

BY-ohjeen käyttö. Työmaan näkökulma

Webinaari 20.3.2024

Jussi Laamanen, YIT Infra Oy



Taustaa

- ❖ Työmaalaadunvalvontaa valmisbetonille on tehty useita vuosikymmeniä erilaisella aktiivisuudella. Viime vuosina työmaalaadunvalvontaa on tehty paljon ja joitain ongelmia on havaittu sen toteutuksessa.
- ❖ Työselityksissä työmaalaadunvalvonta on toisinaan esitetty hyvin ylimalkaisesti, jolloin projektin aikana joudutaan tekemään tulkintoja, mm. mitkä ovat vaatimustasot laatumittauksille.
- ❖ Betonistandardit SFS-EN206, SFS7022 ja SFS-EN13670 (Betonirakenteiden toteuttaminen) antavat talonrakennukselle melko selkeät ohjeistukset, joskin niissäkin näytteenottotiheys ja koekappalemäärät on jätetty auki.
- ❖ Merkittävin ero työmaalaadunvalvonnassa verrattuna valmisbetonitehtaan laadunvalvontaan on testausolosuhteissa ja kolmannen osapuolen valvonnan puuttuminen.
 - ❖ Kuka maksaa kolmannen osapuolen kustannukset?
- ❖ Käytäntö on osoittautunut, että työmaalaadunvalvonnassa on ongelmia liittyen olosuhteiden hallintaan ja laboratoriotilojen puutteeseen työmaalla. Tämän vuoksi tulosten luotettavuudesta on käyty ajoittain keskustelua.

Yleistä laadunvalvonnasta

- ❖ Talonrakennuksessa lähtökohtana toteutukselle on SFS-EN206 ja siihen liittyvät EN-standardit.
 - ❖ SFS-EN206:den ja sen kansallisen liitteen SFS7022 sisältö on pohjana myös betoninormi BY65:ssä. Molempia dokumentteja (SFS-EN206 ja BY65) voidaan käyttää työmaalla.
 - ❖ Ovat kokonaisuus, joita ei tule kevyin perustein muuttaa. Riittävä varmuus laadulle saadaan, kun noudatetaan eurooppalaista betoninormia EN206, EN-testausstandardeja ja EN206:den kansallista liitettä SFS7022
- ❖ Betonia voidaan valmistaa SFS-EN206:den mukaan joko ominaisuuksien mukaisena betonina tai koostumuksen mukaisena betonina.
 - ❖ **Koostumuksen mukaisella betonilla** tilaaja antaa tarkan reseptin ja betonitehdas valmistaa kuormat tavoitellen reseptin annettuja kilomääriä ja tilaaja vastaa kovettuneen betonin ominaisuuksista.
 - ❖ **Ominaisuuksien mukaisessa betonissa** asiakas tilaa betonin halutuilla ominaisuuksilla ja tilattujen ominaisuuksien tulee toteutua myös työmaalle toimitetussa betonissa.
- ❖ Ominaisuuksien – erityisesti lujustasojen – toteutumista valvotaan betonitehtaalla ja tarvittaessa työmaalla, ottamalla betoninäytteitä toimitetusta betonista ja testaamalla niiden tavoitellut ominaisuudet.
 - ❖ Liitteen B tunnistustestaus ja sen toteutus on tunnettu Suomessa huonosti ja ylipäätään työmaamittauksiin on kiinnitetty liian vähän huomiota.
 - ❖ Ajoittain työmaan laatuvaatimusten kirjaaminen suunnitelmiin on ollut epäselvää tai ylimitoitettua
 - ❖ Laatuvaatimukset käytävä läpi viimeistään betonitöiden aloituspalaverissa

Yleistä laadunvalvonnasta

- ❖ Työmaamittauksissa haasteeksi tulee standardin mukaisten olosuhteiden järjestäminen. Pelkästään betoninäytteiden ottaminen työmaalla laadukkaasti ja kuljetus valupaikalta laatumittauspaikalle voi olla ongelmallista.
- ❖ Työmailla on harvoin säältä suojattuja mittausolosuhteita tai standardinmukaisia säilytysolosuhteita lujuuskoekappaleille
 - ❖ Esim. viileissä olosuhteissa säilytetyille koekappaleille ei voida taata standardinmukaista jälkihoito-olosuhdetta. Tämä johtaa siihen, että saatuja mittaustuloksia ei voida pitää standardinmukaisina ja niiden käyttö laadunarvostelussa voi johtaa ristiriitoihin.
- ❖ Laatumittausten tekijöiden pätevyysvaatimusten asettaminen ja riittävän kokemuksen arviointi laadukkaalle toiminnalle ovat myös haasteellisia
- ❖ Tavoitteena on antaa ohjeessa oikeat toimintamallit, joilla työmaalaadunvalvonta voidaan toteuttaa riittävällä tasolla ja standardienmukaisella varmuudella siten, että eri osapuolet voivat hyväksyä saadut laatutulokset ja pitää niitä luotettavina.

Näytteenottosuunnitelma

- ❖ Lähtökohtaisesti suunnittelija määrittää, paljonko lujuuskoekappaleita otetaan valetuista rakenteista siten, että tilaajan vaatimukset saavutetaan. Normaalisti koekappaleiden näytteenottotiheys ja määrä liittyvät rakenteen seuraamusluokkaan (eli CC-luokitukseen) ja suunnittelija kirjaa ne betonityöselostukseen.
- ❖ Kohteessa vaadittava työmaanlaadunvalvonta tulee esittää rakennesuunnittelijan laatimassa betonirakenteiden työselostuksessa, jossa on huomioitu myös tilaajan ja viranomaisten vaatimukset.
 - ❖ Pää toteuttaja huomioi laatimassaan betonityösuunnitelmassa betonirakenteiden työselostuksessa esitetyt asiat työmaanlaadunvalvonnasta.
 - ❖ Lisäksi valukohteen betonointisuunnitelmassa tulee esittää laadunvalvontatoimenpiteet.
- ❖ Jos hankkeessa otetaan lujuusnäytteitä tai tehdään tunnistustestausta, tulee betonirakenteiden työselostuksessa esittää vähintään testattavat valukohteet ja niistä betoninäytteiden ottotiheys.
 - ❖ Betoninäytteen lujuustuloksen tulee koostua vähintään kahden koekappaleen lujuustuloksen keskiarvosta, jotta saadaan valukohteelle edustava keskiarvotulos.
- ❖ On tärkeää, että urakoitsija ja betonin laatumittauksista vastaava taho tietää etukäteen näytteenoton laajuuden, jotta siihen voidaan varautua riittävällä kalustolla ja mittaajamäärällä.

Näytteenottosuunnitelma

- ❖ Kohteista pyydetään usein betonitarjouksia, sisältäen työmaalaadunvalvonnan kustannukset, vaikka ei vielä edes tiedetä mitä laatuvaatimuksia kohteessa on.
 - ❖ Työmaalaadunvalvonnan toteutus tulee siis hinnoitella ja tarjota vasta sitten, kun kaikki työmaan laatumittaukset ja mahdolliset ennakkokokeet ovat tiedossa. Laadunvalvontasuunnitelma tulee siis tehdä hyvissä ajoin riittävän kattavana.
 - ❖ Yksikköhinnat laadunvalvontamittauksille?
- ❖ Työmaan urakoijalla on velvollisuus teettää työmaamittaukset esitetyn kohteen työselostuksen mukaisesti. Urakoija voi valita, että teettääkö laatumittaukset laatumittauspalveluja myyvällä toimijalla vai ostaako palvelut betonin toimittajalta.
 - ❖ Lähes kaikilla betonin toimittajilla on oma työmaamittaushenkilöstö, joka on erikoistunut sekä henkilöstön osaamisen että kaluston puolesta työmaamittauksiin.
 - ❖ Ertiyisen tärkeää valinnassa voi olla henkilöstön pätevyys ja riittävyys sekä mittauslaitteiden ja laboratoriotilojen toimivuus laajemmissa työmaakohteissa, sekä henkilöstön ymmärrys näytteiden käsittelystä työmaaolosuhteissa.

Tunnistustestaus

- ❖ Tunnistustestaus on esitetty eurooppalaisen betonistandardin SFS-EN206 liitteessä B
 - ❖ on osa EN206:den mukaista betonin vaatimustenmukaisuuden kokonaisuutta, jolla varmistetaan, että EN-standardien mukaan valmistettu betoni täyttää asetetun varmuustason.
 - ❖ Ominaisuuksista tärkein ja useimmin testattu on lujuustaso
- ❖ Mikäli työmaalla tehdään laajaa näytteenottoa (CC2, CC3), tulee työmaalle nimetä myös vastuuhenkilö, joka varmistaa, että olosuhteet mittauksille ja koekappaleille ovat standardien vaatimusten mukaiset.
 - ❖ **Etenkin laajassa näytteenotossa on perusteltua tarkastaa laatumittausten hallinta ja olosuhde projektin alussa, keskellä ja lopussa** jotta voidaan tarvittaessa korjata testausolosuhteita ja arvioida tarkastushetken mennessä saatujen tulosten kelpoisuutta.
- ❖ Vastuuhenkilö voi olla työmaan laatuvaastaava tai betonityönjohtaja työmaan organisaatiosta riippuen. Pääasia on, että vastuu työmaamittausten toteutuksesta on osoitettu.
- ❖ Jotta betonin vaatimustenmukaisuus tehtaalla ja työmaalla on samaa tasoa, **tulee työmaalla käyttää samaa koekappale- ja lujuustyyppiä kuin tehtaalla.**
 - ❖ Jos tehtaalla käytetään **lieriöillä tehtyä lieriölujuutta**, tulee työmaalla käyttää myös **lieriöillä tehtyä lieriölujuutta**.
 - ❖ Jos tehdas käyttää **kuutioilla tehtyä kuutiolujuutta**, tulee myös työmaalla käyttää **kuutioilla tehtyä kuutiolujuutta**.

Näytteenottiheys

- ❖ Tärkeimpiä kysymyksiä on työmaalla tehtävän näytteenoton laajuus etenkin lujuuden määrityksissä. SFS-EN 206 ei anna selkeää ohjeistusta näytteenottomääristä vaan jättää tulkinnan varaa.
- ❖ Valmisbetonitehtaalla tarkastetussa valmistuksessa näytteenottoväli lujuudelle on 400 m³, betoniperheittäin (eli arvosteluryhmittäin).
- ❖ Talonrakennustyömailla ja InfraRyllin alaisilla työmailla on selvä ero näytteenoton vaatimuksissa. InfraRyllissä lujuuden näytteenotto tehdään työmaalla enintään 600 m³ arvosteluerin betonilaaduittain ja arvosteluerässä on 6 lujuustulosta.
- ❖ **Talonrakennustyömailla (SFS-EN206) tulee näytteenotto jakaa betonivalun seuraamusluokan mukaan eri luokkiin, jolloin saadaan haluttu varmuustaso eri rakenteille.**

Suunnitteludokumenttien seuraamusluokka löytyy suunnitteluasiakirjoista	CC3	CC2	CC1
	Suuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Keskisuuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Vähäiset seuraamukset ihmishenkien menetysten tai pienten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia

Arvosteluerät

❖ Arvosteluerää koskevat seuraavat periaatteet.

- ❖ Arvosteluerän lujuusluokka on aina sama
- ❖ Arvosteluerän aikajakso on enintään 2 kk
- ❖ Arvosteluerässä on tuloksia 1-6 kpl näytteenottotiheyden ja valumäärän mukaan
- ❖ Uusi arvosteluerä alkaa, kun tuloksia on kuusi tai kahden kuukauden jakso ylittyy arvosteluerässä
- ❖ Ohjetta voidaan soveltaa tarpeen mukaan maanvaraisiin lattioihin ja lattiabetoneihin

❖ Työmaan kaikista eri betonilaaduista ei systemaattisesti tule ottaa näytteitä vaan näytteenottoa tehdään silloin, kun näytteellä varmistetaan tärkeä rakenteen tai rakenneosan toimivuus.

- ❖ Esimerkkinä kriittiset kantavat rakenteet ja jännitetyt rakenteet

❖ Jokaisessa lujuuden näytteenotossa otetaan siis vähintään kaksi koekappaletta, joiden testaustulosten keskiarvo on ko. betoninäytteen lopputulos lujuudelle.

- ❖ Mikäli lujuustuloksen koekappaleiden tulosten erotus keskiarvosta on yli 15%, hylätään ko. koekappaletulokset, jos ei ole erityistä syytä hylätä vain yhtä koekappaletulosta.
 - ❖ Poikkeaminen syy(t) tulee selvittää

❖ Näytteenottosuunnitelmassa tulee sopia myös arvosteluerien koko. Yksi lujuustulos voi olla oma arvostelueränsä ja maksimissaan arvosteluerässä on kuusi tulosta.

- ❖ Arvosteluerä voi olla esimerkiksi ison holvivalun kuutiokokoon rajattu tai sitten tietyn rakenteen (tai tiettyjen rakenteiden) tulosten arvosteluerä

Henkilöpätevyys

- ❖ Kaikissa betonitehtaalla tehtävissä laatumittauksissa edellytetään laboranttikurssin tasoista pätevyyttä.
- ❖ Työmaamittaukset tulee myös tehdä pätevien laboranttien toimesta.
- ❖ Laatumittauksien tekijän tulee tuntea etenkin mitattavan ominaisuuden EN-mittausstandardin sisältö, jotta hän voi toteuttaa mittauksen oikein.
- ❖ Mittaajalla tulee myös olla kokemusta mittausten teosta, jotta ymmärrys tulosten hajontaan ja mittaukseen vaikuttavista virhetekijöistä on tiedossa.
- ❖ Ennakkotutustuminen työmaahan ja sen olosuhteisiin

Käytettävä kalusto

- ❖ Työmaan laadunvalvontamittauksia tehtäessä on hyvä muistaa, että käytettävä kalusto vaikuttaa mittaustuloksiin ja kaluston hallinta sekä puhtaanapito on oleellista standardinmukaisille tuloksille.
- ❖ Käytettävä mittauskalusto tulee olla EN-testausstandardien mukaisia ja kalustoa tulee huoltaa ja puhdistaa siten, että mittauskalusto toimii virheettömästi.
- ❖ Mittaukset tulee tehdä sellaisessa olosuhteessa, että sääolosuhteet tai mittausalusta ei vaikuta häiritsevästi mittaustuloksiin.
 - ❖ Laatumittaukset suositellaankin tehtävän työmaalla sisätiloissa esimerkiksi laboriokontissa vakaalla alustalla
- ❖ **Työmaalla tulee käyttää samaa muottityyppiä lujuuskappaleita varten, kuin valmisbetonitoimittaja käyttää tehtaalla. Parhaiten työmaalla kestävä teräslieriö 150x300 mm ja teräskuutio 150x150 mm muotit.**
 - ❖ Muovimuottien käyttö ei ole suositeltavaa niiden kulumisen takia rajussa työmaaympäristössä. Betonia tulee myös tiivistää muovimuottiin tehokkaammin. Lisäksi muovimuottien kulmien ja pintojen kuluminen on suurempaa, joten ongelmia tulee enemmän standardin toleranssien kanssa.

Näytteiden otto

- ❖ **Betoninäyte tulee ottaa aina lähellä laatumittaus- ja koekappaleiden tekopaikkaa**
 - ❖ Mikäli betoninäytettä kannetaan ämpärillä satoja metrejä koekappaleen tekopaikalle, ei näytettä voida pitää edustavana.
 - ❖ Näytteenottosuunnitelmassa tulisi aina varata työmaalta laadunvalvontakontille keskeinen sijainti, jossa koekappaleiden teko on optimaalista ja työturvallisuus on otettu huomioon.
- ❖ **Näytteenoton tarkoitus on saada koko kuormaa kuvaava betoninäyte, jonka tulos edustaa keskimäärin kuorman laatua.**
 - ❖ Tärkeää että otetaan näyte kuorman keskiosasta.
 - ❖ Näytettä ei tule ottaa kuorman ensimmäisistä tai viimeisistä kymmenistä litroista
- ❖ **Ennen näytteenottoa tarkastetaan kuormakirjasta, että betonikuorma on oikea, sekä arvioidaan betonin laatua silmämääräisesti.**
 - ❖ Tutkittavan näytteen koko on noin 40l. Näyte otetaan betoniauton rännistä kottikärryyn.
 - ❖ Ennen mittauksia ja koekappaleen tekoa, sekoitetaan betonia kottikärryssä huolellisesti kauhalla edestakaisin. Tavoitteena on sekoittaa betoni mahdollisimman homogeeniseksi ja poistaa mahdollinen kuljetuksessa tullut erottuminen.
- ❖ **Huokoistettuja betoneja käytettäessä näyte tulisi ottaa pumpun päästä**
 - ❖ Pumpun päästä näytteenotto on hankalaa ja edellyttää erikoisjärjestelyjä, jotta näytteenotto onnistuu oikein ja on teknisesti turvallista.
 - ❖ Normaalisti betoninpumppaus vähentää vain vähän betonin ilmamäärää tai ei ollenkaan.

Näytteiden teko ja säilytys

- ❖ Koekappaleen tekoa varten tarkastetaan tiivistyslaitteiden kunto, koska lujuus riippuu lineaarisesti betonin tiheydestä.
 - ❖ Pitkään käytetyllä tiivistyskalustolla on taipumus muuttua tehottomammaksi käyttöajan suhteen
- ❖ Teräsmuotit täytetään yhdessä tai useammassa kerroksessa huolellisesti tiivistäen
 - ❖ Tavoitteena on saada sekoituksessa ja siirroissa tulleet tiivistyshuokokset pois
 - ❖ Erityisesti lieriöillä tulee varoa liiallista tiivistystä erottumisen takia
- ❖ Muottien päät suojataan muovilla hierron jälkeen
 - ❖ Suojaus estää kosteuden haihtumisen pois betonin pinnasta
- ❖ Koekappaleet tulee valmistaa tilassa, jossa ne myös säilytetään tai valmistus tehdään tilan välittömässä läheisyydessä.
 - ❖ Koekappaleiden tulee antaa kovettua ainakin 1-2 vrk ennen kuin muotit puretaan pois
 - ❖ Hidastetuilla massoilla purkua tulee viivästyttää, jotta kappale pysyy ehjänä
 - ❖ Koekappaleet tulee muottien purun jälkeen varastoida vesialtaaseen (+20 °C)
- ❖ **Tuoreiden (alle 24 tuntia vanhojen) koekappaleiden siirtely tilasta toiseen on ehdottomasti kiellettyä**

Laadunvalvonnan aloituspalaveri

- ❖ Työmaalaadunvalvonnan työnaikainen yhteydenpito ja raportointi sovitaan aloituspalaverissa, jotta tiedonkulku toimitusten aikana on sujuvaa ja saatuihin tuloksiin pystytään reagoimaan.
- ❖ Aloituspalaverissa sovitaan säännölliset kokoukset, joissa käydään läpi työmaan ja työmaan laadunvalvontaan liittyviä asioita.
- ❖ Tärkeää on erityisesti varmistaa, että vastuuhenkilöt ovat nimetty, laatumittausten raja-arvot ovat tiedossa ja saatuihin poikkeamiin reagoidaan.

Laadunvalvontamittaukset

- ❖ **Notkeusmittaus**
 - ❖ Yleisesti notkeus mitataan koekappaleen teon ja ilmamäärän mittauksen yhteydessä.
 - ❖ Painuma- ja leviämäkartioiden tulee olla puhtaat sisäpinoiltaan ja kevyesti kostutetut, jotta massa liikkuu sujuvasti eikä tartu kartioon.
- ❖ **Ilmamäärämittaus**
 - ❖ Ilmamäärän mittaus tehdään standardin EN12350-7 mukaisesti ja vaatimustasot on esitetty kansallisessa liitteessä SFS7022.
 - ❖ Kun huokoistettua betonia toimitetaan työmaalle, tulee massa aina homogenisoida sekoittamalla kuormaa kaksi minuuttia.
- ❖ **Lämpötilan mittaus**
 - ❖ Lämpötila mitataan lujuuskoekappaleen ja ilmamäärän mittauksen yhteydessä. Normaalisti betonin lämpötilatavoite on välillä +15 °C... +25 °C.
 - ❖ Työmaalla saatu mittaustulos tulee aina ilmoittaa valumestarille ja tehtaalle.
- ❖ **Lujuuden mittaus**
 - ❖ Lujuustestaukset voidaan tehdä joko akkreditoidussa betonilaboratoriossa tai betonivalmistajan laboratoriossa, jos sen puristin on kalibroitu ja valmistajalla on puristimelle itsetestausoikeus.
 - ❖ Jokaisen lujuuden testaustuloksen työmaalla tulee olla vähintään $f_{ck}-4$ MPa.
- ❖ **Kuitumäärien mittaus**
 - ❖ Mikäli betoniautoon lisätään kuitua työmaalla, on suositeltavaa varmistaa, että lisätty kuitu saadaan sekoitettua homogeenisesti betoniin.
 - ❖ Kuormakohtaisia näyteitä otetaan kolme. Näytteet otetaan ensimmäisestä, keskimmäisestä ja viimeisestä kuorman kolmanneksesta.

Tulosten arviointi

- ❖ Aina ennen laatumittauksia, on syytä tiedostaa, mikä on sallittu minimi- ja maksimiarvo ja niille sallittu poikkeama.
 - ❖ Osa mitattavista laatuominaisuuksista voi olla sellaisia (notkeus ja massan lämpötila), että betonityönjohtaja voi arvioida niiden merkitystä ja hyväksyä lievän tulospoikkeaman.
 - ❖ Tieto poikkeavasta tuloksesta toimitetaan heti tehtaalle ja työmaalle.
- ❖ Mikäli tulee poikkeavia laatutuloksia, on selvitettävä mahdollisimman nopeasti, että miksi tulokset ovat muuttuneet poikkeaviksi.
 - ❖ Poikkeavia laatutuloksia saataessa on syytä tarkistaa dokumenteista eri vaiheiden työsuoritukset ja havaitut poikkeamat.
 - ❖ Mikäli EN-standardien vastaisia puutteita löytyy koekappaleiden käsittelyssä, tulee tuloksia arvioida suhteessa standardin vaatimukseen.
 - ❖ On mahdollista, että epäilyttävät lujuustulokset liittyvät tehtyihin koekappaleisiin eikä itse betoniin ja on siksi suositeltavaa käydä läpi koko toimitusketju poikkeamien löytämiseksi.
 - ❖ vastuu työmaan laatumittauksista ja koekappaleista on urakoijalla
- ❖ Lopuksi tulee vielä katsoa kaikkia dokumentoituja tuloksia ryhmänä ja arvioida niiden kelpoisuutta. Joillekin ominaisuuksille sallitaan pieni määrä poikkeamia, jolloin muutama pieni tulosalitus voi olla hyväksyttävää.

Yhteenveto

- ❖ Työmaalla tehtävä laadunvalvonta edellyttää huolellista suunnittelua ja tarkkoja määrittelyjä, jotta laatumittauksilla saavutetaan haluttua tietoa työmaalle toimitetusta betonista.
- ❖ Betonin laatu- ja näytteenottosuunnitelmat vaatimuksineen tulee kirjata mahdollisimman aikaisin ja tarkasti suunnitteluasiakirjoihin, jotta työmaa ja betonin toimittaja voi varautua laatumäärittelyihin hyvissä ajoin.
- ❖ Ohjeen tarkoitus on selventää täsmällisen työmaalaadunvalvonnan merkitystä ja korostaa sen huolellisen suunnittelun ja tekemisen merkitystä.
- ❖ Ohjeen periaatteita noudattamalla voidaan välttää ristiriitoja työmaan laadunvalvontatulosten arvioinnissa ja saada tarkkaa ja oikeaa tietoa työmaalta.

Lopuksi

- ❖ Vaatikkaa
 - ❖ Asiakirjat sellaisiksi, ettei ole tulkinnanvaraisuutta
- ❖ Perehtykää
 - ❖ Miten työmaalaadunvalvontaa tehdään
- ❖ Dokumentoikaa
 - ❖ Aukoton, ajantasainen ja järjestelmällinen dokumentointi
- ❖ Analysoikaa
 - ❖ Jotta poikkeamiin pääsee kiinni nopeasti