



## MasterFlow 9300

Jälkivalumassa kestää rasitusta:  
tutkimustulokset





# BASF:n Master Builders Solutions

**Rakennetaan kumppanuudelle.** Master Builders Solutions -asiantuntijamme keksivät innovatiivisia ja kestäviä ratkaisuja juuri sinun rakennustarpeisiisi. Maailmanlaajuinen kokemuksemme ja verkostomme auttavat sinua menestymään, niin tänään kuin huomenna.



## Master Builders Solutions

Master Builders Solutions -brändi yhdistää BASF:n laajan asiantuntemuksen ja luo kemiallisia ratkaisuja niin uudisrakentamiseen kuin korjaus-, huolto- ja uudistuskohteisiin. Master Builders Solutions perustuu yli sadan vuoden rakennusalan kokemukseen.

BASF:n maailmanlaajuisen rakennusalan asiantuntijoiden yhteisö on Master Builders Solutionsin ydin. Me osaamme yhdistää oikeat elementit portfolioistamme ratkaistaaksemme juuri sinun haasteesi. Teemme yhteistyötä eri osaamisalueiden asiantuntijoiden ja maantieteellisten alueiden välillä, ja kokemuksemme koostuu lukemattomista rakennusurakoista ympäri maailmaa. Yhdistämme globaalin BASF-teknologiamme sekä paikallisten rakennustarpeiden syvällisen tuntemuksemme kehittääksemme innovaatioita, jotka auttavat sinua menestymään edistään samalla kestäväää rakentamista.

Master Builders Solutions -brändin kattava portfolio pitää sisällään betonin ja sementin lisäaineet, maanalaisen rakentamisen kemialliset ratkaisut, vesieristysratkaisut, tiivisteet, betonikorjaus- & suojausratkaisut, massat ja lattioiden pinnoiteratkaisut.



Referenssi kohteemme Etelä-Lanarkshiressä (Iso-Britanniassa) – Clyden tuulivoimapuisto Keski-Skotlannissa: 154 tuuliturbiinia on asennettu ja valettu yhteen Euroopan suurimmista sisämaassa toimivista tuulivoimapuistoista.



# MasterFlow 9300

## Jälkivalumassoja maalla toimivissa tuuliturbiinivoimaloissa

**BASF:n MasterFlow** on erittäin lujaa rasiusta kestävä Exagrout- ja metallipohjaista sementtiä tuuliturbiinivoimalavaluja varten.

**MasterFlow 9300** on suunniteltu erityisesti seuraaviin tarkoituksiin:

- Tuuliturbiinivaluihin, esimerkiksi esijännitettyjen tornien kuormansiirtolevyjen tai T-laippojen alle.
- Valamiseen erittäin vaikeissa olosuhteissa, esimerkiksi lämpötila-alueella +2 - +30 °C.
- 30 – 200 mm:n aukkojen täyttämiseen, kun tarvitaan suurta lujuutta, rasituksen kestoa ja korkeaa moduulisuutta.

**MasterFlow 9300** jälkivalumassa kestää erittäin pitkään. Sen avulla varmistetaan tuulivoimapuistojen kestävä ja turvallinen pystyttäminen. Tuuliturbiineissa on erikoista se, että niiden asentaminen turvallisesti edellyttää, että kaikki komponentit asennetaan oikein ja että ne toimivat yhdessä. **MasterFlow** jälkivalumassan korkea suorituskyky varmistaa tuulivoimapuiston huoltovapaan toiminnan pitkään.

BASF auttaa tuulivoima-alaa pääsemään parempiin tuloksiin ymmärtämällä kumppanien tarpeet syvällisemmin sekä vähentämällä uudenaikaisten tuulivoimapuistojen rakenteisiin liittyviä riskejä. Riskienhallinta merkitsee BASF:lle esimerkiksi seuraavaa:

- Valtuutetut BASF-urakoitsijat tekevät **MasterFlow 9300 jälkivalumassa** -asennukset.
- Riippumaton taho dokumentoi materiaalin ominaisuudet.
- Yksityiskohtaiset asennusohjeet osana laadunvarmistusta.
- Pidennetyt takuut, kun tuulivoimapuistot asennetaan ja niitä käytetään oikein.
- Pakollinen valtuutettujen BASF-urakoitsijoiden koulutus.

### MasterFlow 9300 jälkivalumassa maalla toimiviin tuuliturbiinivoimaloihin:



#### Erittäin kestävä:

- Sisältää metallia
- Kestää hankausta hyvin
- Erittäin lujaa
- Kestää jäätymistä ja sulamista
- Erittäin vähäinen huokoisuus ja veden absorboituminen



#### Varmistaa huoltovapaan asennuksen:

- Autogeeninen turpoaminen, vakaa tilavuus
- Pysyviä jälkijännitysankkureita ei tarvita
- Erinomainen pitkäaikainen kuorman siirtyminen
- Erittäin lujaa
- Valtuutetut BASF-urakoitsijat asentavat



#### Asennus sujuu nopeasti ja kustannustehokkaasti:

- Muuttuu lujaksi erittäin nopeasti jopa +2 °C lämpötilassa.
- Ankkurit voidaan esijännittää aikaisemmin kaikilla lämpötila-alueilla.
- Asennus sujuu nopeasti, joten tuulivoimapuisto voidaan ottaa käyttöön aikaisemmin.





### Tuotteen vahvistaminen

Aikaisemmissa maalla toimivissa tuuliturbiinivoimaloissa tornit upotettiin suoraan betoniin yksin- tai kaksinkertaisten L-laippojen avulla niin sanotuksi tölkkirakenteeksi (ks. kuva 1). Kaikki rakenteeseen vaikuttavat voimat siirretään tornista suoraan vahvistettuun betoniperustukseen. Tällaisia rakenteita ei esirasiteta, joten amplitudiltaan suuri kuormitus voi aiheuttaa merkittäviä murtumia ja/tai saada betonirakenteen purkautumaan.

Nykyisissä lujempina ja luotettavampina pidetyissä rakenteissa käytetään esikuormitettuja renkaita tai T-laippoja eli ankkurihäkkipakennetta, jolloin rasitusamplitudeja voidaan hallita (ks. kuva 2). Materiaalit, joiden avulla laipan ja perustuksen väli täytetään, on valittava erittäin huolellisesti. Tuuliturbiinirakenteen elinkaaren aikana valuun kohdistuu miljoonia dynaamisia kuormituksia. Jos laipan alle jää virheitä, muodonmuutosten

vaara kasvaa ja rakenne voi vioittua. Jos valu ei kestä dynaamisia kuormituksia, rakenne vaurioituu ennen aikaisesta.

**MasterFlow 9300** jälkivalumassa on kehitetty maalla toimiviin tuuliturbiinivoimaloihin. Sitä käytetään yleensä betoniperustuksen ja terästornien laipan välissä.

### MasterFlow 9300 -vahvistajat:

- Aalborgin yliopisto DCE-laboratorio, Tanska
- TUM (Technische Universität München), Saksa
- Applus – LGAI Technological Center, S.A., Espanja
- CTL, Yhdysvallat

Kuva 1



Tölkkirakenteinen perustus

Kuva 2



Ankkurihäkkipakenteinen perustus



# MasterFlow 9300

## Mekaaniset Ominaisuudet

### Puristuslujuus

**MasterFlow 9300:n** puristuslujuus testattiin Aalborgin yliopistossa käyttämällä seuraavia menetelmiä:

- Käyttämällä 40 x 40 x 160 mm:n prismoja EN 196-1 -standardin mukaisesti. Jokaisessa vaiheessa testattiin 3 prismaa, joten saatiin 6 puristuslujuustulosta.
- Käyttämällä 75 mm:n kuutioita EN 12390-3 -standardin mukaisesti. Jokaisessa vaiheessa testattiin 3 kuutiota.
- Käyttämällä 100 x 200 mm:n sylinteriä EN 12390-3 -standardin mukaisesti. Jokaisessa vaiheessa testattiin 3 sylinteriä.

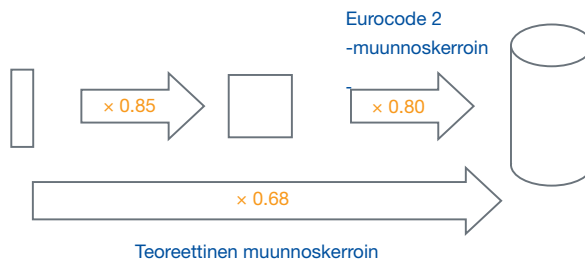
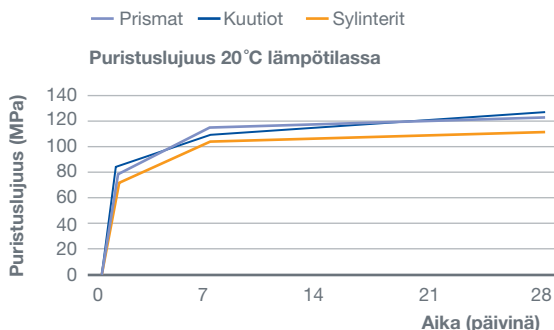
+20° C asteen lämpötilassa testatun MasterFlow 9300:n puristuslujuudet näkyvät iän funktiona kuvassa 3. Tulokset +5 asteen lämpötilassa on esitetty taulukossa 1.

Betonin laskelmat tehdään yleensä suunnittelusyistä Eurocode 2:n mukaisesti.

Kun kuutiomaisen betonirakenteen lujuus muunnetaan sylinterimäisen betonirakenteen lujuudeksi, muunnoskertoimeksi valitaan yleensä 80 %. Vastaavasti muunnoskertoimeksi valitaan 85 %, kun prisman lujuus muunnetaan kuution lujuudeksi. Siksi muunnoskertoimeksi tulee 0,68, kun prisman lujuus muunnetaan sylinterin lujuudeksi.

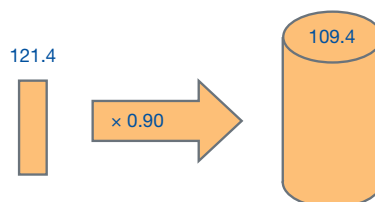
**MasterFlow 9300** ei ole betonia vaan laastia, jonka suurin raekoko on vain 3,5 mm, Eurocode 2 -muunnossääntö ei päde. Jos prismojen ja sylinterien lujuuden mittaamista 20 asteen lämpötilassa verrataan, muunnoskerroin tulee olla 0,90 - 0,92. Myös TUM (Technische Universität München) on mitannut puristuslujuuden lämpötila-alueella +2 - +30 °C EN 196-1 -standardin mukaisesti. Jokaisessa vaiheessa testattiin 3 prismaa, joten saatiin 6 puristuslujuustulosta. **MasterFlow 9300:n** puristuslujuustulokset näkyvät iän funktiona kuvissa 4 ja 5.

### Kuva 3



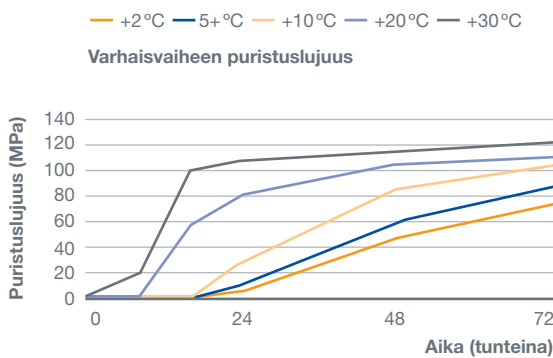
### Taulukko 1

	Puristuslujuus 5 °C lämpötilassa
Prismat 40 x 40 x 160 mm	116.2 MPa
Kuutiot 75 mm	124.8 MPa
Sylinterit 100 x 200 mm	88.5 MPa

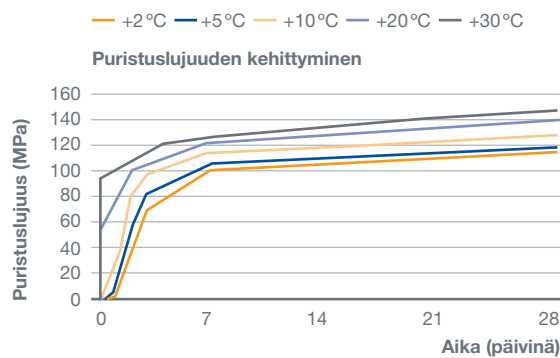


Todellinen MasterFlow 9300 -muunnoskerroin

Kuva 4



Kuva 5



### Taivutuslujuus – Vetolujuus

Taivutuslujuus mitattiin EN 196-1 -standardin mukaisesti käyttämällä 40 x 40 x 160 mm:n prismoja. Vetolujuus mitattiin EN 12390-5 -standardin mukaisesti käyttämällä  $\varnothing$  100 x 200 mm:n sylintereitä. Tulokset näkyvät taulukossa 2.

Taulukko 2

Aika	Taivutuslujuus (MPa)	Vetolujuus (MPa)
28 päivää	28	7.6

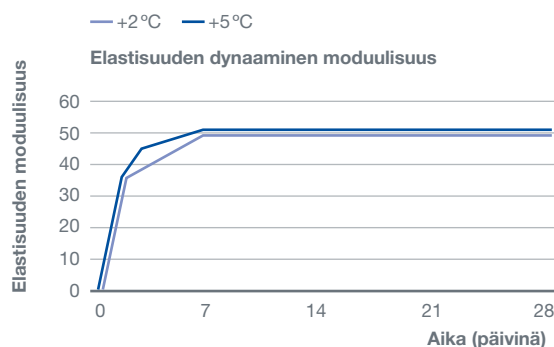
Taulukko 3

Aika	Elastisuuden moduulisuus (GPa)	Poissonin jakauma
28 päivää	44.9	0.213

### Elastisuuden staattinen ja dynaaminen moduulisuus

Elastisuuden staattinen moduulisuus mitattiin käyttämällä  $\varnothing$  100 x 200 mm:n sylintereitä, jotka olivat kovettuneet 28 päivää +20-asteisessä vedessä EN 13412 -standardin mukaisesti. Tulokset näkyvät taulukossa 3. Elastisuuden dynaaminen moduulisuus kylmässä mitattiin käyttämällä prismoja, jotka olivat kovettuneet 2–5°C -asteisessä vedessä “protection and repair of concrete structures” Rili-SIB DAfStb:n (Saksan vahvistetun betonin valvon-takomissio) Betonirakenteiden suojaaminen ja korjaaminen -ohjeen mukaisesti. Tulokset näkyvät kuvassa 6.

Kuva 6





# MasterFlow 9300:n Kuormituksensiirtokapasiteetti

## Autogeeninen kutistuminen

### Mitä autogeeninen kutistuminen on?

Autogeeninen kutistuminen aiheutuu veden ja sementtipitoisen materiaalin kemiallisen reaktion seurauksena. Komponenttien tilavuus ennen reaktiota on yleensä suurempi kuin lopputuotteiden, kuten hydratoituneen sementin (ks. kuva 7). Autogeenistä kutistumista voi tapahtua märissä olosuhteissa kuivakutistumisesta poiketen, jota esiintyy vain kuivissa olosuhteissa.

Autogeeninen kutistuminen voi saada valun irtoamaan tuuliturbiinivoimalan teräslaipasta. Tällöin perustuksiin vaikuttavat dynaamiset kuormitukset siirtyvät huonosti.

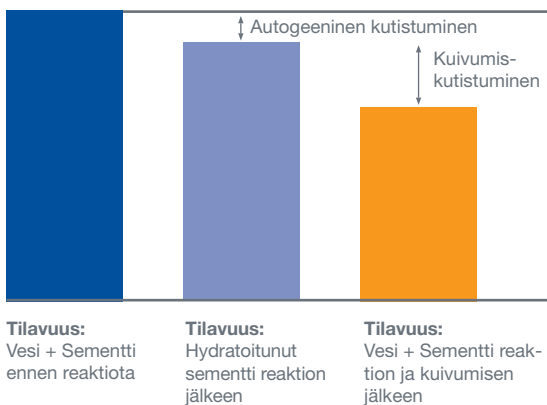
Maalla toimivissa tuuliturbiinivoimaloissa tilavuusvakaas pitkällä aikavälillä on äärimmäisen tärkeää. Siksi autogeeninen kutistuminen on äärimmäisen tärkeä tekijä betoniperustuksen ja laipan välissä käytettävän materiaalin vahvistamisessa.

## Laboratoriokokeet:

Autogeeninen kutistuminen mitattiin käyttämällä Aalborgin yliopistossa kehitettyä menetelmää. Kun **MasterFlow 9300** oli sekoitettu valmiiksi, noin 410 mm pitkät ja läpimitaltaan 30 mm:n aaltoreunaiset muoviputket täytettiin valumassalla. Niiden molemmat päät suljettiin muovikansilla. Ne asetettiin huoneeseen, jonka lämpötila pidettiin +20°C asteessa. Kun massa oli kovettunut, näytteiden pituus mitattiin ajan funktiona mikrometrillä, ks. kuva 8.

Teknisessä kirjallisuudessa kuvatut autogeenisen kutistumisen tulokset perustuvat usein päivänä 1 aloitettuihin mittauksiin, kun näytteet on otettu muoteista. Autogeenisen kutistumisen mittaustulokset yhden päivän iästä alkaen näkyvät kuvassa 9. Autogeenisen kutistumisen mittaaminen lopetettiin noin puolen vuoden kuluttua. Itse asiassa tilavuus on kasvanut hieman.

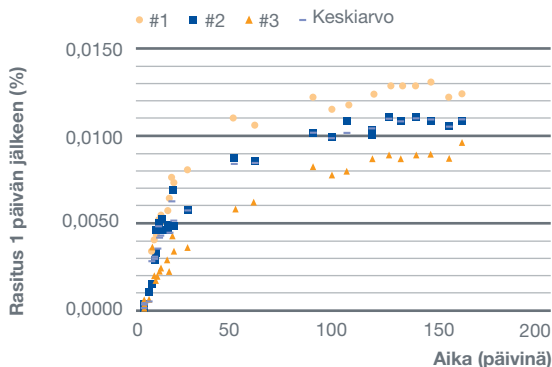
Kuva 7



Kuva 8



Kuva 9





### Rasituskäyttäytyminen

Rasituksen kesto on etenevien paikallisten rakenneaurioiden kesto, kun materiaali altistuu jaksoittaiselle kuormitukselle. Suurimmat nimellisrasitusarvot ovat pienempiä kuin äärimmäinen rasitusarvo. Ne voivat alittaa materiaalin myötörajan.

Kun materiaaliin kohdistuu toistuvaa rasitusta ja sen laukeamista, aiheutuu väsymistä. Jos kuormitus ylittää tietyn kynnyksen, alkaa muodostua mikroskooppisen pieniä halkeamia. Halkeama voi saavuttaa kriittisen koon, jolloin rakenne voi murtua äkillisesti.

DNV-OS-C502-suunnittelustandardi sisältää suurimman ja pienimmän rasitustason rajat, jotta väsyminen koko elinkaaren aikana voidaan ennakoida (ks. kuva 10). Väsymislaskelmissa on käytetty seuraavaa kaavaa:

$$\log_{10} N = C_1 \cdot \left( \frac{1 - \frac{\sigma_{\max}}{C_5 \cdot f_{rd}}}{1 - \frac{\sigma_{\min}}{C_5 \cdot f_{rd}}} \right)$$

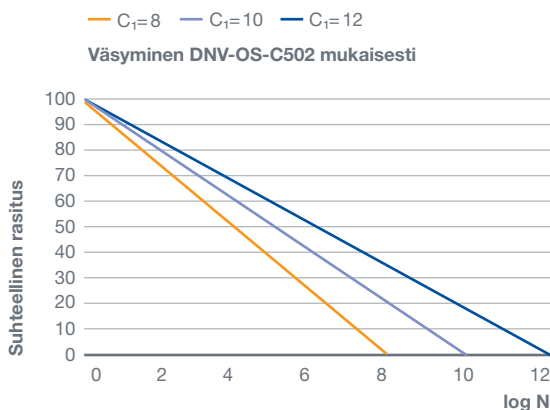
jossa:

- $C_1 = 12$  ilman ympäröimille rakenteille
- $C_1 = 10$  veden ympäröimille rakenteille ja rasituslohkoille, jotka vaihtelevat puristus-puristus-alueella
- $C_1 = 8$  veden ympäröimille rakenteille ja rasituslohkoille, jotka vaihtelevat puristus-jännitys-alueella
- $\sigma_{\max}$  = numeerisesti suurin puristusrasitus laskettuna kunkin rasituslohkon keskiarvona
- $\sigma_{\min}$  = numeerisesti pienin puristusrasitus laskettuna kunkin rasituslohkon keskiarvona
- $C_5$  = valun lujuudenvähennyskerroin  
 $C_5 = 0.85$  MasterFlow 9300:ta varten

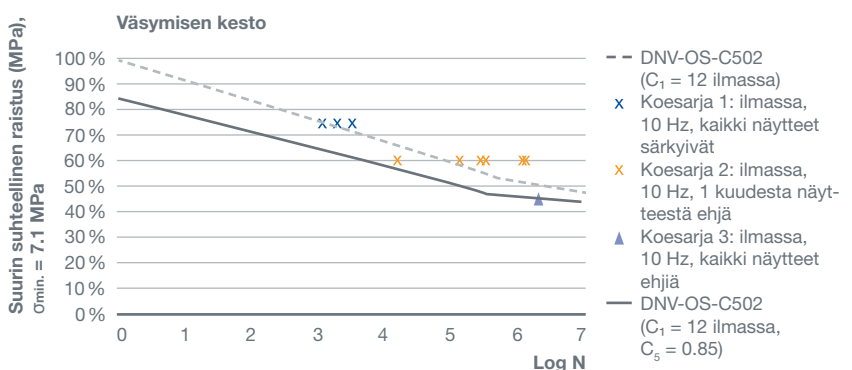
MasterFlow 9300:n käyttäytymistä jaksottaisen kuormituksen aikana tutkittiin käyttämällä 60 mm:n läpimittaisia ja 120 mm korkeita sylinterinmuotoisia näytteitä. Valumateriaalin väsymisenkesto ilmassa on testattu. Testattaessa käytettiin korkeaa taajuutta (10 Hz).

Epäonnistuneiden jaksojen testeissä havaittu määrä vastaa DNV-OS-C502-ennustetta (kuva 11). Yhteenvedon voidaan todeta, että MasterFlow 9300 kestää jaksottaista kuormitusta yhtä hyvin kuin vahvistettu betoni. Kokeiden perusteella voidaan tehdä johtopäätös, jonka mukaan väsyminen voidaan ottaa huomioon suunnitelmissa käyttämällä vahvistetulle betonille tarkoitettua DNV-OS-C502-ennustetta.

Kuva 10



Kuva 11





## Lisää Referenssejä



Referenssikohteemme Etelä-Lanarkshiressä (Iso-Britanniassa) – Clyden tuulivoimapuisto Keski-Skotlannissa: 154 tuuliturbiinia on asennettu ja valettu yhteen Euroopan suurimmista sisämaassa toimivista tuulivoimapuistoista.



Referenssi kohteemme Forth in lähellä Lanarkshiressä (Iso-Britanniassa) – Black Lawn tuulivoimapuisto Keski-Skotlannissa: 54 tuuliturbiinivoimalaa asennettu ja valettu käyttämällä materiaalejamme.



# BASF:n rakennusteollisuuden Master Builders Solutions

## **MasterAir**

Täydelliset ratkaisut huokoistettuun betoniin

## **MasterBrace**

Ratkaisut betonin lujittamiseen

## **MasterCast**

Ratkaisut betonuoteteollisuuteen

## **MasterCem**

Ratkaisut sementin valmistukseen

## **MasterEmaco**

Ratkaisut betonin korjaamiseen

## **MasterFinish**

Ratkaisut muottien käsittelyyn ja pintaparannukseen

## **MasterFlow**

Ratkaisut tarkkuusvaluihin

## **MasterFiber**

Kattavat ratkaisut kuituvahvistettuun betoniin

## **MasterGlenium**

Ratkaisut vaativaan betoniin

## **MasterInject**

Ratkaisut betonin injektointiin

## **MasterKure**

Ratkaisut betonin jälkihoitoon

## **MasterLife**

Ratkaisut kestävyuden parantamiseen

## **MasterMatrix**

Kehittynyt reologiansäätely betoniin

## **MasterPel**

Ratkaisut vesitiiviiseen betoniin

## **MasterPolyheed**

Ratkaisut keskitason betoniin

## **MasterPozzolith**

Ratkaisut betonin vesipitoisuuden vähentämiseen

## **MasterProtect**

Ratkaisut betonin suojaamiseen

## **MasterRheobuild**

Ratkaisut vahvaan betoniin

## **MasterRoc**

Ratkaisut maanalaiseen rakentamiseen

## **MasterSeal**

Ratkaisut vesieristykseen ja veden sulkemiseen

## **MasterSet**

Ratkaisut kovetusten säätöön

## **MasterSure**

Ratkaisut työstettävyyden lisääviivytukseen

## **MasterTop**

Ratkaisut teollisuuden ja julkisten tilojen lattioihin

## **Master X-Seed**

Kehittyneet kiihdytinratkaisut betoniin

## **Ucrete**

Lattiapinnoitusratkaisut vaativiin olosuhteisiin

## **BASF Oy**

### **Rakennuskemikaalit**

PL 94

11101 Riihimäki

P 010 830 2000 • F 010 830 2050

[www.master-builders-solutions.basf.fi](http://www.master-builders-solutions.basf.fi)

The data contained in this publication are based on our current knowledge and experience. They do not constitute the agreed contractual quality of the product and, in view of the many factors that may affect processing and application of our products, do not relieve processors from carrying out their own investigations and tests. The agreed contractual quality of the product at the time of transfer of risk is based solely on the data in the specification data sheet. Any descriptions, drawings, photographs, data, proportions, weights, etc. given in this publication may change without prior information. It is the responsibility of the recipient of our product to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed (02/2014).

® = registered trademark of BASF group in many countries.

EEBE 15-01fin