

# POLYMEERIKUIDUT BETONISSA 2012

**bw**  
**BLY 13**



## ALKULAUSE

Tämä julkaisu on ohje polymeerikuitujen käytöstä betonirakenteissa. Ohje on tarkoitettu ensikädessä rakennesuunnittelijoiden käyttöön. Ohjeen tavoitteena on tutustuttaa rakennesuunnittelijat erilaisiin polymeerikuituihin, kuitujen ominaisuuksiin ja käyttökohteisiin.

Polymeerikuidut jaetaan mikrokuituihin ja makrokuituihin. Mikro- ja makrokuitujen ominaisuudet sekä käyttökohteet ovat hyvin erilaiset. Ohjeessa on lyhyesti selostettu erilaisten polymeerikuitujen tärkeimmät ominaisuudet, vaikutukset tuoreeseen ja kovettuneeseen betoniin ja pääasialliset käyttökohteet.

Työtä on ohjannut Betoniyhdistyksen kokoama työryhmä. Työryhmän puheenjohtajana toimi Pentti Lumme ja sen jäsenet olivat Martti Matsinen, Jouko Ilvonen, Sami Soininen ja Kim Johansson sihteerinä.

Helsingissä lokakuussa 2012

SUOMEN BETONIYHDISTYS r.y

Kalervo Matikainen  
puheenjohtaja

Juha Valjus  
toimitusjohtaja



## POLYMEERIKUIDUT BETONISSA

### 1 JOHDANTO

#### 1.1 TAUSTA

Betoni kestää tunnetusti hyvin puristusta mutta huonosti vetoa. Vetojännitykset otetaan raudoituksella, jännittämällä rakenne tai lisäämällä betoniin kuituja. Ylivoimaisesti vanhin tapa lisätä betonin vetolujuutta on luonnonkuitujen kuten, puun, oljen tai eläinten karvojen käyttö. Nämä orgaaniset kuidut on myöhemmin korvattu muilla materiaaleilla kuten teräksellä ja muovilla.

Vuonna 1900 patentoitiin valmistusmenetelmä asbestipitoiselle sementtikuitulevyille. Suomessa asbestin käyttö sementtikuitulevyissä lopetettiin 1970-luvun lopussa. Erilaisten polymeerikuitujen kehitys ja käyttö perustui tarpeeseen korvata asbesti terveydelle vaarattomalla tuotteella. Ensimmäiset sementtipohjaisissa rakennustuotteissa käytetyt polymeerikuidut olivat petrokemian ja tekstiiliteollisuuden kehittämiä, ja niiden käyttö yleistyi 1980 puolivälissä. Tänä päivänä sementtipohjaisissa materiaaleissa käytettävät polymeerikuidut on kehitetty juuri tätä käyttötarkoitusta varten.

Suomessa polymeerikuitujen, kansanomaisesti muovikuitujen, käyttö betonirakenteissa on edelleen vähäistä. Yhtenä syynä tähän on polymeerikuitujen ominaisuuksien ja käyttökohteiden vähäinen tuntemus. Tämän ohjeen tarkoituksena on lisätä tietoa polymeerikuitujen ominaisuuksista ja käyttökohteista.

#### 1.2 STANDARDIT JA OHJEET

Polymeerikuiduilla on Euroopassa olemassa harmonisoitu tuotestandardi SFS-EN 14889-2. Eurooppalaisen rakennustuoteasetuksen astuessa kokonaisuudessa voimaan 1.7.2013 tulee polymeerikuitujen CE-merkinnästä tämän seurauksena pakollinen koko EU:n alueella. Tätä ennen polymeerikuitujen CE-merkki on Suomessa vapaaehtoinen.

Synteettiset polymeerikuidut luokitellaan standardin EN 14889-2 mukaan muodon, valmistustavan ja käyttötarkoituksen perusteella seuraavasti.

Luokka I: Mikrokuidut

Luokka Ia: Monofilamenttimikrokuidut, halkaisija on < 0,30 mm

Luokka Ib: Fibrilloidut mikrokuidut, halkaisija < 0,30 mm

Luokka II: Makrokuidut, halkaisija > 0,30 mm.

Luokan II kuituja käytetään yleensä parantamaan kovettuneen betonin jäännösvetolujuutta teräskuitujen tapaan. Luokan I kuituja käytetään tuoreen betonin ominaisuuksien parantamiseen ja kovettuneen betonin lohkeilun vähentämiseen palotilanteessa. Jos kuidut on pintakäsitelty kemikaaleilla palloontumisen vähentämiseksi ja sekoittumisen parantamiseksi, on pinnoitteen vaikutus esimerkiksi tuoreen betonin ilmamäärään sisällytettävä kuitujen valmistuksen laadunvalvontaa.

Standardi SFS-EN 14889-2 määrittelee menetelmät joilla kuidut saadaan keskenään teknisiltä ominaisuuksiltaan vertailukelpoisiksi. Ohjeen laatijoiden kanta että kaikkien polymeerikuitujen, käyttötarkoituksesta riippumatta, tulee olla CE-merkittyjä jo nyt. CE-merkissä ilmoitetaan kuidun käyttötarkoitus, luokitus, vetolujuus ja kimmokerroin, vaikutukset tuoreen betonin ominaisuuksiin sekä luokan II kuiduilla minimikuitumäärä jolla saavutetaan standardin SFS-EN 14889-2 jäännösvetolujuus.

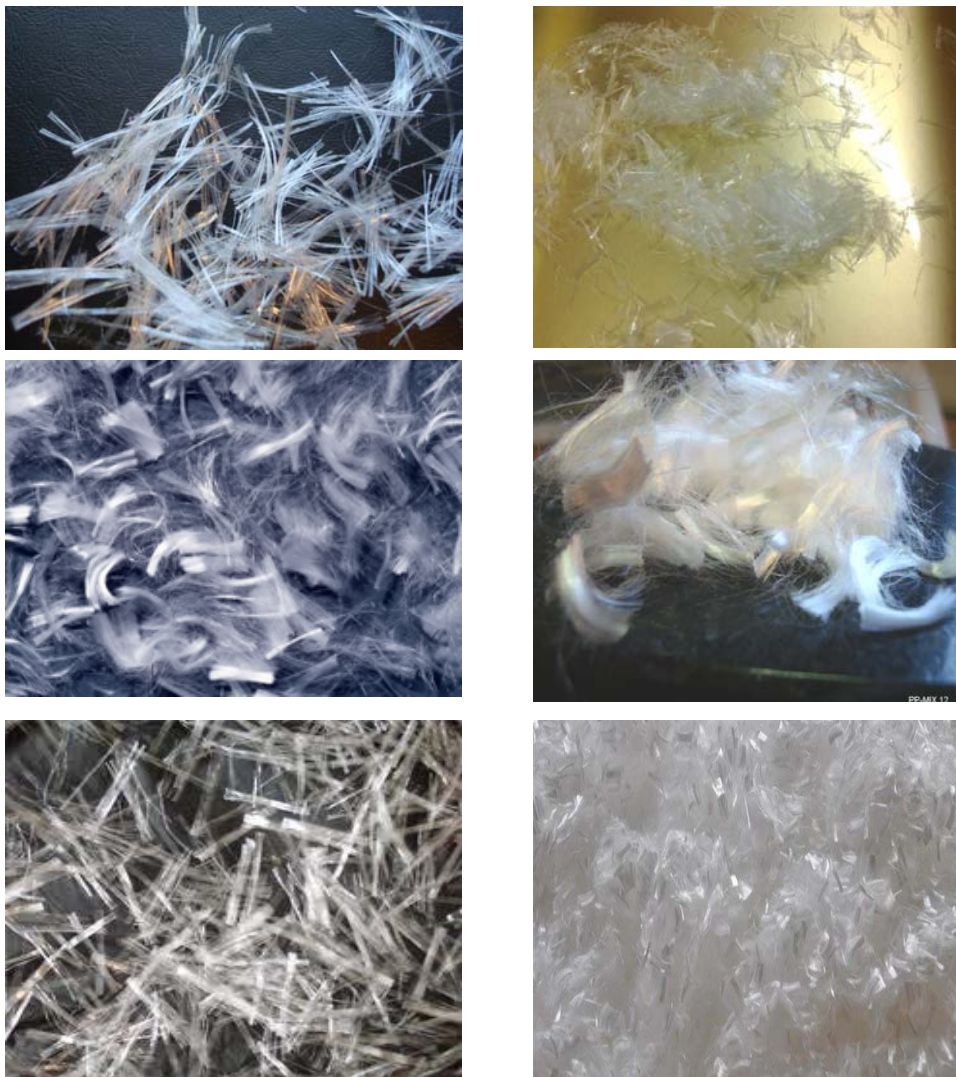
## 2 SYNTEETTISET MIKROKUIDUT

### 2.1 OMINAISUUDET

Mikropolymeerikuidut ovat kooltaan pieniä, noin 5...30 mm pitkiä ja muutama kymmenen mikrometriä paksuja, eli hiuksen kokoluokkaa. Useimmiten ne valmistetaan polypropeenista mutta raaka-aineena voi olla myös nailon, polyesteri, akryyli, tai lasi. Lasikuidun tulee olla alkalinkestävää. Lasikuidun tiheys on noin 2600 kg/m<sup>3</sup> eivätkä siitä valmistetut kuidut nouse lattian pintaan yhtä helposti kuin kevyemmät kuidut.

Valmistustavan mukaan mikrokuidut jaetaan yksisäikeisiin (monofilamentti) tai monisäikeisiin (multifilamentti) ja fibrilloituihin kuituihin. Monofilamentti- ja multifilamenttikuidut valmistetaan vetämällä ne kuumana, ja ovat muodoltaan pyöreitä. Monofilamenttikuidut muodostuvat yksittäisistä kuiduista ja multifilamenttikuidut useamman kuidun nipuista. Multifilamenttikuidut ovat monofilamenttikuituja pehmeämpiä. Fibrilloidut kuidut ovat monofilamenttikuituja paksumpia ja ne valmistetaan ohuesta kalvosta leikkaamalla ja sen jälkeen fibrilloimalla. Fibrilloinnissa kuidut jauhaantuvat, kuituseinämät löyhentyvät tai kuituuntuvat, pinta-ala kasvaa ja tartuntaominaisuudet paranevat.

Mikrokuitujen fysikaaliset ominaisuudet on suunniteltu vastaamaan tuoreen betonin ominaisuuksia. Kuitujen vetolujuus on luokkaa 300 MPa ja kimmokerroin noin 2000 MPa. Kuitujen sulamispiste on 150...160 °C. Mikropolymeerikuitujen tulee olla alkaliresistenttejä jotta ne kestävät betonin alkalisen ympäristön.



Kuva 1. Esimerkkejä erilaisista mikropolymeerikuiduista. Ylärivillä multifilamenttikuitu, keskellä monofilamenttikuitu ja alimpana fibrilloitu kuitu.

## 2.2 KÄYTTÖKOHEET

Mikropolymeerikuitujen pääasiallinen käyttötarkoitus on tuoreen betonimassan ominaisuuksien muokkaaminen. Kuidut parantavat

- betonimassan koossapysyvyyttä
- vähentävät vedenerottumista
- pienentävät plastista painumaa sekä plastista kutistumahalkeilua.

Kovettuneen betonin ominaisuuksiin mikrokuiduilla on vähäinen vaikutus. Ne voivat kuitenkin parantaa betonin

- tiiveyttä
- iskunkestävyyttä
- kulutuskestävyyttä
- vähentävät betonin lohkeilua palotilanteessa.

Lattioissa kulutuskestävyys voi parantua vedenerottumisen vähentyessä. Myös pakkaskestävyyden on todettu jonkin verran parantuvan mikrokuitujen ansiosta. Mikropolymeerikuituja käytetään tyypillisesti laattamaisissa rakenteissa, kuten lattioissa ja julkisivuelementeissä sekä ruiskubetonissa. Monofilamenttikuidut ovat niin hienojakoisia että niitä ei paljaalla silmällä erota kovettuneesta betonista. Tämän takia ne sopivat hyvin pesubetonipintaisiin julkisivuelementteihin. Haitallisesti näkyvät muovikuidut voidaan tarvittaessa polttaa esimerkiksi kaasuliekillä pois betonin pinnasta.

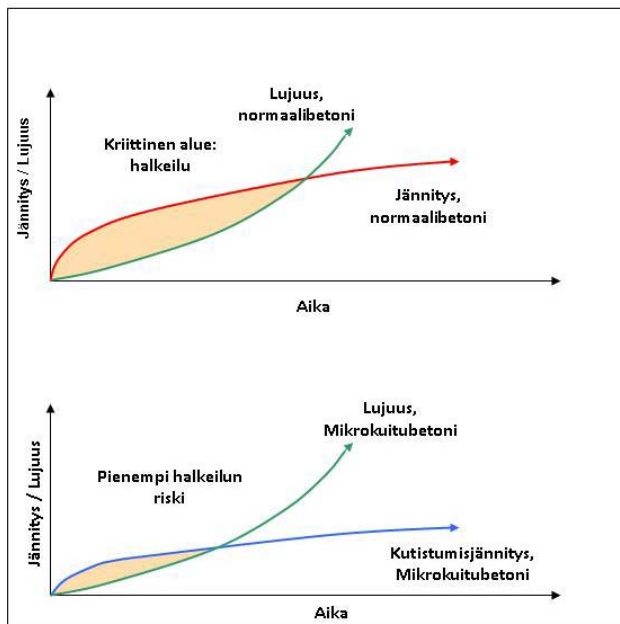
Ruiskubetonissa mikrokuidut parantavat betonin tarttuvuutta ja pienentävät siten hukkaa. Kerralla ruiskutettavan kerroksen paksuutta voidaan myös joissain tapauksissa kasvattaa. Korkealujuusbetonissa ja ruiskubetonissa mikropolymeerikuituja on käytetty palotilanteen lohkeilun vähentämiseen. Palotilanteessa kuidut sulavat ja muodostavat kanavia joita pitkin vesihöyrynpaine pääsee purkautumaan rakenteen sisäosista, vähentäen näin lohkeilua.

**Mikrokuidut eivät lisää betonin jäännöslujuutta, joten niitä ei voi käyttää laatan ohentamiseen, kovettumisen jälkeisen halkeilun rajoittamiseen, rakenteellisen raudoituksen korvaamiseen tai saumajon kasvattamiseen.**

## 2.3 KUITUJEN TOIMINTA LATTIABETONISSA

Lattioissa mikropolymeerikuituja käytetään tuoreen betonimassan ominaisuuksien parantamiseen. Yleisin käyttötarkoitus on plastisen kutistumishalkeilun pienentäminen. Kuitujen toiminta perustuu pieneen kokoon ja suureen määrään. Kuituja voi olla satoja miljoonia yhtä betonikuutiometriä kohti. Kuidut parantavat betonimassan koossapysyvyyttä, vähentävät vedenerottumista, ja pienentävät plastista painumaa. Kuidut soveltuvat kaiken tyyppiin lattiarakenteisiin. Mikrokuitujen käyttö on suositeltavaa etenkin vaativissa valuolosuhteissa plastisen kutistuman ja halkeilun riskin ollessa suuri.

Plastisen kutistumahalkeilun hallinnassa mikrokuidut toimivat tuoreessa betonissa "raudoituksena" silloittamalla plastisen kutistuman aiheuttamia mikrohalkeamia. Kuidut estävät plastisten halkeamien levenemisen kriittisessä vaiheessa noin 2..4 tuntia betonin valusta, betonin vetolujuuden ollessa käytännössä olematon. Fibrilloitujen kuitujen toiminta-aika tuoreen betonin halkeilun hallinnassa on kuitujen muodon, koon ja parempien tartuntaominaisuuksien takia on hieman pitempi kuin monofilamenttikuiduilla.



Kuva 2. Plastisen halkeilun riski betonilla ilman kuituja verrattuna mikrokuitubetoniin.

On syytä muistaa että mikro kuidut eivät korvaa hyvää jälkihoitoa, vaan ainoastaan täydentävät sitä.

## 2.4 SUUNNITTELUOHJEET

Mikropolymeerikuitujen käytössä noudatetaan valmistajien ohjeita tarvittavista kuitumääristä eri käyttökohteissa. Mikro kuitujen tyypillinen annostelu on 0,6...1 kg betonikuutioita kohti, kun niitä käytetään plastisen halkeilun hallintaan. Fibrilloidut kuidut ovat hieman paksumpia kuin mono- tai multifilamenttikuidut, joten riittävän kuitumäärän saavuttamiseksi annosmäärät ovat hieman suurempi (0,9...1,0 kg/m<sup>3</sup>). Käytettäessä mikro kuituja palotilanteen lohkeilun hallintaan suositeltava määrä on noin 1,5...2 kg/m<sup>3</sup>. Kahta kiloa suurempia määriä kuutioita kohti ei suositella. Suurten kuitumäärien betonimassaa jäykistävä vaikutus korjataan käytämällä notkistavaa lisäainetta.

## 2.5 ANNOSTELU

Mikropolymeerikuidut on yleensä pakattu veteen liukeneviin bio-hajoaviin annospakkauksiin. Kuidut lisätään pakkauksessaan joko tehtaalla suoraan sekoittimeen tai tehtaalla/työmaalla betoniautoon. Lisättäessä kuidut työmaalla betoniautoon riittävän teknisen tietämyksen omaavan henkilön tulee valvoa annostelua ja kuitujen sekoitusta.

## 2.6 TYÖOHJEET

Mikropolymeerikuitujen käyttö ei vaadi uusi työtapoja, vaan betonimassan levitys, tiivistys ja pinnan viimeistely tehdään normaalilla tavalla. Mahdolliset valun pintaan jäävät kuidut voidaan polttaa pois käymällä pinta läpi nopeasti kuumalla liekillä.



Normaaleilla annosmäärillä mikropolymeerikuitu ei vaikuta betonin pumpattavuuteen. Koska betonimasan koossapysyvyys paranee voi pumpattavuus jopa parantua, mikäli betonin pieni notkeuden menetys korvataan notkistimella.

## 2.7 LAADUNVALVONTA

Mikropolymeerikuitubetonille ei ole erillisiä näytteenotto-ohjeita tai laatuvaatimuksia. Kuitujen tulee täyttää standardien SFS EN 14889-2 vaatimukset.

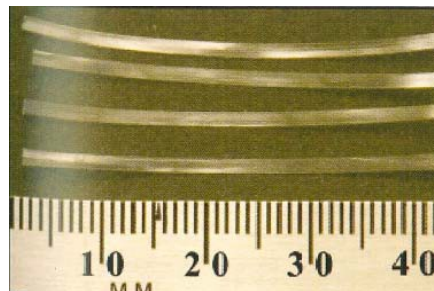
## 3 SYNTEETTISET MAKROKUIDUT

### 3.1 OMINAISUUDET

Makrokuiduilla tarkoitetaan tässä ohjeessa standardin SFS-EN 14889-2 määritelmän mukaisia luokkaan II kuuluvia, yleensä rakenteelliseen käyttöön tarkoitettuja polymeerikuituja. Standardi määrittelee kuitujen rakenteelliseksi käytöksi sellaisen jossa kuitujen lisäyksen tarkoituksena on lisätä betonirakenteen kuormankantokykyä. CE-merkinnässä ilmoitetaan makrokuitujen vähimmäismäärä, jolla saavutetaan standardin SFS-EN 14889-2 mukainen vaadittu jäännöstaivutusvetolujuus.

Makrokuitujen vetolujuus on luokkaa 350...700 MPa, kimmokerroin on tyypillisesti 3000...10000 MPa ja sulamispiste on 150...160 °C. Makropolymeerikuidut säilyttävät ominaisuutensa sekä alkalisessa että happamassa ympäristössä. Makrokuitujen tiheys on noin 900 kg/m<sup>3</sup>. Tyypillinen ”ekvivalentti” kuitupaksuus on 0,5...1,0 mm, pituus 40...60 mm ja hoikkuusluku välillä 70...110. Makropolymeerikuituja valmistetaan monista erilaisista orgaanisista polymeereistä. Kuidut voivat olla muodoltaan lieriömäisiä tai pyöreitä, ja usein ”aalotettuja” tai ”rypytettyjä”, kun toiset taas ovat ohuita ja litteitä.

Makrokuitubetonin pitkäaikaisominaisuuksista, kuten säilyvyydestä, virumasta ja lämpötilan vaikutuksesta lujuusominaisuuksiin, on vielä vähän tutkimustietoa. Tehtyjen tutkimusten perusteella kuitujen säilyvyysominaisuudet ovat hyvät. Suuren kimmokertoimen omaavien makrokuitujen viruman on eräässä tutkimuksessa todettu kutakuinkin vastaavan teräskuitubetonin ominaisuuksia. Eri tutkimusten koetulokset ovat ristiriitaisia joten lisätutkimuksia vaaditaan. Makrokuitujen käyttö rakenteissa, joihin kohdistuu raskasta pitkäaikaista kuormaa tai pitkäaikaisia korkeita, yli 80 °C lämpötiloja, on syytä tässä vaiheessa suhtautua varauksella.



Kuva 3 Esimerkkejä erilaisista makrokuiduista. (TR 65 *Guidance on the use of Macro Synthetic Fibre Reinforced Concrete*, Concrete Society, UK)

### 3.2 KÄYTTÖKOHEET

Makropolymeerikuituja käytetään kovettuneen betonin kuivumisen ja lämpöliikkeiden aiheuttaman kutistuman ja halkeilun hallintaan sekä rakenteellisena raudoituksena CE-merkinnän mukaisesti, ei kuitenkaan kantaviin rakenteisiin. Makrokuidut antavat kuitubetonille, teräskuitujen tapaan, halkeilun jälkeisen jäännös-taivutusvetolujuuden. Makrokuituja ei ole tarkoitettu kantaviin rakenteisiin, kuten paalulaattoihin.

Tyypillisiä käyttökohteita ovat:

- ruiskubetonointi
- pintalattiat
- sandwich-elementtien ulkokuoret
- maanvaraiset lattiat
- betoniputket
- betoniset pihakivet ja laatat
- erilaiset betoniset ulkorakenteet kuten jalkakäytävät, kävelytiet ja merirakenteet.

Makrokuituja käytetään maanvaraisissa lattioissa perinteisen raudoituksen tai teräskuitujen korvaajana. Maanvaraisissa lattioissa kuitumäärät ovat kohteesta riippuen 2...12 kg/m<sup>3</sup> ja laatan paksuus 100...300 mm. Säärasitetut, ja usein myös kloridirasitetut maanvaraiset laatat sekä eläinsuojien lattiat ovat eräs sovelluskohde. Muovikuidut eivät ruostu eivätkä vahingoita eläimiä samalla tavalla kuin esimerkiksi lattian pintaan jääneet teräskuidut voivat tehdä. Pintalattioissa makrokuituja käytetään halkeilun hallintaan. Merirakenteissa, jossa betonipeitteet voivat olla suurempia kuin 50 mm makrokuituja on käytetty pintaosan halkeilun hallintaan sekä kulutuskestävyyden ja iskunkestävyyden parantamiseen. Mahdollinen käyttökohde on myös betonimassan valumisen vähentäminen kaltevien pintojen valussa.

### 3.3 KUITUJEN TOIMINTA LATTIABETONISSA

Makropolymeerikuituja käytetään maanvaraisissa laatoissa teräskuitujen tapaan, eli halkeilun hallinnassa ja perinteisen raudoituksen korvaajana.

### 3.4 SUUNNITTELUOHJEET

Makrokuitujen toiminta perustuu niiden suureen kappalemäärään ja hyvään tartuntaan sementtipastan kanssa. Muodoltaan ”litteät” makrokuidut on suunniteltu juuri tartuntapinta-alan maksimoimiseksi. Jotta kuitut toimisivat optimaalisesti, kuitujen kimmokerroimen tulisi olla mahdollisimman lähellä kovettuneen sementtipastan kimmokerrointa. Tällöin kuidut kykenevät tehokkaasti siirtämään jännityksiä halkeaman yli haljenneessa betonissa.

Makropolymeerikuitujen kimmokerroin on huomattavasti betonin kimmokerrointa pienempi. Normaalilla lujuusluokan C25 lattiabetonilla kimmokerroin on luokkaa 30000 MPa, joten parhaimmillaankin makrokuitujen kimmokerroin on vain 1/3 betonin kimmokerroimesta. Makrokuiduilla vahvistetun betonin murtotapana on muovikuitujen katkeaminen, kun teräskuiduilla taas murto perustuu tartunnan pettämisenä, eli teräskuitu ”liukuu” ulos sementtikivistä. Teräskuituja alhaisemman kimmokerroimen takia makrokuitujen on venyttävä ennen kuin ne kykenevät merkittävässä määrin siirtämään jännityksiä halkeamien yli.

Makrokuidut soveltuvat parhaiten rakenteisiin joissa voidaan sallia suuria halkeamaleveyksiä ( $\geq 0,5$  mm), ja/tai käyttää tavanomaista tiheämpää kutistumissaumaväliä. Paksuntamalla laattaa, käyttämällä suuria makropolymeerikuitumääriä ja/tai tavallista tiheämpää kutistumissaumaväliä voidaan halkeamaleveyksiä kuitenkin rajoittaa. Saumattomia maanvaraisia lattioita ei tule suunnitella ainoastaan makrokuiduilla vahvistettuina.

Brittiläisten ohjeiden (TR 34 Concrete Industrial Floors, A guide to design and construction) mukaan jäännöslujuuden  $R_{e,3}$  tulee olla vähintään 0,3, tai rakenne käsitellään pelkkänä betonirakenteena. Makrokuitujen (ja myös teräskuitujen) osalta ongelmana on että kuitutoimittajat määrittelevät jäännöslujuuden useiden eri standardien mukaisilla palkkikokeilla, joten eri kuidut eivät ole välttämättä keskenään vertailukelpoisia. Mitoitus tulee siksi tehdä kuitutoimittajan ohjeiden mukaan.



Nykyään käytössä olevat japanilaiset ja amerikkalaiset standardit korvataan Euroopassa testausstandardilla EN 14651+A1:2009 Test method for metallic fibre concrete. Measuring the flexural strength (limit of proportionality (LOP), residual), jota sovelletaan myös makropolymeerikuiduille. Kuitujen CE-merkissä ilmoitetaan vähimmäiskuitumäärä, jolla standardin EN 14889-2 kohdan 5.8 jäännöslujuusvaatimukset täyttyvät.

### 3.5 ANNOSTELU

Makrokuituja toimitetaan kuitutypistä riippuen suursäikeissä, valmiissa annospusseissa tai pahvilaatikoissa. Makropolymeerikuidut annostellaan tehtaalla suoraan sekoittimeen tai työmaalla/tehtaalla betoniauutoon. Kuidut voidaan annostella biohajoavissa pusseissa tai irtonaisina suoraan betoniin. Joillakin kuiduilla annostelu onnistuu myös samoilla automaattisilla annostelulaitteilla, joita käytetään teräskuitujen annostelussa. Annosteltaessa kuidut annospusseissa autoon, sekoitetaan betonia vähintään 30 s ennen seuraavan pussin lisäämistä. Kuitujen palloontumisen estämiseksi sekoitusajan tulee olla riittävän pitkä (min 5 minuuttia). Jotkut kuitutoimittajat suosittelevat makrokuitujen käyttöä yhdessä mikrokuitujen kanssa koska tämä vähentää palloontumisen riskiä ja parantaa lattian laatua. Kuidut voidaan myös pintakäsitellä aineella joka vähentää palloontumista.



Kuva 4 Makrokuituja tuoreen betonin seassa. (Kuva: Martti Matsinen)

Työmaalla autoon annostellessa on huolehdittava siitä että kuidut sekoittuvat koko kuorman. Tämä tehdään esimerkiksi ottamalla näytteitä projektin alussa betonikuorman purun aikana kuorman alusta, keskeltä kuormaa ja kuorman lopusta. Näytteet pestään, kuidut erotellaan ja punnitaan. Tällä varmistetaan että valittu annostelutapa toimii.

### 3.6 BETONIN KOOSTUMUS JA TYÖOHJEET

Makropolymeerikuitubetoni voidaan betonoida ja tiivistää samoin työvälinein ja työmenetelmin kuin kuituton betoni. Normaaleilla kuituannostusmäärillä makropolymeerikuitu ei myöskään vaikuta betonin pumpattavuuteen. Betonipinnan viimeistelyssä tulee kiinnittää huomioita siihen että betonipintaan ei jää suurta määrää kuituja. Kuitujen erottumisen syynä voi olla betonin sopimaton koostumus, liian notkea massa, kuitutyy-



pin huono yhteensopivuus betonikoostumuksen kanssa, kuitujen suuri annosmäärä tai pinnan virheellinen viimeistelyajankohta. Makrokuitubetonin pumpattavuus on teräskuitubetonia parempi.

Ulkorakenteissa pinnan viimeistelyä käytetään usein liukkaudentorjunnan takia levyhiertoa tai harjattua pintaa, jolloin kuituja todennäköisesti jää pintaan. Kuidut kuitenkin kuluvat nopeasti pois, tai ne voidaan hallittaessa sulattaa kaasuliekin avulla.

### 3.7 LAADUNVALVONTA

Kuormakirjaan merkitään käytetty kuitu (kuidun kaupan nimi), kuitutyyppi ja annosteltu kuitumäärä ( $\text{kg/m}^3$ ). Makropolymeerikuitubetonille ei ole erillisiä näytteenotto-ohjeita tai laatuvaatimuksia. Näytteenotossa ja laadunvalvonnassa voidaan soveltaa teräskuiduille käytettävää by 45 ohjeessa esitettyä laadunvalvontaa, pois lukien kuitujen määrä lattian pinnassa. Käyttökelpoinen tapa selvittää näytteessä olevan kuidun määrä on kaataa betoninäyte vedellä täytettyyn noin 50 litran astiaan ja sekoittaa voimakkaasti. Vettä kevyempinä muovikuidut kelluvat ja ne voidaan kerätä talteen veden pinnalta. Kuidut kuivataan ennen punnitusta noin 50 asteen lämpötilassa.

## 4 KUITUSEKOITUKSET

### 4.1 KÄYTTÖKOHTEET

Kuitusekoituksia voi yleensä käyttää samoissa kohteissa missä käytetään yksittäistä kuitutyyppiä. Parhaiten ne soveltuvat kohteisiin joissa sekä plastisen vaiheen että kovettuneen betonin ominaisuuksille on asetettu erityisvaatimuksia. Yleisin käyttökohde on maanvarainen laatta.

### 4.2 MIKROKUITU + TERÄSKUITU

Teräskuidut eivät käytännössä paranna betonin plastisen vaiheen ominaisuuksia, koska niiden lujuus ja jäykkyys poikkeavat liiaksi tuoreen betonin vastaavista ominaisuuksista. Mikropolymeerikuitu kykenee paremmin ottamaan betonin varhaisvaiheen jännitykset alemman kimmokertoimensa takia. Lisäksi mikrokuidut vaikuttavat pienen kokonsa ja suuren lukumääränsä kautta tuoreen betonin kapillaarivoimiin vähentäen vedenerottumista ja plastista painumaa.

Käyttämällä sekä teräskuituja että mikropolymeerikuitua yhdistetään rakenteellinen rauditus ja plastisen halkeilun hallinta.

Mikrokuitujen ja teräskuitujen yhteiskäytössä on esiintynyt tapauksia jossa mikrokuidut kiertyvät runsain määrin teräskuitujen ympärillä jolloin teräskuitujen tartunta voi heiketä. Tämän takia on syytä tehdä ennakkokeet kuitujen ja valmistusprosessin yhteensopivuuden varmistamiseksi. Tässäkin on syytä noudattaa kuitutoimittajan ohjeita.

### 4.3 MIKROKUITU + MAKROKUITU

Kuten aikaisemmin on jo todettu, mikropolymeerikuituja on jo useamman vuoden käytetty betonin plastisen kutistuman ja plastisen painuman aiheuttaman halkeilun rajoittamiseen lattiarakenteissa. Betonin kovettumisreaktioiden lähdettyä käyntiin ei mikrokuiduista ole hyötyä halkeilun hallinnassa. Makrokuidut ovat huomattavasti mikrokuituja suurempia, eivätkä siten juuri vaikuta betonin ominaisuuksiin plastisessa vaiheessa. Käyttämällä mikro- ja makrokuituja samanaikaisesti pyritään sekä plastisen vaiheen halkeilun että

kuivumiskutistuman aiheuttaman halkeilun rajoittamiseen. Muovikuitujen yhteiskäyttö onnistuu erillisillä kuiduilla tai joidenkin valmistajien tarjoamilla valmiiksi sekoitetuilla kuiduilla. Kuitujen yhteiskäytössä tulee noudattaa valmistajan ohjeita käyttökohteista ja annosmääristä.



Kuva 5. Esimerkki valmiista mikro – ja makropolymeerikuidun sekoituksesta.

#### 4.4 SUUNNITTELUOHJEET

Kuitusekoitusten suunnittelu ei poikkea pelkän makrokuitu- tai teräskuitubetonin suunnittelusta. Suunnittelussa noudatetaan kuitutoimittajan ohjeita.

#### 4.5 ANNOSTELU

Annostelussa noudatetaan tehdaskohtaisesti aikaisempia ohjeita. Annosteltaessa kuidut käsin sekoitetaan yleensä ensin mikrokuidut ennen makrokuituja. Suositeltava sekoitusjärjestys tulee varmistaa kuitutoimittajalta.

#### 4.6 TYÖOHJEET

Kuitusekoitusten käyttö ei vaadi uusi työtapoja, vaan betonin käsittely ja pinnan viimeistely tehdään normaalilla tavalla.

### 5 MUUT KÄYTTÖKOHTEET

#### 5.1 RUISKUBETONI

Ruiskubetonissa käytetään sekä mikrokuituja että makrokuituja. Mikrokuituja käytetään palotilanteen lohkeilun vähentämiseen ja ruiskutuksen hukan minimoimiseen. Makrokuituja käytetään teräskuitujen tapaan rakenteellisina kuituina. Ruiskubetonin vaadittu kuitumäärä määritetään useimmiten kohdekohtaisesti EF-NARC laattakokeella. Kokeessa mitataan 600x600x100 kokoisen laatan joka reunaltaan tuetun keskeisesti pistemäisellä kuormalla rasitetun laatan energian absorptiokyky.

## 5.2 BETONIELEMENTIT

Mikro ja makrokuituja käytetään elementeissä samalla tavalla kuin paikalla valetuissa rakenteissa. Eräs sovelluskohde on sandwichelementtien ulkokuori.

Makrokuituja on käytetty myös kantavissa parveke-elementeissä perinteisen raudoituksen sijaan. Tämä käyttö vaatii kuitenkin lisäselvityksiä makrokuitujen pitkäaikaiskestävyydestä. Kantavien rakenteiden sovelluksissa on myös huomioitava kuitujen toiminta, tai tarkemmin toimimattomuus palotilanteessa, koska kuidut sulavat jo noin 150 asteessa, ja menettävät suuren osan lujuudestaan huomattavasti aikaisemmin.

## 5.3 MUUT BETONIRAKENTEET

Polymeerikuidut sopivat hyvin erilaisten ympäristörakentamisessa käytettävien esivalmistettujen betonielementtien käyttöön. Ne parantavat iskunkestävyyttä, kulutuskestävyyttä eivätkä ruostu ulkoilmassa.

Sovelluskohteita on monia joista esimerkkinä betoniset pihakivet ja laatat, erilaiset kaide-elementit, jätevesiputket, kevyet tukimuurielementit ja muut täydentävät rakenteet.



Kuva 6. Makrokuiduilla vahvistettu betoninen kuvioitu aita.

# BY / BLY 13

## POLYMEERIKUIDUT BETONISSA 2012

Tämä julkaisu on ohje polymeerikuitujen käytöstä betonirakenteissa. Ohje on tarkoitettu ensisijassa rakennesuunnittelijoiden käyttöön. Ohjeen tavoitteena on tutustuttaa rakennesuunnittelijat erilaisiin polymeerikuituihin, kuitujen ominaisuuksiin ja käyttökohteisiin.

Polymeerikuidut jaetaan mikrokuituihin ja makrokuituihin. Mikro- ja makrokuitujen ominaisuudet sekä käyttökohteet ovat hyvin erilaiset. Ohjeessa on lyhyesti selostettu erilaisten polymeerikuitujen tärkeimmät ominaisuudet, vaikutukset tuoreeseen ja kovettuneeseen betoniin ja pääasialliset käyttökohteet.

Suomen Betoniyhdistys ry on riippumaton, betonin oikeaa käyttöä edistävä teknistieteellinen asiantuntijayhdistys. Sen jäsenkunta edustaa laajasti betonirakentamisen eri osapuolia. Yhdistys julkaisee teknisiä ohjeita, antaa asiantuntijalausuntoja, varmentaa käyttöselosteita, toteaa betonialan henkilöpätevyyskysymyksiä, järjestää koulutusta ja jäsentilaisuuksia, osallistuu kehitysprojektien käynnistämiseen ja toteuttamiseen sekä konsultoi mm. rakennusalan viranomaisia.

Betonilattiyhdistys, BLY, toimii yhdyssiteenä lattiamateriaalien valmistajien ja lattiaurakoitsijoiden välillä sekä yhdyssiteenä lattiaurakoitsijoiden, eri viranomaisten, tutkimuslaitosten ja betonilattioista kiinnostuneiden henkilöiden ja yhteisöjen välillä.

Suomen Betoniyhdistys ry  
PL 381 (Unioninkatu 14)  
00131 Helsinki  
Puh. (09) 12991  
Faksi (09) 1299 291  
[www.betoniyhdistys.fi](http://www.betoniyhdistys.fi)

ISSN 0358-5239

Suomen Betonilattiyhdistys ry  
[www.bly.fi](http://www.bly.fi)