



MasterFlow 9300

Jälkivalumassa kestää rasitusta:
tutkimustulokset





MasterFlow 9300

Jälkivalumassoja maalla toimivissa tuuliturbiinivoimaloissa

MasterFlow on erittäin lujaa rasitusta kestävää 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.

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

- Valtuutetut Master Builders Solutions-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 Master Builders Solutions-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 Master Builders Solutions-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.

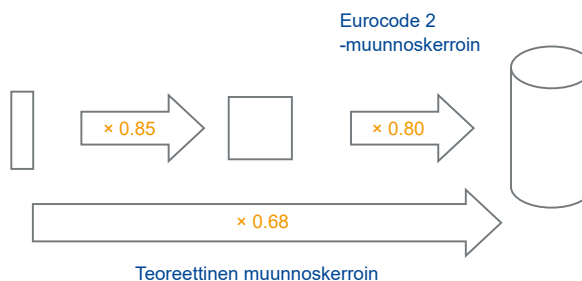
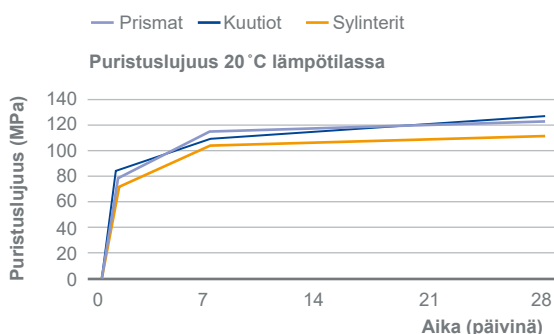
+20° C asteen lämpötilassa testatun MasterFlow 9300:n puristuslujuudet näkyvät iän funktiona kuvassa 3. Tulokset +5 asteen lämpötilassa on esitetty taulukossa 1.

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.

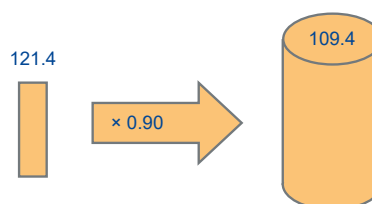
MasterFlow 9300 ei ole betonia vaan laastia, jonka suurin raekoko on vain 3,5 mm, Eurocode 2 -muunnossääntö ei päde. Jos prismojen ja sylinterien lujuuden mittaamista 20 asteen lämpötilassa verrataan, muunnoskertoimen tulee olla 0,90 - 0,92. Myös TUM (Technische Universität München) on mitannut puristuslujuuden 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

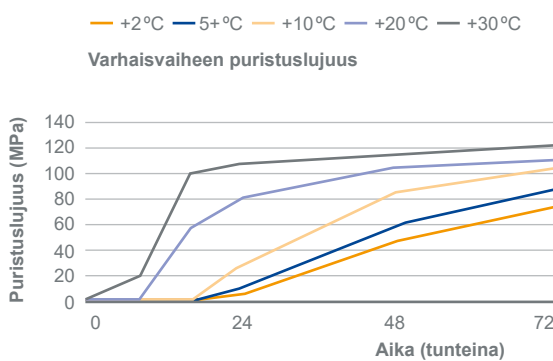


Taulukko 1

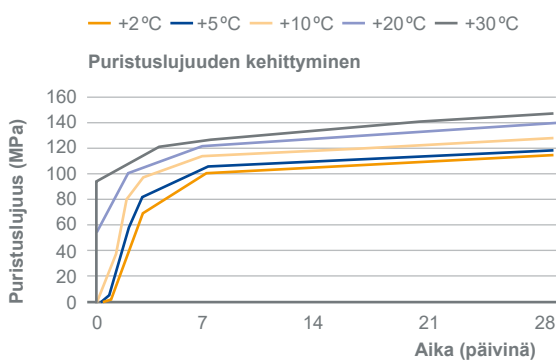
	Puristuslujuus 5 °C lämpötilassa
Prismit 40 × 40 × 160 mm	116.2 MPa
Kuutiot 75 mm	124.8 MPa
Sylinterit 100 × 200 mm	88.5 MPa



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

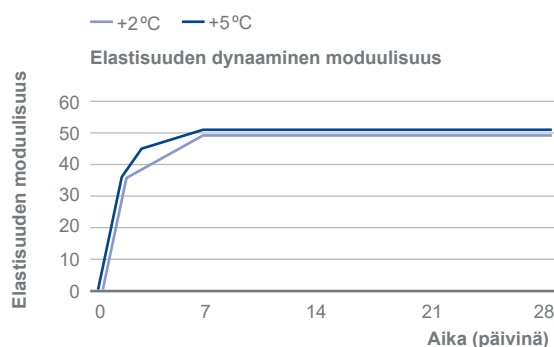
Taulukko 3

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.

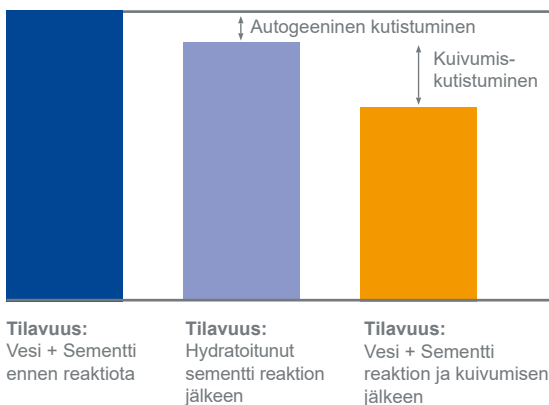
Maalla toimivissa tuuliturbiinivoimaloissa tilavuusvakaus pitkällä aikavälillä on äärimmäisen tärkeää. Siksi autogeeninen kutistuminen on äärimmäisen tärkeä tekijä betoniperustuksen ja laipan välissä käytettävän materiaalin vahvistamisessa.

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.

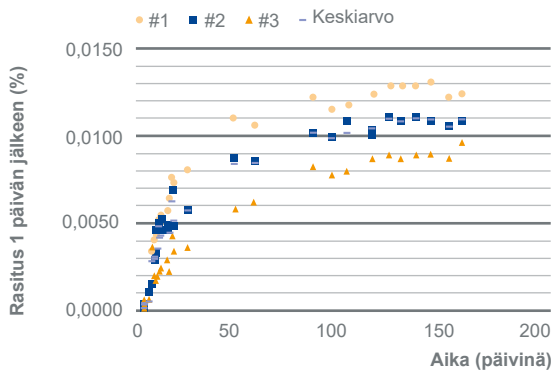
Kuva 7



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:

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

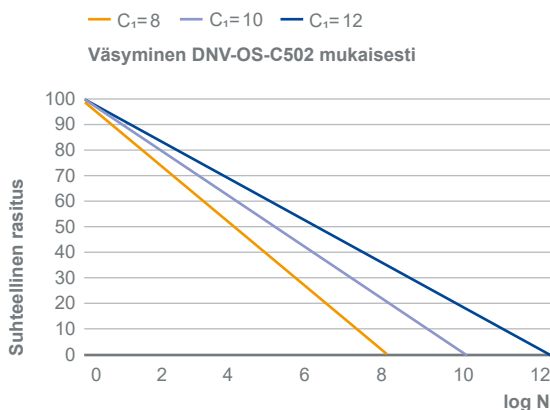
jossa:

- $C_1 = 12$ 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
- σ_{\max} = numeerisesti suurin puristusrasitus laskettuna kunkin rasituslohkon keskiarvona
- σ_{\min} = numeerisesti pienin puristusrasitus laskettuna kunkin rasituslohkon keskiarvona
- C_5 = valun lujuudenvähenemiskerroin
 $C_5 = 0.85$ MasterFlow 9300:ta varten

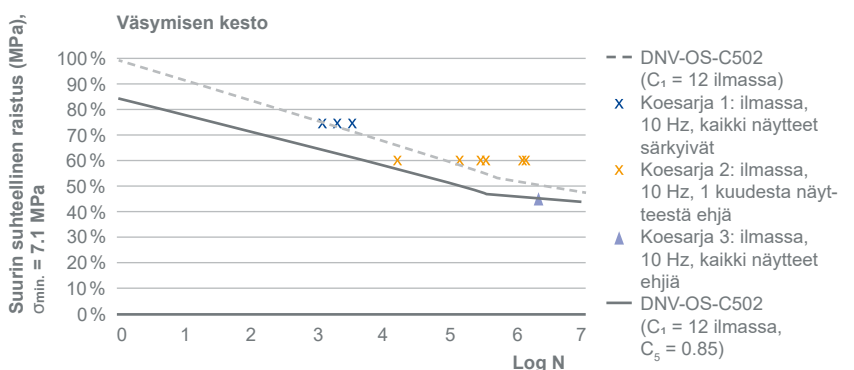
MasterFlow 9300:n käyttäytymistä jaksottaisen kuormituksen aikana tutkittiin käyttämällä 60 mm:n läpimittaisia ja 120 mm korkeita sylinterinmuotoisia näytteitä. Valumateriaalin väsymisenkesto ilmassa on testattu. Testattaessa käytettiin korkeaa taajuutta (10 Hz).

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-Lanarkshiressa (Iso-Britanniassa) – Clyden tuulivoimapuisto Keski-Skottlannissa: 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.



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



Master Builders Solutions

Master Builders Solutions -tuotemerkissä yhdistyy koko asiantuntemuksemme kemiallisiksi ratkaisuksi uudisrakentamiseen, kunnossapitoon, korjaukseen ja rakenteiden uudistamiseen ja suojaukseen. Master Builders Solutions-tuotevalikoima perustuu yli vuosisadan mittaiseen kokemukseen rakennusteollisuudessa.

Rakennusasiantuntijoidemme maailmanlaajuisen yhteisön tietotaito ja kokemus muodostavat Master Builders Solutions-tuotemerkin ytimen. Yhdistämme valikoimamme parhaat elementit, jotta voimme ratkaista erityiset rakentamisen haasteesi. Toimimme yhteistyössä eri alojen asiantuntijoiden sekä eri alueiden kanssa ja hyödynnämme lukemattomista maailmanlaajuisista rakennushankkeista saamaamme kokemusta. Hyödynnämme maailmanlaajuisia Master Builders Solutions-teknologioita sekä syvällistä paikallisten rakennustarpeiden tuntemustamme kehittääksemme innovaatioita, jotka auttavat sinua menestymään ja jotka tukevat ympäristöystävällistä rakentamista.

Kattava tuotevalikoimamme

- Betonin lisäaineet
- Sementin lisäaineet
- Kemialliset ratkaisut maanalaiseen rakentamiseen
- Vesieristysratkaisut
- Tiivistysaineet
- Betonin korjaus- ja suojausratkaisut
- Suorituskykyiset laastiit
- Suorituskykyiset lattiarakaisut





Master Builders Solutions rakennusteollisuudelle

MasterAir

Täydelliset ratkaisut huokoistettuun betoniin

MasterBrace

Ratkaisut betonin lujittamiseen

MasterCast

Ratkaisut betonituoteteollisuuteen

MasterCem

Ratkaisut sementin valmistukseen

MasterEase

Tehonokkistin matalaviskositeettiseen betoniin

MasterEmaco

Ratkaisut betonin korjaamiseen

MasterFinish

Ratkaisut muottien käsittelyyn ja pintaparannukseen

MasterFlow

Ratkaisut tarkkuusvaluihin

MasterFiber

Kattavat ratkaisut kuituvahvistettuun betoniin

MasterGlenium

Ratkaisut vaativiin 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

MasterSuna

Ratkaisut betonin hiekalle ja soralle

MasterSure

Ratkaisut työstettävyyden lisääviivytukseen

MasterTop

Ratkaisut teollisuuden ja julkisten tilojen lattioihin

Master X-Seed

Kehittyneet kiihdytysratkaisut betoniin

Ucrete

Lattiapinnoitusratkaisut vaativiin olosuhteisiin

Master Builders Solutions Finland Oy

Rakennuskemikaalit

PL 94

11101 Riihimäki

P 010 830 2000

www.master-builders-solutions.com

Tässä julkaisussa olevat tiedot pohjautuvat tämän hetkiseen tietoon ja kokemukseen. Ne eivät muodosta sovittua sopimusoikeudellista tuotteiden laatua ja, kun otetaan huomioon monet tekijät, jotka voivat vaikuttaa tuotteidemme käsittelyyn ja asennukseen, eivät vapauta käsittelijöitä omien tutkimusten ja testien suorittamisesta. Sovittu sopimusoikeudellinen tuotteiden laatu riskinsiirron aikana perustuu yksinomaan tietoihin tuotetiedotteessa. Tässä julkaisussa annetut kuvaukset, piirrokset, kuvat, tiedot, mittasuhteet, painot jne. voivat muuttua ilman erillistä tietoa. On tuotteidemme vastaanottajan vastuulla varmistaa, että omistusoikeuksia ja olemassaolevia lakeja ja määräyksiä noudatetaan (02/2014).