

Betonirakentamisessa huomioitava seikkoja

Betonin peruskurssi 26.9.2024

Kim Johansson
Erityisasiantuntija , DI
Suomen Betoniyhdistys ry



Yleistä

- ▶ Betonirakentamista ohjaavat monet osapuolet
- ▶ Keskeisiä ovat viranomaismääräykset ja lait
- ▶ Kaikessa rakentamisessa tulee noudattaa viranomaismääräyksiä
- ▶ Maankäyttö ja rakennuslaki sekä ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista ohjaa talonrakentamista

Yleistä

- ▶ Infrarakentamista (lähinnä siltoja) ohjaa väyläviraston määräykset ja ohjeet
- ▶ Ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelma talonrakentamiseen on pääasiassa ohjetasoinen
- ▶ Betonielementtien tulee olla CE-merkittyjä tai niillä tulee olla varmennustodistus
- ▶ Valmisbetonilla tulee olla varmennustodistus
- ▶ Varmennustodistus on ympäristöministeriön hyväksymä vapaaehtoinen kansallinen tuotehyväksyntä

Yleistä

- ▶ Betonielementit tulee CE-merkitä jos mahdollista
- ▶ CE-merkki ei välttämättä osoita rakennustuotteen kelpoisuutta, vaan se on tarkastettava tuotteen suoritustasoilmoituksesta
- ▶ Suoritustasoilmoitus kertoo tuotteen ominaisuudet ja siitä tarkistetaan onko tuote kelpoinen.
- ▶ Rakennuskohteen tilaaja vastaa siitä että käytetyt rakennustuotteet ovat kelpoisia
- ▶ Tilaaja voi sopimuksilla velvoittaa urakoitsijan ja/tai suunnittelijan todentamaan rakennustuotteiden kelpoisuus

Yleistä

- ▶ Betonitöitä johtavan henkilön tulee olla pätevä tehtävään.
- ▶ Pätevyysvaatimukset on esitetty maankäyttö ja rakennuslaissa 122 § ja ympäristöministeriön ohjeessa YM4/601/2015.
- ▶ Betonitöitä johtava henkilö vastaa lopputuloksesta ja siitä että työt toteutetaan ammattitaitoisesti suunnitelmia, määräyksiä ja ohjeita noudattaen
- ▶ Betonityönjohtaja ei itse tarvitse henkilökohtaisesti valvoa jokaista työvaihetta
- ▶ Työnjohtaja vastaa siitä että hänen sijaisensa on pätevä johtamaan ja valvomaan betonitöitä

Yleistä

- ▶ Elementtitehtaalla tulee myös olla pätevä betonityönjohtaja
- ▶ Työnjohtaja vastaa elementtitehtaan elementtien tuotannosta, tehtaalla valmistetun betonin laadusta ja lopputuotteen laadusta
- ▶ Valmisbetonitehtaalla tulee olla nimetty valmisbetonityönjohtaja joka vastaa valmisbetonin tuotannosta ja laadusta
- ▶ Pätevyyden toteaa laadunvalvonnan varmentaja joka on yleensä Kiwa Inspecta ja pätevyyden myöntää FISE
- ▶ Työnjohdon pätevyudet ovat kansallisia ja osin vapaaehtoisia pätevyksiä

Rakentaminen

- ▶ Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista toteaa että kantavien rakenteiden olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät kun suunnittelu tehdään eurokoodeilla (SFS-EN 1992-1-1) ja sen kansallisilla valinnoilla.
- ▶ Betonirakenteiden toteutuksen osalta tämä tarkoittaa että työmaalla toteutusta ohjaa betonirakenteiden toteutusstandardi SFS-EN 13670 ja kansallinen sovellusstandardi SFS 5975.
- ▶ CE merkittyjen elementtien valmistusta ohjaavat tuotestandardit ja SFS-EN 13369
- ▶ Elementtien asennus kuuluu standardin SFS EN 13670 piiriin

Elementtirakentamisessa huomioitavaa

- ▶ Elementtien valmistuksessa yksi keskeinen tekijä on muottikierto. Betonin lujuus usein suurempi kuin kantavuus edellyttäisi.
- ▶ Tavoitteena on tuotannon kannalta optimaalinen rytmi jossa betonin kovettuminen tapahtuu yöllä ja muotin voidaan purkaa tai elementit jännittää seuravana aamuna
- ▶ Betonin valinnan ja tuotannon suunnittelun lähtökohtana on silloin muottikierto ja työvuorojen rytmitys vuorotyössä
- ▶ Rakennushankkeen näkökulmasta elementtien toimitusaika on kriittinen tekijä

Elementtirakentamisessa huomioitavaa



Elementtirakentamisessa huomioitavaa

- ▶ Jännitettyjen elementtien lujuus on monesti niin suuri että lujuudenkehitys on luonnostaan nopeaa.
- ▶ Tarvittaessa elementtejä voidaan lämpökäsitellä lujuudenkehityksen nopeuttamiseksi.
Lämpökäsittelystä tulee olla suunnitelma koska liian korkea lämpötila on haitallista.
- ▶ Elementtituotannossa keskeinen seurattava seikka on lujuudenkehitys
- ▶ Tuotannossa pitää tietää lämpötilan vaikutus lujuudenkehitykseen (korkea lämpötila => lujuuskato).

Elementtirakentamisessa huomioitavaa

- ▶ Lämpötilan vaikutus selvitetään esimerkiksi olosuhdekoekappaleilla tai lämpötilamittauksilla ja kypsyyslaskelmilla
- ▶ Olosuhdekoekappaleiden lujuuden suhde rakenteen lujuuteen tulee varmistaa tuotannossa esimerkiksi rakennekoekappaleilla, jos sitä ei ennestään tunneta
- ▶ Monesti tuotannon käyttämät betonilaadut tunnetaan ennestään hyvin.
- ▶ Uusien laatujen osalta on tehtävä riittävästi ennakkokokeita
- ▶ On tunnettava myös laadunvarmistuksessa käytettävien standardin mukaisten koekappaleiden lujuuden suhde elementin lujuuteen (varmistetaan tarvittaessa rakennekoekappalein)

Elementtirakentamisessa huomioitavaa

- ▶ Tilanne elementtitehtaalla poikkeaa paikallavalusta, koska tehdas ottaa vastuun betonista, tuotannosta ja lopputuotteesta
- ▶ Toimitettavan elementin tulee täyttää viranomais määräysten ja suunnitelmien vaatimukset
- ▶ Ei riitä että betoni on myllystä ulos tullessa ok
- ▶ Tämän jälkeen on varmistuttava että elementtituotannossa betonia ei käsitellä siten että lopputuote ei täytä vaatimuksia
- ▶ Esimerkiksi liian korkea lämpötila kovettumisvaiheessa voi pilata elementin

Elementtirakentamisessa huomioitavaa

- ▶ Elementtien tuotannon laadunvalvontaan liittyy muitakin kuin betonin laatuun liittyviä asioita
- ▶ Nämä liittyvät elementin ominaisuuksiin kuten
 - Pinnan laatu (hierretty, telattu, rouhe
 - Laattojen tartuntalujuus
 - Vähähiilisyys
 - Betonin värisävy (väri ja sen tasalaatuisuus)
- ▶ Nopeassa tuotannossa vaarana on talviaikaan ulkona varastoitaessa että elementit viedään liian tuoreena ulos.

Elementtirakentamisessa huomioitavaa

- ▶ Seurauksena voi olla pintahalkeilua liian nopean pinnan jäähtymisen takia
- ▶ Elementtien lujuudenkehitys pysähtyy ja lujuus jää alhaiseksi
- ▶ Elementit eivät ehkä kestä rakentamisen aikaisia kuormia tai asennusvaihetta
- ▶ Elementti saattaa rikkoontua nostossa tai kuormitettaessa viereisillä rakenteilla kuten esimerkiksi seinäkonsoli joka kannattaa ontelolaattoja

Elementtirakentamisessa huomioitavaa

- ▶ Asennussuunnitelma pakollinen (sen laatii asentaja)



Paikallavalurakentamisessa huomioitavaa

- ▶ Betonin valmistaja vastaa siitä että betoni työmaalle toimitettuna on ilmoitettujen vaadittujen ominaisuuksien mukaista
- ▶ Vaaditut ominaisuudet kohdistuvat kovettuneeseen betoniin ja tuoreeseen betoniin
- ▶ Kovettuneen betonin ominaisuuksia ovat
 - Lujuus
 - Pakkasenkestävyys
 - Kulutuskestävyys
 - Väri
 - Mahdollisesti kemiallinen kestävyys

Paikallavalurakentamisessa huomioitavaa

- ▶ Tuoreen betonin ominaisuuksia ovat
 - Notkeus
 - Lämpötila
 - Työstettävyyσαika
 - Pumpattavuus
 - Lujuudenkehityksen nopeus
 - Maksimilämpötila kovettumisen aikana (rakenteen koko vaikuttaa hyvin paljon)
 - Helppo työstettävyys lattian teossa (pinnan oikaisu ja hierto)

Paikallavalurakentamisessa huomioitavaa

- ▶ Paikallavalussa betonin toimittaja ei vastaa betonirakenteen loppulaadusta, ellei selvästi voida osoittaa toimitetun betoni olleen vaadittujen ominaisuuksien vastaista
- ▶ Betonirakenteen toteutustapa vaikuttaa rakenteen laatuun merkittävästi
- ▶ Betonin toimittajalla ei ole mahdollisuuksia eikä velvollisuutta ohjata, suunnitella tai valvoa betonirakenteen toteutusta työmaalla
- ▶ Tästä vastaa viime kädessä pääurakoitsija
- ▶ Rakenne voi olla myös väärin suunniteltu

Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ **Kuljetusmatkan ja olosuhteiden huomioiminen**
- ▶ Vaihtelee paikkakunnan mukaan
- ▶ Pohjois-Suomessa kuljetusmatka ja aika voi olla hyvin pitkä
- ▶ Saattaa vaatia erikoistoimenpiteitä kuten hidastimen käyttöä ja kuljetusauton eristämistä jotta massa ei jäähdy liikaa talvipakkasilla
- ▶ Kesähelteillä betonin nopea jäykistyminen pitkissä kuljetuksissa => Osa vedestä voidaan mahdollisesti lisätä työmaalla. Ratkaisu vaatii tarkkuutta, osaavaa betonilaboranttia ja mittalaitteita työmaalla eikä sitä yleensä käytetä Suomessa. Vaatii betonin valmistajan luvan.

Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ **Betonin siirtotapa työmaalla**
- ▶ **Betonin pumppaus pitkissä kumilinjoissa vaikuttaa betonin koostumukseen**
 - On lisättävä vettä ja sementtiä sekä vähennettävä suuren kiviaineksen osuutta jotta pumppaus onnistuu
 - Mitä pienempi pumppauksessa käytettävä kumiletku on sitä hienompaa betonin tulee olla
 - Seurauksena on runsaasti vettä ja sementtiä sisältävä betonikoostumus jonka kuivumiskutistuma on suuri
 - Rakenteen laatu kärsii

Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ **Betonin siirtotapa työmaalla**
- ▶ Haittoja voidaan pienentää käyttämällä isokokoisia letkuja ja rakentamalla osa linjasta teräsputkilla ja käyttämällä jakelupuomeja
- ▶ Haittana on raskaat letkut ja huono työergonomia
- ▶ Jos vain mahdollista niin pumppaus tulisi suorittaa ilman pitkiä kumilinjoja suoraan pumpun puomista
- ▶ Tätä varten on kehitetty erityisiä ”hallipumppuja” koiden puomin avaaminen ei edellytä korkeaa hallia

Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ **Betonin siirtotapa työmaalla**
- ▶ Maanvaraiset lattiavalut tulisi pyrkiä suunnittelemaan siten että valu voidaan suorittaa ilman pumppua
- ▶ Tällöin betoni voidaan suhteittaa vähemmän kutistuvaksi
- ▶ Lisäaineilla kuten kutistumaa kompensoivat ja kutistumaa vähentävät lisäaineet pumppauksen haittoja voidaan pienentää, mutta aineet ovat suhteellisen kalliita ja käyttö Suomessa ollut vähäistä

Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ Kuivumiskutistuman aiheuttama halkeilu



Betonointi eri olosuhteissa



Betoni ja lämpö

Betonin jäätyminen



Betonin lämpötila

Betonimassan tavoitelämpötila on yleensä +20 °C. Yleensä betonimassan lämpötilan tulisi olla vähintään +15 °C, jotta betonin sitoutuminen ja kovettumisnopeus eivät hidastuisi merkittävästi.

Massiivisissa rakenteissa ja lämpimissä olosuhteissa betonimassan lämpötilaa on yleensä tarpeen rajoittaa. Kylmissä olosuhteissa betonoitaessa lämpötilaa tulee nostaa, jotta haluttu lujuudenkehitys voidaan turvata.

- Massan lämpötilan nosto kasvattaa betonin vedentarvetta ja tätä kautta lisää kutistumista

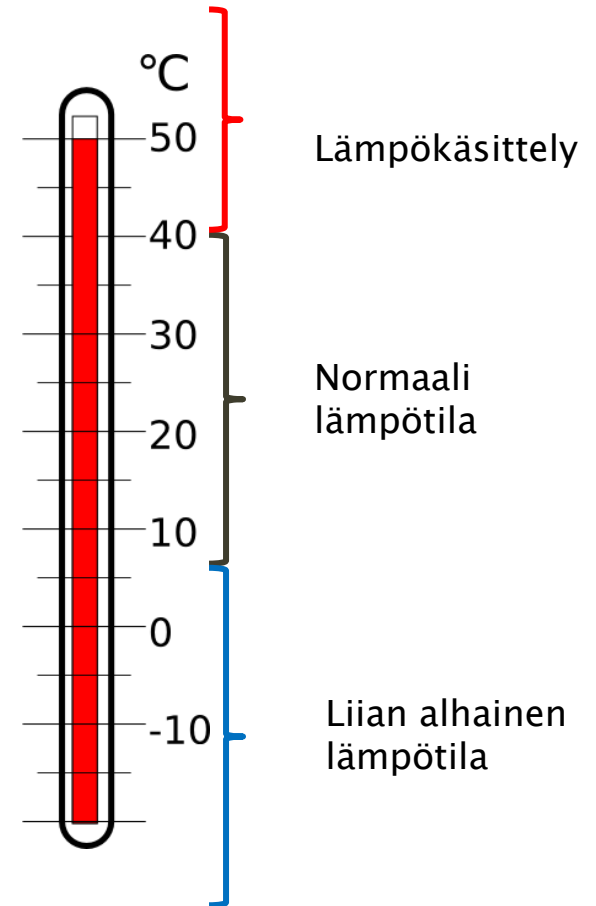
Betonin lämpötila

Betonin lämpötilaa on seurattava, koska lujuudenkehitys riippuu paitsi ajasta varsinkin rakenteen lämpötilasta.

Lujuus tulee tietää, jotta tiedetään,

- koska muotit voidaan purkaa
- koska jälkihoito voidaan lopettaa
- koska jäätyislujuus saavutetaan

Lisäksi liian korkea lämpötila vahingoittaa betonia



Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ **Valuolosuhteiden vaikutus, helteet**
- ▶ Lämpimissä tuulisissa olosuhteissa valetun betonin liian nopea kuivuminen pinnasta aiheuttaa halkeilua.
- ▶ Tämä on ongelma lattiarakenteissa
- ▶ Runsaasti sementtiä ja vähän vettä sisältävät betoniladut ja huokostetut betonit herkkiä pinnan liian nopealle kuivumiselle
- ▶ Jos betonilaatua ei voi vaihtaa ympäristörasitusten takia on ainoa vaihtoehto veden haihtumisen estäminen pinnan nopealla suojauksella

Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ **Valuolosuhteiden vaikutus, helteet**
- ▶ Suojaus tehdään joko peittämällä se muovilla tai käyttämällä varhaisjälkihoitoaineita, jotka levitetään betonin pinnalle heti pinnan oikaisun jälkeen
- ▶ Tarvittaessa varhaisjälkihoitoainetta levitetään useampi kerta
- ▶ Pinnan hierron jälkeen, kun betonilla voidaan liikkua, levitetään lopullinen jälkihoito joko kastelemalla, peittämällä tai jälkihoitoaineilla

Korkeat lämpötilat

Liian korkea lämpötila aiheuttaa ensisijassa lujuuskatoa ja saattaa myös johtaa myöhemmin betonin vaurioitumiseen.

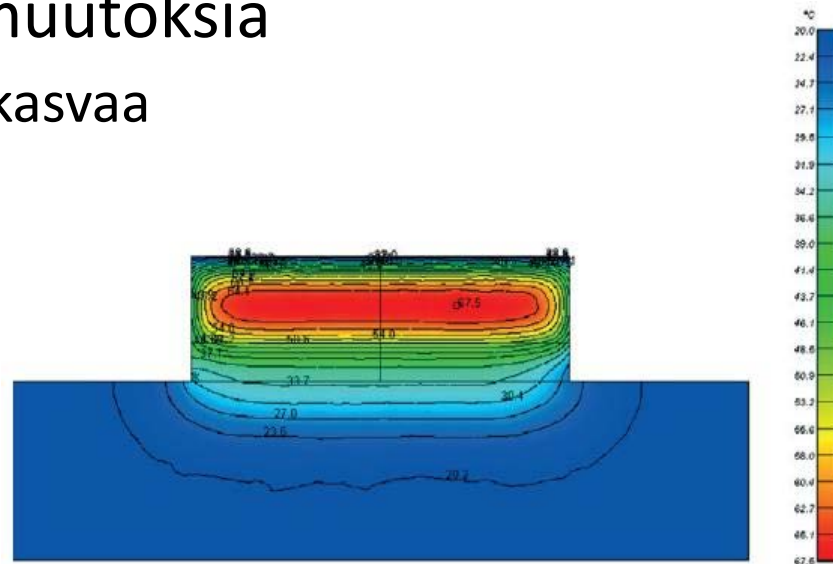
Korkeita lämpötiloja esiintyy

- kovassa lämpökäsittelyssä
- massiivirakenteissa



Korkeat lämpötilat massiivirakenteissa


- ▶ Sementin hydrataatio tuottaa paljon lämpöä
 - Rakenteen pinta jäähtyy nopeammin kuin sisäosat
- ▶ Lämpötilamuutosten seurauksena betonirakenteessa esiintyy tilavuudenmuutoksia
 - Betonin halkeiluriski kasvaa



Lämpötilaerojen aiheuttama halkeilu



Lämpötilan nousun rajoittaminen

- ▶ Betonimassan alkulämpötilan alentaminen
 - ▶ Sementin ja seosaineiden valinta
 - ▶ Sementtimäärän vähentäminen
 - ▶ Rakenteen jäähdytys
 - ▶ Valuajankohta
- 

Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ **Plastinen halkeilu**



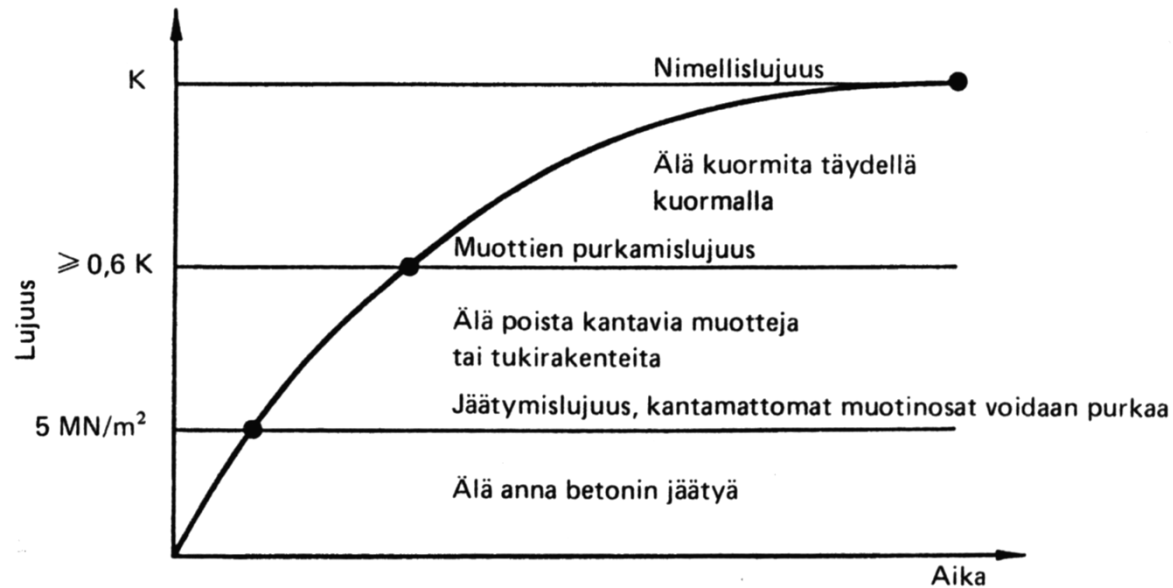
Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ **Valuolosuhteiden vaikutus, talvi**
- ▶ Talvella betonin lujuudenkehitys varmistetaan
 - Nostamalla betonin lujuusluokkaa
 - Lämmittämällä betonimassa
 - Suojaamalla valettu rakenne työmaalla
 - Lisälämmittämällä rakennetta työmaalla
 - Yhdistämällä edellä mainittuja toimenpiteitä
- ▶ Betonin valmistajan tehtävä on neuvoa urakoitsijaa oikean betonilaadun vallinnassa ja huolehtimalla siitä että betonin valmistuksessa käytetty sementti sopii talvivaluun

Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ **Valuolosuhteiden vaikutus, talvi**
- ▶ Talviolosuhteisiin varaudutaan ennakkosuunnittelulla sekä työmaalla että betonitehtaalla
- ▶ Tehtaalla varaudutaan betonin raaka-aineiden lämmittämiseen tarkastamalla laitteiden toiminta hankkimalla tehtaalle talvivaluihin soveltuva nopea sementti
- ▶ Työmaalla varaudutaan talveen tekemällä talvibetonointisuunnitelma ja hankkimalla sen edellyttämät laitteet ja suojat ajoissa
- ▶ Talvella valettaessa on varmistettava talvibetonointitoimenpiteillä betonin jäätymlujuus ja riittävä muotinpurkulujuus

Lujuusvaatimuksia



Paikallavalu

- ▶ Talvella betonin haasteet liittyvät lämpötilaan
- ▶ Betoni tarvitsee lämpöä kovettuakseen
- ▶ Betonin kovettumisreaktiot tuottavat lämpöä
- ▶ Mitä enemmän sementtiä betonissa on sitä enemmän lämpöä syntyy kovettumisen aikana
- ▶ Betonin oman lämmöntuoton hyödyntäminen on yksi keskeinen tapa talvibetonoinnissa
- ▶ Vähähiiliset betonit sopivat huonommin talvivaluihin seosaineiden takia

Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ Valuolosuhteiden vaikutus, talvi



Paikallavalu

- ▶ Suojaamalla valettu rakenne saadaan lämpö talteen



Paikallavalu

- ▶ Jos rakenne on ohut tai mitoiltaan pieni, esim. saumavalu) ei betonin oma lämmönkehitys yleensä riitä pitämään yllä kovettumiseen tarvittavaa lämpötilaa
- ▶ Silloin valua joudutaan lisälämmittämään
- ▶ Lämmitys voidaan tehdä infrapunasäteilijöillä, kuumailmapuhaltimilla tai lankalämmityksellä.
- ▶ Kuumailmapuhallus edellyttää että lämmitettävä alue voidaan eristää ympäristöstä esimerkiksi pressuilla

Paikallavalu



Paikallavalu



Paikallavalun erikoispiirteitä

- ▶ Valuolosuhteiden vaikutus, talvi, työturvallisuus!! Ei näin!



Yleistä yhteenvetona

- ▶ **Vuorovaikuttaminen**
- ▶ Betonointi onnistuu parhaiten kun kaikki osapuolet osallistuvat aktiivisesti jo ennakkoon
- ▶ Tilaaja antaa betonin valmistajalle riittävästi tietoa valettavasta rakenteesta ja työmaan betonointisuunnitelmasta
- ▶ Betonin valmistaja kertoo betoniteknisistä vaihtoehtoista ja eri toimenpiteiden vaikutuksesta niihin
- ▶ Vain yhteistyöllä voidaan minimoida epäonnistumisen riskit

Kiitos mielenkiinnosta

Jos on kysyttävää minulle voi soittaa tai lähettää sähköpostia

Kim Johansson / BY
puh. 050 5506556

kim.johansson@betoniyhdistys.fi

