisen kannalta.

”Oppaan opeilla paalutusprosessia voidaan sujuvoittaa näin välttämättömät sudenkuopat ja kaikissa prosessin vaiheissa. Keskeisiä esteitä sille, että näin ei ole läheskään aina tapahtunut, ovat olleet muun muassa tietoisuuden puute muiden osapuolten tekemisistä prosessissa ja liian tiukat aikataulut kaikissa vaiheissa. Myöskään suunnitelma- ja työmaakatselmuksia ei useinkaan ole pidetty riittävästi. Koko rakennushanke olisi esitetyillä opeilla laadukkaampi, kustannustehokkaampi ja työturvallisempi”, Kinnunen pohtii.

Oppaan laadintaan osallistuivat:
Veli-Matti Uotinen, Väylävirasto
Mirva Koskinen, Helsingin kaupunki
Reijo Mustonen, HTM Oy
Olli Asp, A-Insinöörit Oy
Henri Kiiski, YIT Infra Oy
Raimo Isopahkala, Niskasen Maansiirto Oy
Ari Mantila, Betoniteollisuus ry



Halvalla saa halkeamia

Betoni ei oikein osaa kommunikoida muuten kuin halkeilemalla. Suuremmat halkeamat on myös helppo havainnoida. Monet vaurioitumismekanismit vaativat syntyäkseen aikaa, siksikin betonin halkeilu on usein ensimmäinen signaali betonirakenteen ongelmista.

Betonin halkeamiseen voi olla monenlaisia syitä: ylikuormitus, alimitoitus, kovettumisen aikainen värinä, liian nopea kuivuminen tai ihan vaan betonin kutistuminen. Juurisyytä ovat usein kiire, pyrkimys rahan säästöön, välipitämättömyys, pahimmillaan jopa tietämättömyys.

Monet ajattelevat, että kuitubetoni ei sovi lattiamateriaaliksi, koska haljenneista kuitubetonilattioista puhutaan paljon. Kyse saattaa olla vahvistusharhasta. Varsinainen syy löytynee kuitenkin lattian tilaajista: valitaan se lattiaurakoitsija, joka tekee lattian halvimmalla hinnalla. Jos lattia on halpa, se ei tyypillisesti ole riittävän paksu kuormitukseen nähden ja kuituakin on vähän.

Raja tarpeellisen ja tarpeettoman säätelyn välillä on hankala. Kaikki osapuolet haluavat eroon turhasta sääntelystä, mutta samaan aikaan moni tilaaja ei ymmärrä, miten suunnittelua ja osaamista täytyy ohjata, jotta saa riittävän hyvän rakenteen.

Rakentamislaki määrittelee, että ”rakennuksen on täytettävä olennaiset tekniset vaatimukset siihen yleisesti ennakoitavissa oleva kuormitus ja rakennuksen käyttötarkoitus huomioon ottaen.” Laki ja asetukset antavat vielä tarkempiakin määräyksiä, mutta silti suurin osa käytännön tasolle

menevistä asioista on julkaistu vain ohjeina: joko standardeina tai järjestöjen ohjeina.

Teräskuitubetonin osalta tällainen käytäntö on mahdollistanut teräskuitubetonilattioiden villin lännen, jossa osa lattioista on tehty liian ohuina ja liian vähällä kuidulla. Betoniyhdistyksen ohje on olemassa, mutta sitä ovat noudattaneet vain siihen halukkaat. Harvemmin tilaaja on ymmärtänyt vaatia ohjeen noudattamista euron kiilto silmissään.

Lainsäädännön toinen ongelma on, että se puuttuu mitoittamiseen vain asettamalla alarajan. Ylärajaa ei ole asettanut kukaan. Järjettömät suunnitteluajakataulut ja suunnittelun hintojen polkeminen ovat johtaneet joskus myös ylimitoitukseen. Suunnittelija joutuu kiireessä suunnittelemaan rakenteita, jotka ovat varmasti tarpeeksi kestäviä. Periaatteessa rakennuksen hiilijalanjälkiraja voisi pitää tätä

kurissa, mutta nyt lausunnolla oleva asetus ei taida tähän oikein purra.

Suomessa on tilaajia, jotka todella tietävät mitä tekevät: ymmärtävät kokeneen suunnittelijan, suunnitteluun käytetyn ajan ja ennen kaikkea suunnittelunohjauksen merkityksen, pidemmän käyttöiän ja muuntojoustavuuden tuoman lisäarvon rakennukselle ja valitsevat vastuullisesti toimivat urakoitsijat alihankintaketjuihin kohdistuvine rajoituksineen.

Kuitubetoninkin osalta tilanne paranee parin vuoden kuluessa. Toisen sukupolven eurokoodi asettaa yhteiset vaatimukset myös kuitubetonille ja ympäristöministeriö antanee niihin liittyvät tärkeimmät varmuuteen liittyvät kertoimet myös aseuksina. Sitten nähdään, miten tilanne muuttuu.

Auli Lastunen

Eurokoodiasiantuntija
Rakennustuoteteollisuus RTT
auli.lastunen@rakennusteollisuus.fi



Henkilökuvassa Sini Ruokonen

Betoni-lehden henkilögalleriassa on haastateltavana Finnsementti Oy:n tuotekehityksestä ja teknisestä tuesta vastaava tiimipäällikkö (DI) **Sini Ruokonen** (s. 1987 Helsinki).

Teksti: *Dakota Lavento*, toimittaja

Sini Ruokonen tykkää puhua betonista ja työskennellä betonin valmistamisen parissa. Nykyisessä työssään hän keskittyy kehittämään asiakkaiden kanssa heidän käyttöönsä mahdollisimman toimivia sementtituotteita, jotka ovat myös aina aikaisempaa vähäpäästöisempiä.

Edellisessä työssään hän seurasi Etelä-Suomen jättimäisillä betonityömailla, miten betonilla rakennettiin pitkäaikaisia, kestäviä, kauniita ja turvallisia rakenteita meille kaikille, niin infraa, kauppakeskuksia kuin sairaalarakennuksia.

Betonia on kaikkialla ympärillämme. –Maailmassa valmistetaan vuodessa 14 miljardia kuutiota betonia. Kun katsot rakennetussa ympäristössä ympärillesi, näet varmasti betonia jossain muodossa. Jaksan kyllä edelleen innostua siitä, miten erinomainen raaka-aine se onkaan!

Paljasjalkainen espoolainen

Sini Ruokonen on Helsingissä syntynееksi sekä lapsuutensa ja nuoruutensa Espoossa asuneeksi yllättävän paljasjalkainen maalais-tyttö. Kilometrin päässä hänen vanhempiansa Pohjois-Espooseen rakentamasta omakotitalosta sijaitsi ihan oikea sikala.

Vanhempien lisäksi Sinin lapsuuden perheeseen kuului veli. Myöhemmin perhepiiri laajentui vielä kahdella velipuolella. Sinin espoolainen maalaislapsuus oli melkoisen idyllinen. – Me ulkoiltiin, rakennettiin majoja metsään, pelattiin pellolla pesäpalloa.

Paljon muuta tekemistä Pohjois-Espoon perukoilla ei tuohon aikaan toki ollutkaan.

Oli 1990-luvun lama, joten monet Sinin ystävien vanhemmat olivat työttömänä kotosalla. Sini oli kateellinen. Näiden ystävien vanhemmilla tuntui olevan rajattomasti aikaa osallistua lasten puuhiin. Sinin lähihoitajaäiti ja sähkösuunnittelijaisa sen sijaan kävivät töissä. Sehän oli ihan mälsää.

–Toki nyt ajattelen asiasta hieman eri tavalla, Sini Ruokonen naurahtaa.

Sini muistaa laman aikaisen lapsuuden kuitenkin kivana aikana.

Koulua Sini kävi kotinurkilla Pohjois-Espoossa ja siirtyi Kuninkaantien lukioon Espoon keskukseen. Hänestä oli kiva käydä koulua, sillä siellä näki ystäviä. –Tykkäsin luonnontieteistä. Luin lukiossa kemiaa, fysiikkaa, biologiaa ja maantietoa sekä pitkän matematiikan.

Sinille ei koulun aikana oikein kirkastunut, mitä hän haluaisi aikuisena tehdä tai edes, mitä suuntaisi opiskelemaan. Koska luonnontieteet kiinnostivat eniten, hän arveli, että silloinen Teknillinen korkeakoulu, nykyinen Aalto yliopisto, voisi olla oikea suunta.

TKK sijaitsi myös kätevästi Otaniemessä Espoossa, edelleen kotikonnuilla.

Tarjolla olleista linjoista rakentaminen vaikutti riittävän konkreettiselta. –Tykkään lähtökohtaisesti katsella, kun asiat tulevat valmiiksi. Projektityyppinen työskentely on minusta nykyisinkin elämässä palkitsevaa, Sini Ruokonen perustelee.

–Se oli minulle ajelehtijan valinta. En suinkaan ollut lapsesta asti haaveillut pääseväni rakentamaan taloja tai siltoja.

Tuore tekniikan ylioppilas ryhtyi opiskelemaan rakentamista vuonna 2006 sivuaineenaan

naan kiinteistötalous, joka ei häntä lopulta kiinnostanut ollenkaan.

Ratkaiseva kesäduuni

Alkuvaiheen opinnot eivät varsinaisesti sytyttäneet Sini Ruokosessa palavaa kiinnostusta betoniin rakennusmateriaalina. Betoniaiheet kurssit pidettiin TKK:lla vasta opintojen loppupuolella.

–Ei ollut mitenkään selvää, että tulisin olemaan millään tavalla betonin kanssa tekemisissä, hän huomauttaa. –Ensimmäisten vuosien jälkeen tiesin kuitenkin jo sen verran, ettei minusta varmaankaan tulisi suunnittelijaa. Muu oli vielä auki.

Sitten keväällä 2008 oli edessä kesätöiden etsiminen. Oli finanssikriisi ja taantuman vuoksi työpaikat kiven alla. Sini päätti lähettää hakemuksen kaikille yrityksille, joiden mainokset hän löysi opiskeluhaalareistaan. Rudus vastasi ja kesätyöpaikka irtosi.

Työ vei nuoren teekkarin mukanaan. Materiaalina betoni osoittautui todella kiinnostavaksi.

Kesätyö betoniasemalla ja työt kehityslaboratoriossa opiskelun ohella olivat Sinin työuran kannalta ratkaisevan tärkeitä. Betoni imaisi todella mukaansa.

1 Finnsementti Oy:n tuotekehityksestä ja teknisestä tuesta vastaava tiimipäällikkö Sini Ruokonen kehittää asiakkaiden kanssa heidän käyttöönsä mahdollisimman toimivia sementtituotteita.



1



Iiro Aro

2

–Kun koulussa kävin viimeiset betonikurs-
sit, huomasin oppineeni asiat jo töissä. Nykä-
sen nomogrammilla suhteittaminen koulussa
tuntui hassulta, kun olin tehnyt suhteituksia
Ruduksella jo aika paljon nykyaikaisemmillä
menetelmillä. Paperit siis ulos vuonna 2012 ja
töihin!

Sini Ruokonen teki myös diplomityönsä
Rudukselle lattiabetoneihin liittyen. –Sekoit-
telin laboratoriossa lattiabetonimassoja eri
sementeillä, mittasin kutistumista, kuivumista
ja lujuuksia, hän muistelee.

Suurilla työmailla

Valmistumisensa jälkeen Sini Ruokonen jatkoi
työskentelyä Ruduksella kehityslaboratorion
puolella, ja siirtyi sieltä Valmisbetoni Etelä-Suo-
men palvelukseen hoitamaan laatuun ja kehi-
tykseen liittyviä tehtäviä työmailla.

Siihen aikaan oli käynnissä monia merkit-
täviä rakennushankkeita. –Eniten aikaa käytin
ehkä Kalasataman kauppakeskus Redin työ-
maalla. Sitä rakennettiin syksystä 2015 syksyyn
2018. Mieleen jäivät toki myös vuosina 2014–
2017 rakennettu Uusi Lastensairaala ja Hel-
sinki-Vantaan lentoaseman laajennus, jonka
rakennustyöt alkoivat vuonna 2015.

–Muistan ensimmäiset lentokoneiden sei-
sontapaikkojen valut hyvin. Laatat valettiin
parilla pumpulla suurina ruutuina kerralla,
koska laatat olivat lämmitettäviä. Aloit-
us oli aamuviihde ja olin moneen kertaan valussa

paikalla katsomassa, että resepti toimi ja massa
pumpattavaa, kun ei kantti kestänyt pysyä
poissakaan.

–Myöskään Pasilan Hakamäentiellä Metsä-
mäen sillan kannen kolme vuorokautta kestä-
nyttä valua on aika vaikea unohtaa. Muistaakseni
siihen valettiin vähän vajaa 4000 m³ kerralla. Se
on suurin valu, jossa olen ollut mukana.

Sini Ruokonen sanoo, että suuria työ-
maaprojekteja oli valtavan palkitsevaa seurata.
Ne myös opettivat paljon.

Pitkän tähtäimen suunnitelmia

Vuonna 2017 Sini Ruokonen siirtyi Finnse-
mentti Oy:öön oppiakseen enemmän betonin
valmistamisen kemiasta.

Tiedonjanoiselle nuorelle betoniammat-
tilaiselle ajoitus ei olisi voinut olla parempi.
Betonialalla tapahtuu juuri nyt niin paljon,
että perässä on suorastaan vaikea pysyä. –
Kyllähän nämä viimeiset vuodet ovat olleet
äärimmäisen kiinnostavaa aikaa olla töissä
juuri Finnsementissä, hän sanoo.

Rakentaminen ja rakennukset tuottavat
noin kolmanneksen Suomen kasvihuone-
kaasupäästöistä. Jotta Suomi pystyisi saavut-
tamaan kansalliset ja kansainväliset ilmasto-
tavoitteensa, rakennussektorin päästöjä on
vähennettävä merkittävästi.

–Tottahan on, että sementin valmistami-
nen aiheuttaa merkittäviä päästöjä ja koska
betonia käytetään niin valtavasti, betonin ja

siten sementin hiilidioksidipäästöjen vähen-
täminen nähdään tärkeäksi paitsi betonialalla,
koko rakennussektorilla.

Finnsementissä hiilidioksidipäästöjen
vähentämiseksi on tehty pitkäjänteistä työtä.

Tavoitteet ovat kovat ja ulottuvat vuoteen
2050, jolloin koko sementtiteollisuuden tulee
olla hiilineutraali. Vuoteen 2030 mennessä
yritys on sitoutunut vähentämään päästöjä
30 prosenttia.

Se tarkoittaa työtä, selvityksiä, tutkimuksia
ja lopulta valtavia investointeja.

Kaikki tämä on tehtävä, sillä vaihtoehtoa
ei ole. –Päästöt on saatava kuriin ja meillä on
siihen keinot. Yhtä yksittäistä ihmeratkaisua
siihen ei kuitenkaan ole, vaan lopputulos muo-
dostuu pienistä osaratkaisuksista.

Vaaditaan kärsivällisyyttä

–Se on hirveän hidasta. Tällaisen hätäisen
ihmisen on sitä välillä vähän vaikea hyväksyä,
Sini Ruokonen huokaa.

Työ on onneksi hyvin motivoivaa. Kun pro-
sessiin tehdään muutoksia päästöjen vähentä-
miseksi, ne näkyvät todellisina vähennyksinä
hiilidioksiditonneissa.

Ensimmäinen tavoite vuonna 2030 saavute-
taan vähentämällä sementin pääraaka-aineen
kalkkikiven osuutta klinkkerissä, korvaamalla
klinkkeriuunin fossiilisia polttoaineita kier-
rätyspolttoaineilla ja tuomalla markkinoille
seostettuja sementtejä. –Suurimmat päästöt

2 Sini Ruokonen viimeistelemässä elementin pintaa telaamalla.

3 Sini lautailemassa Levillä. Hän tykkää lasketella ja tyttärin on jo koukuttettu harrastukseen.



Kuva Sinin arkistosta

3

syntyvät kalkkikiven kalsinoitumisreaktiossa, joten mitä vähemmän sementissä on klinkkeriä ja mitä vähähiilisempää käytetty klinkkeri on, sitä pienemmät ovat sementin päästöt.

Seuraavaan, vuoden 2050 etappiin pääsemiseksi tarvitaan jo hiilidioksidin talteenottoa. Paraisten tehtaan osalta varautuminen on aloitettu ja aiheesta on tehty niin kutsuttu feasibility study. Tutkimus osoittaa, että hiilidioksidintalteenoton toteuttaminen Paraisten tehtaan yhteyteen on mahdollista.

Ennen kuin varsinaisia päätöksiä päästään tekemään, on kuitenkin vielä paljon selvitettävää, mm. kaavoituksen ja ympäristövaikutusten osalta. Talteen otetulle hiilidioksidille tulee myös löytää sijoituspaikka tai mieluiten hyötykäyttöä. –Parainen on erinomainen vaihtoehto CO₂:n talteenotolle, koska Paraisten tehdas sijaitsee meren rannalla, josta CO₂:ta on mahdollista siirtää laivalla.

Investointi on luonnollisesti erittäin suuri. Tähän mennessä tehtyihiin hiilidioksidi-investointeihin nähden aivan uudessa kokoluokassa.

Tuotteita tarpeeseen

Sini Ruokosen työskentelee Finnsementin tuotevalikoiman parissa. Hän miettii, minkälaisia seosaineita yrityksessä käytetään ja minkälaisia tuotteita asiakkaille tarjotaan nyt ja tulevaisuudessa.

Rakennustuoteollisuudessaakin on yrityksiä, joissa tuotekehittäjät seuraavat trendejä ja

markkinoivat kausituotteita. Sementtiteollisuus ei kuulu niihin. –Tällä alalla uusien tuotteiden kehittäminen jatkuvalla syötöllä ei ole edes toivottava asia. Asiakkailamme on vain rajattu määrä siiloja, joten yhdellä tuotteella pitää voida valmistaa mahdollisimman monenlaisia erilaisia betoneja.

Tällä hetkellä keskeisin sementin seosaine on masuunikuona. –Masuunikuonaahan on ollut perinteisesti hyvin käytettävissä, mutta meidän on varauduttava siihenkin, että näin ei välttämättä enää jatkossa olekaan. Sen vuoksi tutkimme erilaisia korvaavia vaihtoehtoja.

Tuotekehitys edellyttää tiivistä yhteydenpitoa asiakkaiden kanssa ja yhteistyötä monenlaisissa tutkimusprojekteissa.

Sini Ruokonen sanoo, että uudet vähähiiliset tuotteet on otettu markkinoilla hyvin vastaan, mutta odotukset ovat kovat. –Olemme tuoneet markkinoille sementtilaatuja, joilla on yli puolet pienemmät päästöt kuin muilla, kuten KolmosBertan.

Rakentamisen aikataulupaine on kuitenkin edelleen kova, eikä lujuudenkehityksen odoteluun tunnu olevan aikaa. Vähäpäästöisten tuotteiden lujuudenkehitys on toistaiseksi hitaampaa perinteisiin verrattuna. –Tähän meidän on löydettävä ratkaisut, koska päästöjä on saatava alas, mutta aikataulu on pidettävä. Muuta vaihtoehtoa ei ole, Sini Ruokonen sanoo päättäväisesti.

Sini Ruokosella riittää kiireitä myös järjestötoiminnassa. Standardit ja lainsäädäntö muuttuvat vihreän siirtymän vuoksi. Selvittää, minkälaisia tuotteita jatkossa ovat sallittuja rakentamisessa käytettäviksi. Uusien, markkinoille tuotavien tuotteiden tulee olla terveellisiä ja turvallisia. Finnsementin tuotekehityksestä vastaava tiimipäällikkö on todella monessa RT:n ja BY:n työryhmässä mukana näitä asioita pohtimassa.

–Lisäksi Sini on mukana CEMBUREAU:n (The European Cement Association) toiminnassa. Olen mukana yhdessä neljästä järjestön työryhmistä. CEMBUREAU:n tavoitteena on edistää sementin ja betonin käyttöä ja käytettävyyttä ja teettää mm. alan kannalta tärkeitä teemoista tutkimuksia ja lisätä tietoutta. Suurimmat teemat Euroopan tasollakin ovat tietenkin CO₂-päästöjen vähentämisessä.

Aika kortilla

Sini Ruokosen perheeseen kuuluu mies ja kesällä neljä vuotta täyttävä tytär. –Hänen kanssaan puuhaamme paljon. Lapsen kasvua on tosi kiva seurata. Kuukausi sitten ostin hänelle polkupyörän. Se tuntui isolta asialta ja hän lähti siitä vain pyöräilemään.

Perheellä on mökki, jossa he viettävät aikaa kesäisin. Sini pitää kuntoaan yllä joogaamalla ja lenkkeilemällä. –On minulla kyllä pyrkimys liikkua enemmänkin.

Aika on vain lapsiperheessä usein kortilla.



Suomen Betoniyhdistys 100 vuotta

Suomen Betoniyhdistys täyttää vuonna 2025 sata vuotta. Betoniyhdistyksen historiasta on kerrottu kotisivujen kohdassa "historia". Juhlavuoden kunniaksi Betoniyhdistys teettää uuden niin historiaa kuin tätä päivää kuvaavan julkaisun, joka julkistetaan yhdistyksen 100-vuotisjuhlassa Vanhalla Ylioppilastalolla 24.10.2025.

Valokuvauskilpailu 30.1.–28.9.2025

Juhlavuonna järjestetään myös kaikille avoin betoniaiheinen valokuvauskilpailu, joka on käynnissä 28.9.2025 asti. Valokuvauskilpailun voittajakuvat ja palkinnon saajat julkistetaan 100-vuotisjuhlassa.

Suomen Betoniyhdistys ry:n 100-vuotisjuhluvuoden betoniaiheinen valokuvakilpailu on kaikille avoin.

Kilpailukuvien pitää olla kuvattu 1.1.–28.9.2025 aikana Suomessa.

Kilpailun sarjat ovat:

- Betoni rakenteena
- Betoni työssä
- Betoni taiteena

Suomen Betoniyhdistys ry:n 100-vuotisjuhluvuoden valokuvauskilpailun säännöt ja kilpailuun osallistumisohjeet löytyvät: <https://www.betoniyhdistys.fi/yhdistys/by-100-vuotta.html>

Kilpailuun osallistuminen:

- Ota johonkin sarjaan sopiva kuva. Lähetä kuvasi yksi kuva kerrallaan osoitteeseen: by-koulutukset@betoniyhdistys.fi
- Kirjoita viestin aiheeksi "Valokuvauskilpailu" sekä sarja, johon kuvasi osallistuu. Liitä kuva liitteeksi sähköpostiisi.
- Kerro sähköpostiviestissäsi kuvauspaikka (paikkakunta tai osoite/yritys /...) ja kuvausajankohta sekä halutessasi jotain kuvasta sekä yhteystietosi.
- Kuvien viimeinen toimituspäivä on sunnuntai 28.9.2025.

Lisätietoja:

Mirva Vuori, Suomen Betoniyhdistys ry
mirva.vuori@betoniyhdistys.fi
 GSM: 040 765 7672

Vuoden 2024 betoniaiheiset diplomityöt ja väitöskirjat Aalto-yliopistossa ja Tampereen yliopistossa

Betonialan rakennustekniikkaan ja materiaalteknikkaan liittyviä diplomityö- ja väitöskirjoja löytyy tarkemmin Betoni-lehden verkkolehdestä.

osoitteesta:

<https://betoni.com/lehti/>





By 77/BLY 20 Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2024

Uudet Betonilattioiden pinnoitusohjeet ilmestyivät kesällä 2024. Pinnoitusten osalta on moni asia muuttunut runsaan 10 vuoden aikana edellisen ohjeen valmistumisen jälkeen.

Uuteen ohjeeseen päivitettiin mm. seuraavat asiat vastaamaan tämän hetken tilannetta:

- materiaalityypit ja pinnoitusten luokitukset päivitettiin
- lukujen järjestystä on muutettu niin, että pyritään käsittelemään asioita siinä järjestyksessä, kuin ne tulevat esiin pinnoitusprojekteissa
- vuoden 2010 jälkeen tulleet muutokset yleisissä ohjeissa ja standardeissa on päivitetty
- pinnoitteille asetettavia vaatimuksia on lisätty
- kosteusasiat ja sähköjohtavuus on käsitelty aiempaa laajemmin
- pinnoitusten hoito ja ylläpito on otettu mukaan uutena lukuna
- turvallisuutta sekä kuljetusta ja käsittelyä koskevat luvut on laajennettu vastaamaan nykyisiä ohjeita

Ohje on tilaajille, suunnittelijoille ja urakoitsijoille tärkeä tietolähde, joka tulisi ottaa käyttöön mahdollisimman laajasti.

Lisätietoja: Suomen Betoniyhdistys ry <https://www.betoniyhdistys.fi/julkaisut>



Betonin yhteystiedot 2024 – osoite: Eteläranta 10

PL 381 (Eteläranta 10, 10. krs)
00131 Helsinki
etunimi.sukunimi@rakennusteollisuus.fi
vaihe: (09) 12 991

Betoniteollisuus ry:
Toimitusjohtaja Jussi Mattila
0400 637 224
etunimi.sukunimi@rakennusteollisuus.fi

Jaospäällikkö Janne Kihula
040 514 65 10
etunimi.sukunimi@rakennusteollisuus.fi

Jaospäällikkö Ari Mantila
0400 201 507
etunimi.sukunimi@rakennusteollisuus.fi

Jaospäällikkö Antti Taivalkangas
050 432 3360
etunimi.sukunimi@rakennusteollisuus.fi

Päätoimittaja, arkkitehti SAFA
Maritta Koivisto
040 900 3577
etunimi.sukunimi@betoni.com
etunimi.sukunimi@rakennusteollisuus.fi

Viestintäassistentti Nina Loivalo
050 368 9072
etunimi.sukunimi@rakennusteollisuus.fi

Betoniyhdistys ry:
etunimi.sukunimi@betoniyhdistys.fi

Toimitusjohtaja Mirva Vuori
040 765 7672

Erityisasiantuntija Johanna Tikkanen
040 518 1641

Erityisasiantuntija Kim Johansson
050 550 6556

Koulutuskoordinaattori Anu Kurkela
0400 228414

betoni.com

Ilmoittajaluettelo 2 2025

Ilmoittaja	Sivu
ART-Betoni Oy	6
Betonilaatta Oy	4
Betoniluoma Oy	2
Finnsementti Oy	III kansi
Julkisivuyhdistys JSY ry.	5
Lakka Oy	5
Lammin Betoni Oy	5
Peab Industri Oy / Swerock	5
Pielisen Betoni Oy	4
Saint-Gobain Finland Oy / Weber	3
Schwenk Suomi Oy	4

Betoninäyttely ja opastus on avoinna Eteläranta 10:ssa ja 10. kerroksessa

Betoniyhdistys ry ja Betoniteollisuus ry muuttivat Rakennustuoteteollisuus RTT:n mukana 1.2.2018 Eteläranta 10:een ja 10. kerrokseen. Yhteisissä tiloissa toimii *betonipintanäyttely*, joka esittelee mm. erilaisia betonin väri- ja pintakäsittelytapoja. Näyttely on avoinna toimiston aukioloaikoina klo 8.15–16.00. Esittelystä voi sopia etukäteen arkkitehti Maritta Koiviston kanssa, gsm 040–9003577 tai maritta.koivisto@betoni.com.

www.betoni.com

	Alavuden Betoni Oy	Ansion Sementtivalimo Oy	Arkta Laatuselä Oy	Betonilaatta Oy	Betoniluoma Oy	Betroc Oy	Betset-yhtiöt	JA-KO Betoni Oy	Joutsenon Elementti Oy	Kankaanpään Betoni ja Elementti Oy	Lammin Betoni Oy	Lipa-Betoni Oy	Napapiirin Betoni Oy	Pielisen Betoni Oy	Rakennusbetoni- ja Elementti Oy	Rudus Oy	Ruskon Betoni Oy	SCHWENK Betoni Oy	Suomen Kovabetoni Oy	Suutarinen Yhtiöt / SBS Betoni Oy	Swerock Oy	VaBe Oy
Betoniharkot				•							•				•							
Betonin pumppaus		•				•	•	•					•			•	•	•		•	•	
Elementtien asennus																						
Erikoiselementit		•	•		•	•	•	•	•					•	•	•				•	•	
Eristeharkot											•				•							
Hissikuiluelementit						•	•								•	•				•		
Hormielementit																•						
Hulevesituotteet				•											•	•	•					
Jännebetonipalkit		•					•							•		•			•	•		
Kalusteet, istutusastiat yms.																•						
Kanavaelementit ja kourut						•	•									•	•					
Kattotiilet																						
Kevytsoraharkot																						
Kuitubetonielementit					•	•														•		
Kuivalaastit ja kuivabetoni																						
Kylpyhuone-elementit					•										•							
Maakellarit																•				•		
Maatalouselementit		•			•															•	•	
Meluseinät, törmäyskaiteet		•				•	•									•	•			•	•	
Muurikivet				•							•				•	•				•	•	
Ontelolaatat, kuorilaatat		•					•							•		•			•	•		
Paalut																						
Parvekepielet	•	•	•		•		•		•	•		•	•			•	•			•	•	•
Parvekkeet, massiivilaatat	•	•	•		•	•	•		•	•		•	•		•	•	•		•	•	•	•
Perustuselementit		•					•		•	•					•					•	•	
Pilarit ja palkit		•				•	•		•				•	•					•	•	•	•
Porraskivet ja -elementit				•											•							
Portaat			•										•			•						
Putket, kaivot ja hulevesijärjestelmät								•					•			•	•					
Päällystekivet ja -laatat				•											•	•						
Rappauselementit		•			•	•	•		•						•	•			•			•
Ratapölkkyt																						
Reunatuot				•											•	•						
Sandwich-elementit	•	•	•		•	•	•		•	•		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•
Siilot ja säiliöt		•	•			•		•														
Sillat, laiturit ja tukimuurit		•				•	•									•						
Sisäkuoret		•	•		•	•	•		•				•		•	•				•	•	•
TT- ja HTT-laatat							•							•					•	•	•	
Valmisbetoni		•				•	•	•					•	•		•	•	•		•	•	•
Valuharkot											•				•							
Väestönsuojat		•				•									•					•		
Väliseinäharkot											•				•							
Väliseinät		•	•			•	•		•				•	•	•	•				•		•

betoni

Betoniteollisuus ry:n
jäsenyritysten tuotteet,
palvelut ja toimipisteet



Betroc Oy
Valimontie 1, 99600 Sodankylä
Puh 020 7579 080
www.betroc.fi
betroc@betroc.fi



Betset-yhtiöt
Ilvestie 2, 01900 Nurmijärvi
Puh 040 3434 300
www.betset.fi

Myynti:

Elementtimyynti ja laskenta
<https://betset.fi/yhteystiedot/myynti>
myynti@betset.fi

Valmisbetonimyynti ja pumppaus
<https://betset.fi/yhteystiedot/valmisbetoni>
vbmyynti@betset.fi

Tehtaat:

Espoo
Helsinki
Hämeenlinna
Kyyjärvi
Mikkeli
Nummela
Nurmijärvi
Parainen
Turku
Vierumäki

C

Consolis Parma (Parma Oy)

Yhteystiedot: ks. www.parma.fi

Consolis Parma on Suomen johtava betonielementtien valmistaja ja elinkaariensa betonirakentamisen suunnannäyttäjä. Yhtiöllä on toimintaa 13 paikkakunnalla ja se työllistää noin 650 henkilöä.

Consolis on Euroopan johtava teollisuuskonserni, joka tarjoaa kestäviä ja älykkäitä betonielementtirakenteita rakennusteollisuuden tarpeisiin. Consolis työllistää noin 9 000 työntekijää 17 maassa eri puolilla maailmaa.

J



JA-KO Betoni Oy

Vaasantie (PL 202), 67100 Kokkola
Puh 06 824 2700
www.jakobetoni.fi
jaakko.eloranta@jakobetoni.fi

Muut toimipisteet:

Valmisbetonitehdas, Kokkola
Hiekkapurontie 5, 67100 Kokkola
Puh 040 6782 730

Valmisbetonitehdas, Mustasaari
Sudenpolku 8, 65480 Vikby
Puh 040 6782 750

Valmisbetonitehdas, Närpiö
Teuvavägen 131, 64200 Närpiö
Puh 040 6782 760

Valmisbetonitehdas, Pietarsaari
Vaunusepantie 2, 68660 Pietarsaari
Puh 040 6782 720

Valmisbetonitehdas, Seinäjoki
Routakalliontie, 60200 Seinäjoki
Puh 040 6782 740



Joutsenon Elementti Oy

Puusementintie 2, 54100 Joutseno
Puh 0207 659 880
www.joutsenonelementti.fi
etunimi.sukunimi@joutsenonelementti.fi
myynti@joutsenonelementti.fi

Tehtaat:

Joutseno
Kotka
Kouvola

K

Kankaanpään Betoni ja Elementti Oy

Kuusikonkatu 4 (PL 96), 38700 Kankaanpää
Puh 050 300 4197
www.elementti.fi
juha.kuusniemi@elementti.fi

L

Lakka®

Lakan Betoni Oy konserni

Muuntamontie 2, 80100 Joensuu
Puh 0207 481 200
www.lakka.fi
myynti@lakka.fi

Lakan Betoni Oy on kotimainen vuonna 1965 perustettu perheyrittäjä. Tuotamme kiviaines-pohjaisia rakennustarvikkeita ja niihin liittyviä palveluita asiakkaittemme tarpeisiin.

Vuoden 2021 alussa yritys järjesteli eri liiketoimintansa omiksi, Lakan Betoni Oy:n täysin omistamiksi tytäryhtiöikseen. Yrityksen betoni- ja kuivatuoteliiketoiminta siirtyivät Lakka Rakennustuotteet Oy:lle, ja elementti- ja valmisbetoniliiketoiminta siirtyivät Lakka Elementti ja valmisbetoni Oy:lle.

Tuotantolaitoksemme sijaitsevat ympäri Suomea neljällä paikkakunnalla: Joensuussa, Lopella, Jalasjärvellä ja Varkaudessa. Lakka-tuotteita myyvät jälleenmyyjät kautta maan.

Lakka tuoteperheeseen kuuluvat kivitallot, harkot, pihakivet, laastit, tasoitteet, elementit ja valmisbetoni.

Ilmoitathan mahdollisista tietojen muutoksista tai korjauksista osoitteeseen betoni@betoni.com

A



Alavuden BETONI OY

Alavuden Betoni Oy
Peräseinäjoentie 210, 63300 Alavus
Puh 050 453 1520
www.alavudenbetoni.fi
timo.asunmaa@alavudenbetoni.fi



Ansv Sementtivalimo Oy

Lohipurontie 2 (PL 48), 21530 Paimio
Puh 02 4770 100
www.asv.fi
ari-p.ansio@asv.fi

Arkta Laatuseinä Oy

Kiuaskatu 1, 18100 Heinola
Puh 0500 442 810
www.lslaatuseina.fi
pekka.kuurne@lslaatuseina.fi

B

BETONILAATTA OY

Betonilaatta Oy

Sorvarinkatu 3, 20360 Turku
Puh 02 511 8800
www.betonilaatta.fi
myynti@betonilaatta.fi
etunimi.sukunimi@betonilaatta.fi



Betoniluoma Oy

Horontie 176, 64700 Teuva
Puh 010 8410 140
www.betoniluoma.com
info@betoniluoma.com



Lammin Betoni Oy

Paarmamäentie 8, 16900 Lammi
Puh 020 753 0400
www.lammi.fi
etunimi.sukunimi@lammi.fi

Muut toimipisteet:

Lammi-Kivitalot

Katso kaikki toimipisteet www.lammi.fi/kivitalo

Lammin Betoni on Suomen vanhin ja suurin betoniharkkojen valmistaja. Meidät tunnetaan erityisesti tinkimättömyydestämme tuotteiden laadun suhteen. Tuotteiden laadun, asiantuntevan palvelun ja yli 70 vuoden kokemuksen avulla olemme raivanneet tiemme suomalaisen kivirakentamisen suunnannäyttäjäksi.

Olemme erikoistuneet laadukkaiden betoniharkkojen, valmisanturamuottien ja muurikivien valmistamiseen. Innovatiiviset tuotteet ja tarkoin mietityt kokonaisratkaisumme on kehitetty helpottamaan rakentamista. Laadukkaiden tuotteiden lisäksi haluamme osaltamme olla varmistamassa hankkeiden onnistumisen ensiluokkaisella palvelulla ja toimitusvarmuudella sekä toimimalla alamme edelläkävijänä.



Lipa-Betoni Oy

Lipatie 1, 76850 Naarajärvi
Puh 040 300 0530
www.lipa-betoni.fi
satu.lipsanen@lipa-betoni.fi



Lujabetoni Oy

Harjamäentie 1, 71800 Siilinjärvi
Puh 020 7895 500
www.lujabetoni.fi
etunimi.sukunimi@luja.fi

Lujabetoni Oy Suomen suurimpia betoniteollisuusyrityksiä Suomessa. Palvelemme kestävässä betonirakentamisessa niin ammatti- kuin omakotirakentajia. Olemme puhtaasti kotimainen perheyryitys jo kolmannessa polvessa.

Lujabetonilla on 27 elementti-, betonituote- ja valmisbetonitehdasta Suomessa ja Ruotsissa.

Suurimmat tehtaamme sijaitsevat Hämeenlinnassa, Taavetissa, Siilinjärvellä, Järvenpäässä ja Kärsämäellä. Tuotevalikoimaamme kuuluvat elementit, valmisbetoni, paalut sekä lukuisa määrä infratuotteita, kuten ratapölkkyjä, pylväsjalustoja, Luja-moduleita ja muita erikoistuotteita.

Viimeisimpiä tuoteuutuusiamme ovat Luja-Superlaatta, Luja-Superkylpyhuone, vähähiiliset betoniratkaisut ja tuulivoimalaelementit.



MH-Betoni Oy

Läsantie 3, 41660 Toivakka
Puh 040 727 1760
www.mh-betoni.fi
henri.sahlman@mh-betoni.fi

N



Napapiirin Betoni Oy

Jämytie 2, 96910 Rovaniemi
Puh 020 7933 200
www.napapiirinbetoni.fi

P



Pielisen Betoni Oy

www.pielisenbetoni.fi/yhteystiedot/
Keskus 044 3400 800
myynti@pielisenbetoni.fi

Elementtimyynti:

040 3400 130

Ontelolaattamyynti:

040 3400 125

Pielisen Betoni – 50 vuotta laatua ja toimitusvarmuutta.

Tuotevalikoimaamme kuuluu mm. teräsbetoni- ja jännebetonipalkit, pilarit, ontelolaatat, seinät, HTT- ja TT-laatat sekä valmisbetoni. Tehtaamme viidellä eri paikkakunnalla, palvelevat asiakkaitamme valtakunnallisesti. Meidät tunnetaan hyvästä kotimaisesta laadusta sekä toimitusvarmuudesta. Haluamme osaltamme edistää asiakkaiden rakennusprojektien sujuvuutta, kannattavasti ja laadukkaasti. Olemme vahva yhteistyökumppani hiilineutraalin yhteiskunnan rakentamisessa.

Teemme sen, minkä lupaaamme.

R



Rakennusbetoni- ja Elementti Oy

Kukonkankaantie 8 (PL 102), 15870 Hollola
Puh 03 877 200
www.rakennusbetoni.fi
etunimi.sukunimi@rakennusbetoni.fi

Elementtitehdas:

RB Laatusenä Oy

Kiuaskatu 1, 18100 Heinola

Rakennusbetoni- ja Elementti Oy ja RB Laatusenä Oy valmistavat vastuullisia erikoisbetonituotteita Suomen sekä lähialueiden rakentajille. Konserni työllistää 130 työntekijän lisäksi yhteistyöyrityksissä yli 120 henkilöä lähinnä suunnittelussa, kuljetuksissa ja asennuksissa. Haluamme olla rohkea suunnannäyttävä vastuullisissa erikoisbetonituotteissa ja niihin liittyvissä palveluissa. Toimintatapoihimme kuuluvat uudesta innostuminen, palvelu, lupauksien pitäminen sekä vastuullinen toiminta. Olemme suomalainen perheomisteinen yritys, jonka tuotteet ja palvelut tuotetaan kotimaassa.



A CRH COMPANY

Rudus Oy

Karvaamokuja 2a (PL 42), 00380 Helsinki
Puh 020 447 711
www.rudus.fi
etunimi.sukunimi@rudus.fi

Rudus Oy on kestävien ja laadukkaiden kivipohjaisten rakennusmateriaalien kehittäjä ja toimitaja. Rakentaja saa Rudukselta kaiken tarvitsemansa saman katon alta: betonit, betonituotteet, kiviainekset, Betoroc-murskeen ja betonin kierrätyksen. Useat tuotteet voidaan suunnitella yksilöllisesti asiakkaiden tarpeita vastaaviksi Ruduksen ammattitaitoisien henkilökunnan ja asiakkaan kanssa yhteistyössä.

Tuotevalikoimaamme kuuluu kattava valikoima talo- sekä infrarakentamisen betonituotteita ja -ratkaisuja: julkisivut, portaat, elpo-hormit, tie-, rata-, energia- ja telerakentamisen elementit. Lisäksi valikoimasta löytyy kunnallistekniset putki- ja kaivotuotteet mm. hule- ja jätevesien hallintaan sekä laaja valikoima maisematuotteita: pihakivet ja -laatat, betoniset reunakivet, luonnonkivet, porras- ja muurikivet sekä istutuslaatikot.

Rudus Ämmän Betoni Oy on vahvistanut Ruduksen talonrakentamisen elementtituotantoa vuodesta 2020 alkaen tuotteinaan mm. parvekepielet, parvekkeet, massiivilaatat, sisäkuoret ja väliseinät.



Ruskon Betoni Oy

Piihantie 15, 90620 Oulu
Puh 020 7933 400
www.ruskonbetoni.fi
etunimi.sukunimi@ruskonbetoni.fi

Ruskon Betoni Oy on valmisbetonin valmistamiseen ja siihen liittyviin palveluihin erikoistunut kotimainen perheyryitys ja konserni, joka toimii usealla paikkakunnalla ympäri Suomea. Tytärtytiömme Ruskon Betoni Etelä Oy tarjoaa valmisbetonia ja siihen liittyviä palveluja Etelä-Suomen, Kaakkois-Suomen ja Varsinais-Suomen alueilla. Ruskon Betoni Etelän Hollolan tuotetehdas on puolestaan erikoistunut betoniputkien ja -kaivojen valmistamiseen.

Vastuullinen kumppanuutemme perustuu suoraviivaiseen ja läpinäkyvään toimintatapaan, lupauten lunastamiseen sekä korkeaan laatuun. Laatu ja toimitusvarmuus ovat koko toimintamme peruspilareita. Ymmärrämme aidosti asiakkaan tarpeen. Toimintamme on kestävää ja kehittäävää nyt ja tulevaisuudessa.

Tutustu meihin lisää osoitteissa www.ruskonbetoni.fi, www.ruskonbetonietela.fi ja www.rbinfra.fi



KOVABETONI

Suomen Kovabetoni Oy

www.kovabetoni.fi
myynti@kovabetoni.fi
Tiementarinkatu 7, 20360 Turku
Elementintie 10, 15550 Nastola



Suutarinen Yhtiöt

SBS Betoni Oy

Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy

Vuorilahdentie 7, 52700 Mäntyharju
Puh 0207 940 640
www.suutarinen.fi
etunimi.sukunimi@suutarinen.fi

Elementti- ja valmisbetonitehtaat:

Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy
Kangaslammenraitti, 52700 Mäntyharju

SBS Betoni Oy

Tikkalantie 8, 50600 Mikkeli

Sora ja Betoni V. Suutarinen Oy
SBS Betoni Oy, toimitusjohtaja
Juho Suutarinen, juho.suutarinen@suutarinen.fi
Puh 040 740 1532

Tehtaanjohtaja:

Janne Vilve janne.vilve@suutarinen.fi, 040 531 99 35

Valmistamme myös VSS-elementtejä (Puh 0400-653701) ja KIVITASKU-pientaloja.

SWEROCK

Peab Industri Oy /

Swerock Valmisbetoni

Karvaamokuja 2a, 00380 Helsinki
Puh 0440 111 008
www.swerock.fi
info@swerock.fi

Liedon toimisto

Hyvättyläntie 10 B 5, 21420 Lieto
Puh 02 4845 600
www.swerock.fi

Valmisbetonitehtaita ja toimipisteitä:

Kirkkonummen betoniasema

Ojangontie 20, 02480 Kirkkonummi
Puh 0290 091 093

Liedon betoniasema

Pääskyntie 5, 21420 Lieto
Puh 0290 091 092

Lohjan betoniasema

Pysäkkitie 12, 08680 Muijala
Puh 0290 091 093

Naantalın betoniasema

Prosessikatu 17, 21100 Naantali
Puh 0290 091 092

Salon betoniasema

Uitonnummentie 82, 24260 Salo
Puh 0290 091 092

Tampereen betoniasema

Jalkaharpinkatu 7, 33840 Tampere
Puh 0290 091 094

Voutilan betoniasema

Tikkurilantie 161, 01740 Vantaa
Puh 0290 091 093



SCHWENK

SCHWENK Betoni Oy

<https://schwenkbetoni.fi/>

Myyntipalvelu: 0102790200

Tilauspalvelu: 0102790201

Sähköpostit: etunimi.sukunimi@schwenk.com

Myynti: myynti.betoni@schwenk.com

Toimisto: info.betoni@schwenk.com

Valmisbetonitehtaiden toimipisteet:

Vantaan tehdas

Jännekuja 10
01740 Vantaa

Tuusulan tehdas

Pihasaunontie 5
04300 Tuusula

Hyvinkään tehdas

Kerkkolankatu 26
05800 Hyvinkää

Tervakosken tehdas

Maunontie 10
12400 Tervakoski



Parasta Betonista

YBT Oy

Valimotie 1, 95600 Ylitornio

Puh 0400 93 0400

www.ybt.fi

ybt@ybt.fi

Toimitusjohtaja:

Juha Alapuranen 0400 696 695, juha@ybt.fi

Tuotantopäällikkö:

Pertti Pirttikoski 0400 562 914, pertti@ybt.fi

Elementtiasennus:

Mika Ylitalo 044 3310 163, mikaylitalo@ybt.fi

Ylitornion toimipisteen lisäksi:

Kuhmon Betoni Oy

Valimontie 11, 88900 Kuhmo

Sirpa Huttunen

Puh 044 2872 801

sirpa@kuhmonbetoni.fi

Ylitornion tehdas: ylitornio@ybt.fi

Kuhmon tehdas: sirpa@kuhmonbetoni.fi

betoni

Tuote- & palveluosio webissä

www.betoni.com

www.betoniteollisuus.fi/yritykset

www.betoniteollisuus.fi/tuotteet

betoni

**Betoniteollisuus ry:n
kannatusjäsenyritysten tuotteet,
palvelut ja toimipisteet**

A



Anstar Oy

Erstantie 2, 15540 Villähde
Puh 03 872 200
www.anstar.fi
anstar@anstar.fi

B

BAU-MET Oy

Kärsämäentie 72, 20360 Turku
Puh 0207 433 700
www.bau-met.fi
myynti@bau-met.com

D



Doka Finland Oy

Selintie 542, 03320 Selki
Puh 09 224 2640
www.doka.com
finland@doka.com

Oulun toimipiste

Vesuritie 8, 90820 Haukipudas
Puh 0400 696 425

F



Finnsementti Oy

Skräbböentie 18, 21600 Parainen
Puh 0201 206 200
www.finnsementti.fi
info@finnsementti.fi
etunimi.sukunimi@finnsementti.fi

Lappeenrannan tehdas

Poikkitie 105, 53500 Lappeenranta
Puh 0201 206 200

Finnsementti on suomalainen sementinvalmistaja. Meillä finnsementtiläisillä on 110-vuoden kokemus sementin valmistuksesta. Olemme jatkuvasti kehittyvä, laajan tuotevalikoiman omaava sementin valmistaja, teollisuudenalan kotimainen työllistäjä ja vaikuttaja. Merkittävä osa Suomen sementintarjonnasta tuotetaan Paraisilla ja Lappeenrannassa sijaitsevilla sementti-

tehtaillamme. Lisäksi meillä on kuonajauhetehtas ja terminaali Raahessa. Terminaalejamme sijaitsee myös Kirkkonummella, Koverharissa, Maarianhaminassa, Oulussa, Pietarsaareissa, Porissa ja Vaasassa.

Finnsementti on Suomalaisen Työn Liiton jäsenyrittäjä. Sementtimme kotimaisuusaste on noin 90 prosenttia. Valikoimaamme kuuluvat sementin lisäksi myös kuonajauhe, betonin seosaineet ja kivirouheet.

Kuulumme kansainväliseen CRH-konserniin, joka on yksi maailman suurimmista rakennusmateriaaliyrityksistä.

M

Master Builders Solutions Finland Oy

Lyhtytie 3, 11710 Riihimäki
PL 17, 11101 Riihimäki
Puh 010 830 2000
www.master-builders-solutions.fi
tilaukset-riihimaki@masterbuilders.com



Master Chemicals Oy

Kauppiaskatu 9b A6
20100 TURKU
Puh. 020 730 8600
www.master-chemicals.fi

Tarjoamme laadukkaat ja kestävä kehityksen mukaiset pinnotteet kaikkiin tarpeisiin, sekä betonin suoja-aineet että laadun parantajat.

P



Peikko Finland Oy

Voimakatu 3, 15100 Lahti
Puh 020 707 511
www.peikko.fi
myynti@peikko.fi

Peikko on vuonna 1965 perustettu perheyrittäjä, jonka pääkonttori sijaitsee Lahdessa.

Peikko valmistaa monentyyppisiä betoniliitoksia ja liittopalkkeja elementti- ja paikallavalurakentamiseen. Innovatiiviset ratkaisut tekevät rakentamisesta nopeampaa, tehokkaampaa ja turvallisempaa.

Peikon tavoitteena on tarjota asiakkailleen alan johtavia ratkaisuja, ja siksi Peikko investoi alallaan laajimmin tutkimukseen ja tuotekehitykseen.

Peikko työllistää maailmanlaajuisesti yli 2 000 henkilöä yli 30 maassa.



PERI Suomi Ltd Oy

Hakakalliontie 5, 05460 Hyvinkää
Puh 010 8370 700
info@peri.fi
www.peri.fi

pintos

Raudoitteet | Tarvikkeet | Kiinnikkeet

Pintos Oy

Pysäköintie 12, 27510 Eura
www.pintos.fi
pintos@pintos.fi

Muut tehtaat ja toimipisteet:

Rauma

Yrittäjätie 9,
27230 Lappi

Raisio

Tuotekatu 12
21200 Raisio

Espoon tarvikkevarasto

Juvan teollisuuskatu 23,
02920 Espoo

S

Salon Tukituote Oy

Kaskiahonkatu 8, 24280 Salo
Puh 02 731 2415
www.tukituote.fi
tukituote@tukituote.fi



SCHWENK

SCHWENK Suomi Oy

Fiskarsinkatu 7 A 2. krs, 20750 Turku
Puh 020 7121 433
www.schwenk.fi

Fabianinkatu 5 LH 40, 00130 Helsinki
Puh 020 7121 430
jussi.thureson@schwenk.fi
www.schwenk.fi

Terminaalit:

Naantali, Satamatie 14, 21100 Naantali
Loviisa, Valkon satama, 07910 Valko
Raahen terminaali, Lapaluoto, FI-92100 Raahen

Tuotteet: sementti

Semtu Oy

Martinkyläntie 586, 04240 Talma
Puh 09 2747 950
www.semtu.fi
mailbox@semtu.fi



7 Steel Service Finland Oy

Valssaamontie 171, 10410 Äminnefors
Puh 019 22 131
www.7-steelnordic.com

Muut toimipisteet:

Espoo

Juvan teollisuuskatu 19 (PL 24), 02920 Espoo
Puh 019 22 131

Kaarina

Autoilijankatu 30, 20780 Kaarina
Puh. 0400 811 833

Pälkäne

Kankaanmaantie 25, 36600 Pälkäne
Puh 019 221 31

Suomen Betonilattaiyhdistys ry

Kuhatie, 02170 Espoo
www.bly.fi
toiminnanjohtaja@bly.fi
Puh. +358(0)400 493 445

Uudistunut Oiva-sementti!

Tuoteparannus mahdollistaa Oiva-sementin käytön korkeamman lujuuden betoneissa ja pienentää betonin hiilijalanjälkeä.

Oiva-sementin lujuusluokan nosto vastaa asiakkaidemme sekä koko rakennusalan tarpeisiin ja tukee Finnsementin oman ympäristötyön tavoitteita.

Oiva-sementti on taloudellinen ja monikäyttöinen sementti. Parhaimmillaan sen ominaisuudet ovat valmisbetonissa, mutta Oiva-sementille löytyy käyttökohteita myös erilaisissa betonuote- ja elementtisovelluksissa.

Oiva-sementti on erinomainen sementti myös stabilointiin. Sementin korkeahko seosainemäärä tekee siitä ympäristöystävällisemmän vaihtoehdon betonirakentamiseen.

Oiva

SEMENTTI

Oiva-sementti
CEM II/B-M (S-LL) 52,5 N

Normaalisti kovettuva
portlandseossementti

Lue lisää finnsementti.fi



FINNSEMENTTI
A CRH COMPANY

Edelläkävijä
vihreässä
rakentamisessa
finnsementti.fi

