

Laboratoriotöiden perusteet teollisuuden kannalta



Betonilaborantin ja betonimyllärin pätevöitymiskurssi

8.1.2025

Kim Johansson

Kim Johansson

Erityisasiantuntija , DI

Suomen Betoniyhdistys ry



Laadunvalvonnan yleiset periaatteet betonin valmistuksessa

- ▶ Yritys todentaa itse tuotteensa ja palvelunsa vaatimuksenmukaisuuden
 - ▶ Tätä varten tulee yrityksellä/tehtaalla olla sitä varten laadittu laadunvalvontajärjestelmä (laatukäsikirja)
 - ▶ Elementtitehtaan betonin ja valmiiden tuotteiden vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen kuuluu ulkopuolisen laadunvalvonnan varmistajan suorittama tehtaan sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus ja tehtaan sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta.
 - ▶ Valmisbetonilla tulee olla varmennustodistus ja samainen alkutarkastus ja jatkuva ulkopuolinen laadunvalvonnan varmistus.
- 

Laadunvalvonnan yleiset periaatteet

- Betonirakenteiden valmistusta säätelee
 - SFS-EN 206 Betoni ja sen kansallinen soveltamisstandardi SFS 7022 (=säilyvyysohjeet)
 - SFS-EN 13369 Betonivalmisosien yleiset säännöt (elementtiteollisuus)
- Erilaiset tuotestandardit ja testausstandardit
 - Esim. SFS-EN 1168+A1 Betonivalmisosat, ontelolaatat
- Ohjeiden noudattamista ja laadunvalvonnan tasoa valvotaan kolmannen osapuolen toimesta (esimerkiksi Inspecta Sertifiointi Oy)
- Inspecta Sertifiointin tuoteryhmäohjeet:
 - Valmisbetoni
 - Betonielementit ja jännitetyt betonielementit

Laadunvalvonnan yleiset periaatteet

- Muut ohjeet ja julkaisut kuten esimerkiksi:
 - Betoninormi BY65 2021 (viimeisin korjattu painos 2023)
 - Betonirakenteiden pinnat BY40 2021
 - SFS-EN 12620 Betonikiviainekset
 - BY 43 Betonin kiviainekset 2018 (päivitys tulossa)
 - Betonirakentamisen laatuohjeet BY47 2019 (3. korjattu painos 2022)
 - Betonielementtien nostolenkit ja ankkurit. eKirja (Betonikeskus r.y. 2010)
 - Betonielementtien toleranssit (Betonikeskus r.y. 2011)
 - InfraRyl ja Väyläviraston (entinen Liikennevirasto) ohjeet

Laadunvalvonnan yleiset periaatteet

- **Laadunvarmistuksen ja dokumentoinnin tarkoituksena on osoittaa että betonin/betonituotteen valmistaja:**
 - On toiminut voimassaolevien määräysten ja hyvän rakentamistavan mukaisesti
 - Tuote on sopimuksen mukainen, turvallinen ja kelpoinen
- **Osoittaminen tapahtuu**
 - Asiakasta varten mm. laadunvalvontatulosten raportoinnilla
 - Valmistajaa varten esim. oman edun turvaamiseksi myöhempiä mahdollisia reklamaatioita silmälläpitäen
 - Viranomaisia varten joille osoitetaan että tuote täyttää minimivaatimukset rakennetun ympäristön turvallisuudesta, terveellisyydestä ja laadusta
- **Dokumentointi on ainoa tapa jälkikäteen osoittaa tehty laadunvarmistustyö ja varmistaa riittävä jäljitettävyys**

Laadunvalvonnan yleiset periaatteet

- Yrityksen näkökulmasta laadunvarmistuksen tavoitteena on tuotannon taloudellinen optimointi, tuotteen vaatimustenmukaisuuden osoittaminen ja virheiden (=kalliiden reklamaatioiden) välttäminen:
- Tuotteet valmistetaan mahdollisimman edullisesti
 - Sementtimäärän minimointi
 - Ylilujuuden minimointi (=hajonnan minimointi)
- Tuotteet täyttävät sopimusten ja määräysten vaatimukset, mutta eivät ole ”ylihyviä”
- Euro on myös laadunvalvonnassa hyvä motivoija!

OSA 2

Laborantin ja myllärin tehtävät



Laborantin ja myllärin tehtävät

- Tehtävät ja vastuut vaihtelevat työnantajan ja toimialan (elementtiteollisuus/valmisbetoniteollisuus) mukaan
- Suppeimmillaan se voi olla
 - Betonin valmistusta, raaka-aineitten tilausta, vastaanottoa ja kulutuksen seuranta, ja lisäksi
 - Näytteenottoa, tuoreen massan ominaisuuksien (notkeus, lämpötila, ilmamäärä) testausta, koekappaleiden valmistusta ja testausta. Notkeuden ja ilmamäärän poikkeamien edellyttämien reseptisäätöjen teko ja laadunvalvonnan päivittäinen dokumentointi
 - Poikkeamien syiden selvittäminen ja tarvittavien korjaavien toimenpiteiden teko
- Jo pelkästään näitten toimenpiteiden hallinta edellyttää
 - Valmistusmäärien seuranta arvioluerittain (perheittäin) tarvittavien lujuuskappaleiden valmistusta ja ilmamäärän mittausta varten
 - Ymmärrystä betonin suhteituksesta ja lisäaineiden toiminnasta

Laborantin ja myllärin tehtävät

- Laajemmalti tehtävät voivat sisältää, yhteistyössä valmisbetonityönjohtajan kanssa, edellä mainitun lisäksi:
 - Uusien betonireseptien teko, testaaminen ja kehittäminen
 - Työ- ja laadunvalvontamenettelyohjeiden laadinta
 - Laitteiden huolto
 - Taso- ja ennakkokokeiden teko resepti- ja raaka-ainemuutosten ja väyläviraston ohjeitten takia
 - P-lukulaskelmien teko
 - Testimenetelmän valinta säänkestävyyttä testattaessa
 - Ohuthiekoe/suora pakkaskoe, testiaikataulun, sopimusasiakirjojen jne. perusteella

Laborantin ja myllärin tehtävät (jatkuu)

- Betonin kutistumisherkkyden selvittäminen testaamalla esimerkiksi lattiabetoneilla (kutistumapalkit)
- Kuitumäärän mittaaminen betoninäytteestä
- Määrittää oikeantyyppisen betonin käyttö tuotteessa (=betonin valinta vaatimusten pohjalta)
- Valmisbetonituotannossa asiakkaan neuvonta betonin valinnassa valettavan rakenteen mukaan
- Laadunvalvontatulosten analysointi!!!!
 - poikkeamien rekisteröinti
 - poikkeaminen syiden selvittäminen
 - tarvittavista toimenpiteistä päättäminen
 - toimenpiteiden järjestelmällinen toteutus sekä vaikutusten seuranta ja analysointi

Laborantin ja myllärin tehtävät (jatkuu)

- Kustannustehokkaan betonin valmistus
 - Oikeat sekoitusajat (=tuotantokapasiteetin maksimointi) ilman laatupoikkeamia
 - Notkeusvirheiden minimointi (=hajonnan minimointi)
 - Ilmamäärän hallinta (ei suuria heittoja) => alhainen hajonta => ylilujuuden minimointi
 - Ilmamäärän stabiilius (sekoitusaika). Ei saa nousta kuljetuksen aikana
- Elementtituotannossa betonimassan kustannusten minimointi suhteessa valmistettuun tuotteeseen
 - Huomioitava tuotteen/tuotannon erityisvaatimukset kuten valettavuus, valukoneiden kulku, purkulujuus, laukaisulujuus, loppulujuus, lämpökäsittely jne.
- Hajonnan minimointi kustannusten vähentämiseksi korostuu etenkin valmisbetonipuolella jossa suuri hajonta tarkoittaa suurta ylilujuutta ja suuria sementtikustannuksia

Laborantin ja myllärin tehtävät (jatkuu)

- Raaka-aineiden vastaanottotarkastukset, tarvittaessa laadunvalvonta ja dokumentointi
 - Raaka-ainekulutuksen raportointi
 - Materiaalikulutuksen seuranta ja poikkeamien syyn selvittäminen
 - Laitteiston kunnon valvonta, puhdistus ja säädöt
 - Laitteiston tarkastukset ja kalibrointi, sekä omat että viralliset (esim. ilmamittari)
 - Tehtaan kehitystoimintaan osallistuminen
 - Alan säännösten ja ohjeiden tunteminen
 - Alan kehityksen seuraaminen
- 

Tuotantomuodon vaikutus betonin valmistukseen ja laadunvalvontaan

- Ohjeet eivät perusasioissa poikkea eri tuotantomuodoissa. Keskeisiä ovat
 - Säilyvyysvaatimukset
 - Riittävä loppulujuus
 - Notkeus
 - Vesi-sementtisuhde
- Eri tuotantomuodoilla on kuitenkin omat erityispiirteensä jotka tulee ymmärtää ja huomioida laadunvarmistuksessa

Elementtituotannon erityispiirteet laadunvalvonnassa

- Elementtituotannossa huomio kiinnittyy betonin lisäksi valmiiseen tuotteeseen. Huomioitavia seikkoja ovat mm.
 - Julkisivut, parvekkeet yms.
 - Pinnan laatu (muottipinnat, pesubetonipinnat, erikoismuottipinnat, käsin tehdyt pinnat jne.)
 - Tasavärisyys (väribetoni, valkobetoni)
 - Erikoisbetoneiden käyttö
 - Runkoelementit
 - Valukoneen kulku ja maakostean tiivistyvyys (ontelolaatat)
 - Laukaisulujuuden varmistus
 - Pinnan laatu (huokoset, värierot yms.)
- Laadunvalvonta suoritetaan tehtaalla

Julkisivu- parveke- ja kuorielementtituotannossa mm.

- Väripigmentin, erikoiskiviaineksen kuten rouheen ja valkosementin käytön hallinta erikoistuotteissa
- Erikoismateriaalien menekin hallinta ja materiaalien tilaus
-
- Sopivien lisäaineiden valinta (esim. pintahidastin, muottiöljy) mallielementtien avulla
- Tiili, klinkkeri- ja kivilaattojen saumabetonien valmistus
- Tiili- ja kivilaattojen tartuntatestit

Esijännitettyjen / runkoelementtien tuotannossa

- Riittävän laukaisulujuuden varmistaminen koekappaleilla tai laskennallisesti
 - Kuormituskokeet / CE –merkinnässä tuotteiden alkutestaus
 - Rakennekoekappaleiden valmistus
 - Maakostean betonin tuotannon hallinta (ontelolaatat)
 - Korkealujuusbetonin tuotannon hallinta
 - Itsetiivistyvän betonin tuotannon hallinta
- 

Valmisbetonituotannon erityispiirteet

➤ Asiakkaan neuvonta

➤ Betonilaadun valinta

- Betonin siirtotapa ja sen vaikutus betonilaatuun
- Valettavan rakenteen vaikutus (lattia, seinä, antura)
- Olosuhteiden vaikutus betonilaatuun (kesä/talvi)

➤ Betonin lujuudenkehityksen arviointi lämpötilamittausten perusteella (purkulujuus, jännityslujuus)

➤ Talvibetonoinnin neuvonta

Valmisbetonituotannon erityispiirteet

- Tilausten vastaanotto
 - Kuljetus- ja tuotantokapasiteetin hallinta
 - Toimitusaikataulujen hallinta
 - Yhteydenpito asiakkaaseen (kuljetuskaluston valinta, muutokset, häiriöt yms)
- 

Valmisbetonituotannon erityispiirteet

- P-lukubetoni => ennakkokokeet ja laadunvalvonta osaksi työmaalla
- Asiakkaina ammattirakentajien lisäksi yksityishenkilöitä (kuluttajansuoja vahva)
- Valmisbetonitehtaalla tuotetaan jatkuvasti hyvin paljon hyvin erilaisia betonilaatuja joilla on hyvin erilaisia ominaisuuksia => tuotannon suunnittelu korostuu
 - Ominaisuuksiltaan hyvin erilaisten betonien valmistamista peräkkäin on vältettävä. Edellinen annos vaikuttaa seuraavaan väistämättä jonkin verran ellei myllyä pestä. Maakostean betonin jälkeen ei pidä valmistaa vaativia laatuja (huokostettu, itsetiivistyvä)
- Valtaosalla betoneista keskeinen laadunvalvontakriteeri on 28 vrk:n puristuslujuus

Valmisbetonituotannon erityispiirteet

- Lujuustulosten hajonnan minimointi betonin valmistuskustannusten pienentämiseksi keskeisessä roolissa =>
- Tarkoittaa tuotannon ja laadunvalvonnan menettelyohjeita jotta asiat tehdään aina samalla tavalla ja saadaan yksi hajontaa kasvattava tekijä pois.

OSA 3

Vinkkejä betonin valmistukseen ja laadunvalvontaan



Vinkkejä betonin valmistukseen ja laadunvalvontaan

- Valmistuksessa tärkeintä on noudattaa sisäisiä ohjeita suunnitelmia!
- Jos tulee ongelmia => kysytään aina neuvoa jos ei olla varmoja ennen kuin ryhdytään soveltamaan. Tuotannosta vastaa viime kädessä valmisbetonityönjohtaja.
- Tehdään vähintään ne mittaukset ja laatuasiakirjat joita vaaditaan. Tarvittaessa lisätään testimäärää. Nykyaikaisilla laadunvalvontamenetelmillä ja -välineillä saadaan kaikki piilossa oleva näkyviin...
- Todennetaan ja dokumentoidaan asiat jo tekovaiheessa sillä se on aina edullisin ja varmin tapa toimia.

Vinkkejä betonin valmistukseen ja laadunvalvontaan

- Tarkista tasaisin välein betonikuution koko (toisin sanoen käytännössä kiviainesten kiintotiheys)
 - Valitse tehtaalla muutama perusmassa jonka ominaisuudet tunnet kaikissa olosuhteissa hyvin.
 - Mittaa perusmassasta kaikki mitattavissa olevat keskeiset ominaisuudet. CUSUM!
 - Perusmassojen hyvä tuntemus helpottaa mahdollisten muutosten syiden etsimistä.
 - Selvitä lisäaineitten toimivuus ja yhteensopivuus jokaiselle käyttämällesi betonityypille.
- 

Vinkkejä betonin valmistukseen ja laadunvalvontaan

- Varmista kiviaineksen kosteuspitoisuus riittävän usein. Kosteusanturit käyttöön!
- Ota näyte ja tee kokeet aina samalla tavalla ja samassa järjestyksessä. Näytteen tulee olla edustava ja riittävän suuri
- Älä ota perusmassasta näytettä heti erikoisbetonin jälkeen koska edellinen annos vaikuttaa seuraavaan
- Tee kokeet heti kun olet ottanut näytteen. Betonin seisottaminen kottikärryssä tai ämpärissä voi muuttaa koetulosta
- Testauskalusto mahdollisimman samanlaista kaikilla tehtailla. Tämä helpottaa poikkeamien syiden selvittämistä ja laboranttien työtä siirryttäessä tehtaalta toiselle

Vinkkejä betonin valmistukseen ja laadunvalvontaan

- Selvitä varhaislujuuden 7 vrk ja laadunarvosteluiän 28 vrk lujuuden välinen korrelaatio, joka mahdollistaa nopeamman reagoinnin muutoksiin. Tarvittaessa selvitä 91 vrk lujuus.
 - Selvitä lämpökäsittelyn vaikutus lujuuteen
 - Mittaa raaka-aineita ja tee kokeita niin paljon, että tiedät niistä tarpeeksi. Älä tyydy aina minimivaatimusten edellyttämään määrään
 - Vakioi betonilaatuja, älä keksi pyörää joka kerta uudestaan
 - Seuraa ja analysoi tuloksia jatkuvasti, ennusta ja säädä tarvittaessa
 - Seuraa tulosten hajontaa!
- 

Vinkkejä betonin valmistukseen ja laadunvalvontaan

- Selvitä mikä eri laadunvarmistusmenetelmissä on merkittävin tekijä luotettavan tuloksen saamiseksi
- P-lukuun vaikuttaa:
 - Sideainemäärä
 - Vesimäärä
 - Ilmamäärä
 - Jälkihoitoaika (kerroin 1 vrk = 0,85... $\geq$ 7 vrk = 1,0)
 - Suuremmilla P-luvuilla ($> P40$) suurin vaikutus on vesi- ja sementtimäärällä

Vinkkejä betonin valmistukseen ja laadunvalvontaan

- Ominaisuutta jota ei riittävän hyvin tunne on mitattava
 - Saatuja tuloksia on analysoitava, ei vain arkistoitava
 - Kun haluaa toisenlaisia tuloksia, on tiedettävä mitä tekijää muuttaa
 - Muuta vain yhtä tekijää kerrallaan
 - Kun saat uusia tuloksia on taas analysoitava
 - Tätä jatketaan kunnes haluttu tulos saavutetaan
- 

Betonin haasteet

- Betonin tulee olla kelvollista kaikkien siitä mitattavien ominaisuuksien suhteen (lujuus, säilyvyys, työstettävyys)
- Hyvässä betonissa kaikki mitattavat ominaisuudet ovat tasapainossa
-
- Betoni valmistetaan aina sillä hetkellä käytettävissä olevista raaka-aineista. Raaka-aineissa tulee aina olemaan suurta vaihtelua

Yhteystiedot

Kim Johansson

puh. 050 5506556

kim.johansson@betoniyhdistys.fi

