

Betonilaboratorio, käyttämätön voimavara?

Betonin kesäkokous,
Tampere 10.8.2012
Suomen Betoniyhdistys ry
Risto Mannonen



Suomen Betoniyhdistys r.y.
Risto Mannonen

Betonilaboratorio tutkii

Kolmas osapuoli edellyttää betonista tutkittavan

Puristuslujuus

Notkeus

Ilmamäärä (pakkasenkestävistä laaduista)

Vesi-sementtisuhte

Tärkeä tarkastaa kiviaineksista

Rakeisuus

Liete

Humus



Suomen Betoniyhdistys r.y.
Risto Mannonen

Puristuslujuuden kelpoisuus ennen vuotta 2004

Vuoteen 2004 tuotannon kelpoisuus todettiin laskemalla betoneista vertailulujuuslujuusluokittain:

$$K_k = f_{cm} - ks$$

Mikäli samassa lujuusluokassa oli kovin erilaisia betonilaatuja, ei vertailulujuus kertonut valmistajalle paljoakaan tuotannon laadusta.



Puristuslujuuden vaatimustenmukaisuus 2004 lähtien

Puristuslujuuden vaatimuksenmukaisuutta alettiin vuoden 2004 jälkeen osoittamaan ns. betoniperhekonseptilla. Samaan perheeseen voi kuulua erilaisia lujuusluokkia. Jäseniä yhdistävä tekijä on betonin koostumus, esimerkiksi sama sementti

Vaatimuksenmukaisuutta valvotaan kolmella tasolla:

Tuloskriteeri: Ehto 2

Jäsenkriteeri: Ehto 3

Perhekkriteeri: Ehto 1



Puristuslujuuden vaatimustenmukaisuus 2004 lähtien (jatkuu)

Tulos- ja jäsenkriteerin tarkoitus on varmistaa, että tilaajalle on toimitettu lujuudeltaan kelpollista betonia verrattuna betonin **nimellislujuuteen**.

Perhekkriteeri sitä vastoin kertoo betonin valmistajalle tuotannon tason, eli minkälaista laatua lujuudeltaan tehdas pystyy tuottamaan verrattuna betonin **tavoitelujuuteen**.



Puristuslujuuden vaatimustenmukaisuus 2004 lähtien (jatkuu)

Perhekkriteeriä arvioitaessa muutetaan jokainen saatu tulos vastaamaan vertailubetonin lujuutta. Muunnoksen perusteena käytetään betonien tavoitelujuutta. Tuloksena saadaan perheen muunnettujen tulosten keskiarvo sekä hajonta. Näillä tunnusluvulla voidaan tehokkaasti arvioida tuotannon kykyä tuottaa **tavoiteltua** lujuutta.



Puristuslujuuden vaatimustenmukaisuus 2004 lähtien (jatkuu)

Perhekkriteerin (ehto 1) vaatimus: $f_{cm} \geq K + 1,48 * \sigma$

Mitä tuloksesta voi päätellä?

Jos muunnettujen tulosten keskiarvo on suurempi kuin vertailubetonin tavoitelujuus, lujuus on keskimäärin suurempi kuin on tavoiteltu.

Jos keskiarvo on pienempi kuin vertailubetonin tavoitelujuus, lujuus keskimäärin alempi kuin on tavoiteltu



Mitä lujuus maksaa

Vaatimukset alittava laatu maksaa ylimääräisiä valvonta- , tutkimuskuluja yms.

Turhan korkea lujuus taas näkyy sementtikulutuksessa n.10 kg/m³/MPa



Mitä hajonta maksaa

Jos hajonta kasvaa 1 MPa:lla, tulee tavoitelujuutta nostaa noin 2 MPa:lla, jotta ehdon 1 vaatimuksenvastaisuuden riski ei kasvaisi.

Tämä tietää sementinkulutuksessa noin 20 kg/m³ lisää sementtiä.



Ehdon 1 rinnalle Control Charts- menetelmä vuoden 2014? normissa

Nykyinen tuotannon vaatimukseenmukaisuuden valvonta (ehto 1) perustuu ns. betoniperhekonseptiin, jossa vaatimukseenmukaisuus todetaan arviointijakson jälkeen.

Control Charts (=valvontakortti) – menetelmässä lujuutta sekä hajontaa seurataan jokaisen mittauksen jälkeen. Betonireseptiä, eli sementtimäärää säädellään tarpeen mukaan.



Control Charts-menetelmä betonin puristuslujuuden valvonnassa (jatkuu)

Merkittävin muutos nykykäytäntöön on, että muutokseen voidaan reagoida välittömästi, eikä kuten nykyisin yleensä vasta arviointijakson päättyessä.

Reagointinopeutta lisää se, että järjestelmään kuuluu seurata myös 7 d:n lujuutta ja tehdä ensimmäinen arvio jo tästä tuloksesta.



Control Charts-menetelmä betonin puristuslujuuden valvonnassa (jatkuu)

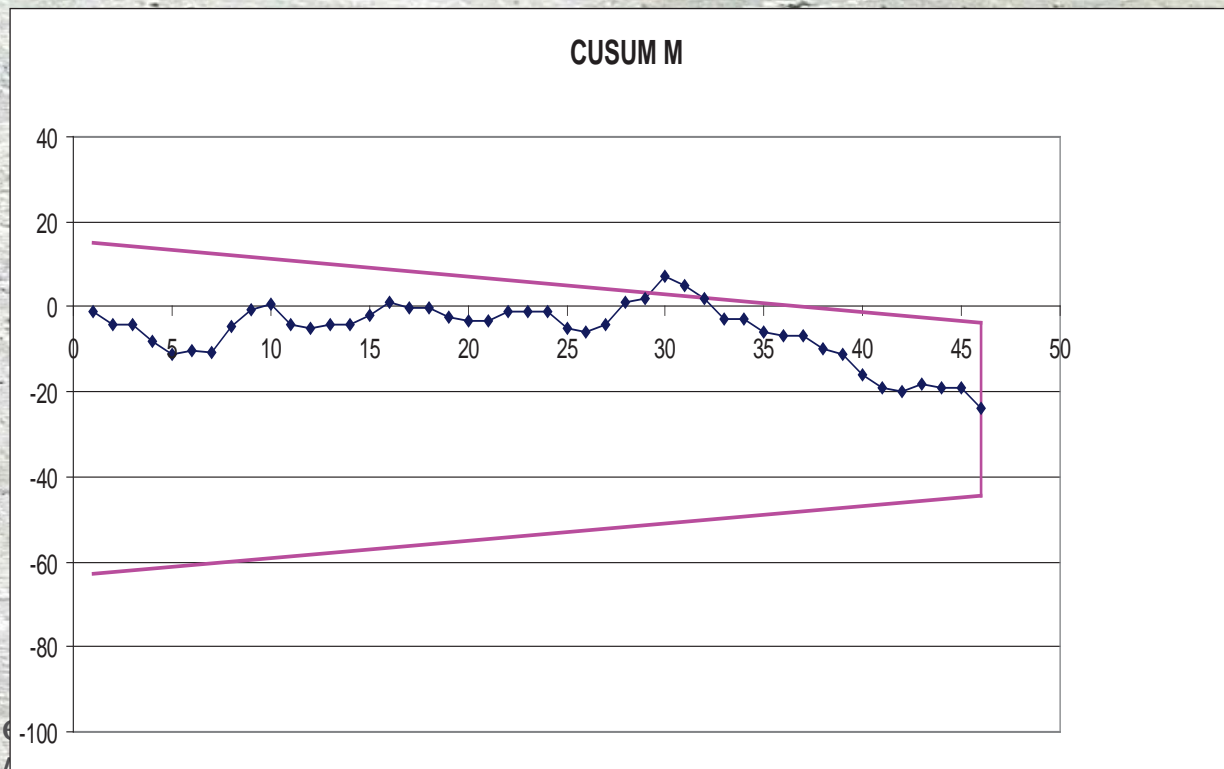
Menetelmä on matemaattisesti varsin monimutkainen, joten sen käyttäminen ei onnistu taskulaskinta käyttämällä.

Betoniyhdistys kehittää tietokoneohjelmaa menetelmää varten.



CUSUM M

Muunnettujen tulosten kumulatiivista poikkeamaa tavoitelujuudesta seurataan.



CUSUM M

Ylemmän rajan ylitys kertoo, että tulokset ovat jääneet merkittävästi tavoitelluista ja alemman rajan alitus taas turhan korkeasta lujuudesta.

Kummassakin tapauksessa ohjelma antaa ehdotuksen muutoksen suuruudesta.



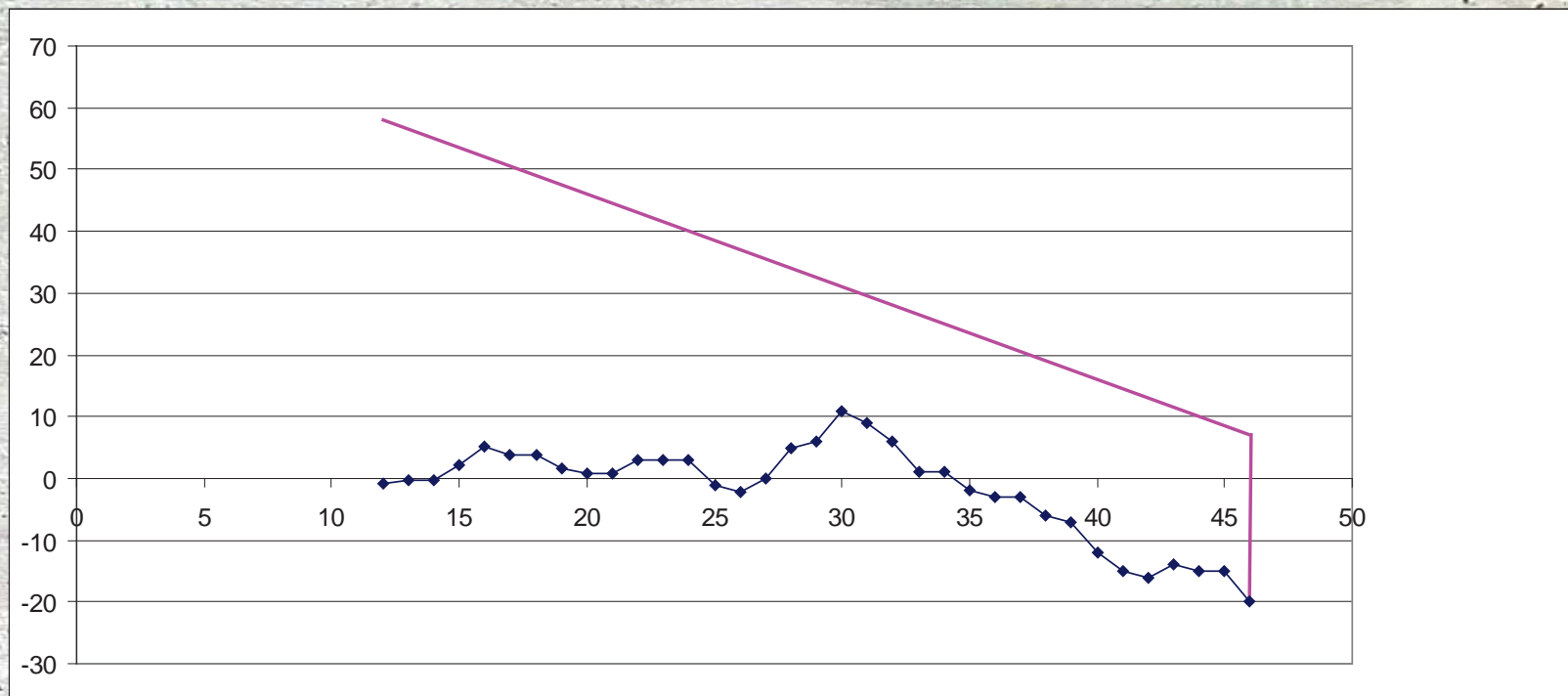
CUSUM LAADUNVALVONTA

Ainoastaan ylärajan ylitys on kriittinen. Käytännössä alitusta ei voi syntyä, mikäli CUSUM M alitukseen on reagoitu, sillä laadunvalvonnan rajat ovat merkittävästi CUSUM M:n rajoja väljemmät.

Laadunvalvonta kohdistuu aina 35 viimeiseen tulokseen.



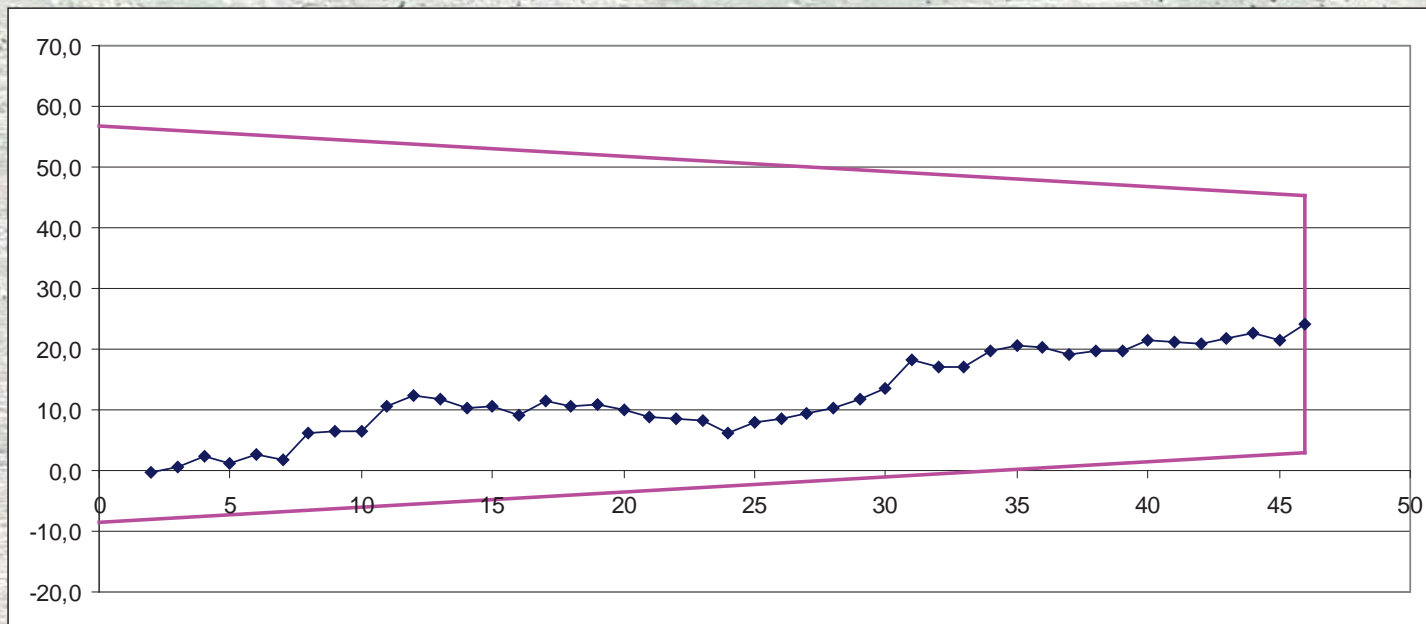
CUSUM LAADUNVALVONTA



Suomen Betoniyhdistys r.y.
Risto Mannonen

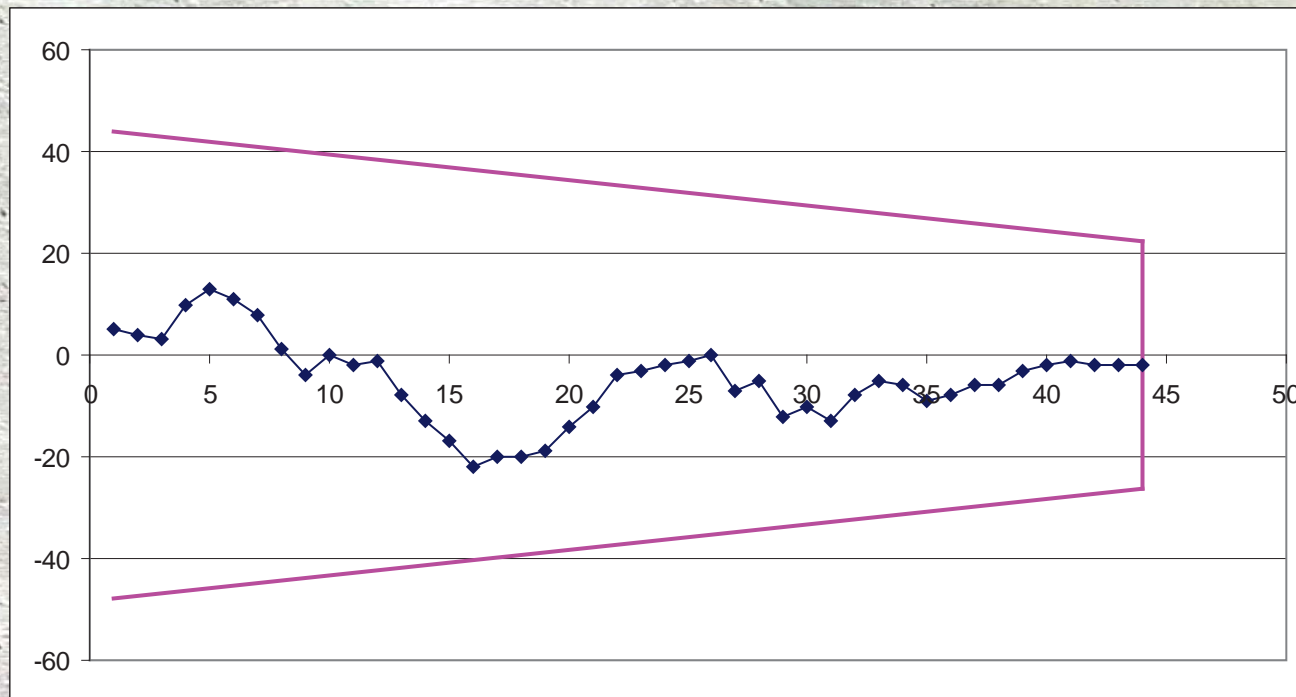
CUSUM R

Hajonnalla on asetettu oletusarvo, jota seurataan kuten lujuudenkin kehitystä. Hajonnan oletusarvoa muutetaan, jos raja ylittyy.



CUSUM C

Samalla tavoin 7 vuorokauden tulosten perusteella arvioidun 28 vuorokauden lujuuden oikeellisuutta seurataan CUSUM C:ssä



Suomen Betoniyhdistys r.y.
Risto Mannonen

Notkeuden vaatimukset

Vuoden 2004 jälkeen sekä betonin notkeusluokitus että notkeuden vaatimukset perustuvat samaan ominaisuuteen, eli yleisimmin painumaan tai leviämään.

Normeissa (SFS-EN 206-1) on asetettu vaatimukset sekä notkeusluokan ylä- että alarajalle.

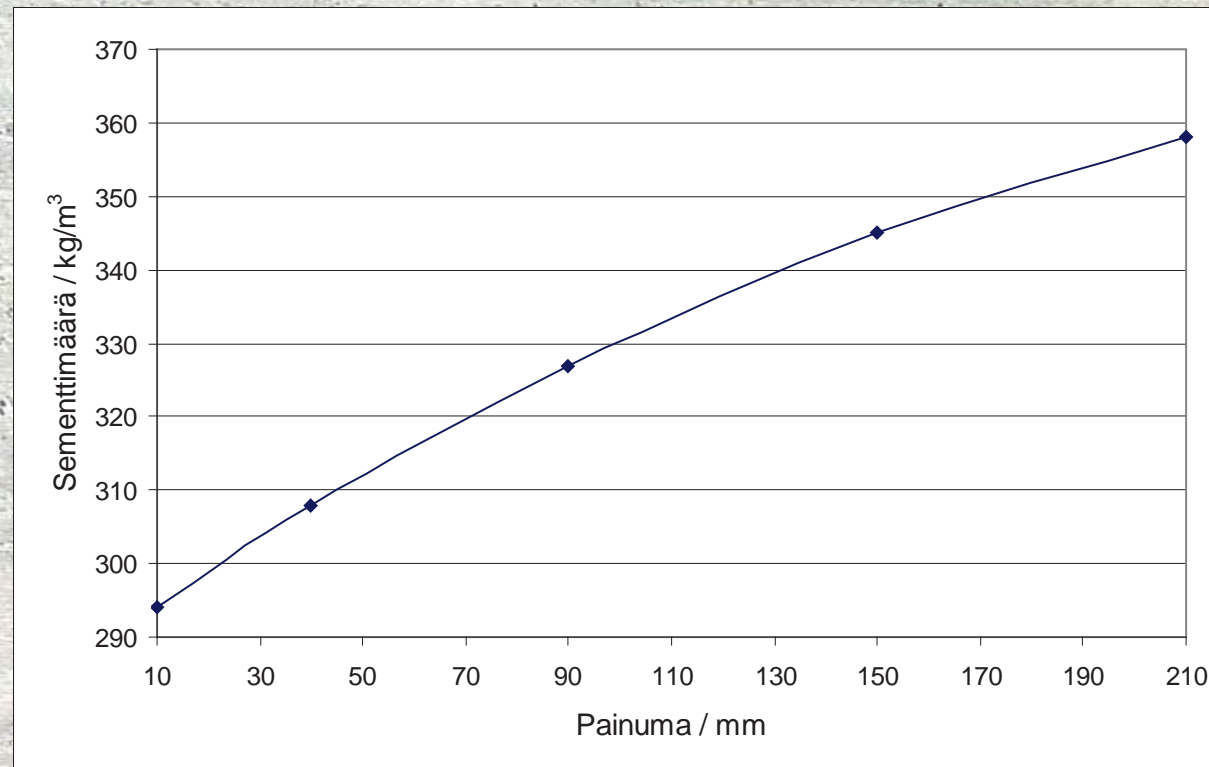
On huomioitava, että myös turhan notkea massa voi olla normin mukaan vaatimusten vastainen (vaikka lattiamiehistä se voi olla vieläkin liian jäykkää)



Notkeuden vaikutukset kustannuksiin

Notkeuden kasvaessa ja lujuuden pysyessä vakoina sementin tarve kasvaa.

Esimerkki eräästä C30/37 betonilaadusta:



Raaka-aineiden vaikutus vedentarpeeseen

Raaka-aineista selkeästi merkittävin vaikutus betonin vedentarpeeseen on kiviaineksella.

Tämän vuoksi kiviainesten laatua on syytä valvoa myös betonin valmistuspaikalla, vaikka sitä ei yleensä enää kolmannen osapuolen taholta vaaditakaan.

Valvottavat ominaisuudet ovat rakeisuus, liete sekä humus.



Vesi on betonin kallein osa-aine!

Edellä esitetystä esimerkistä voidaan myös laskea, että kuutiometri turhaan lisättyä vettä betoniin maksaa valmistajalle 1,5 tonnia sementtiä!



Kannattaako sementtiä säästää?

Sementti on paitsi varsin kallis, niin myös ylimäärin käytettynä epäedullinen betonin ominaisuuksille.

Sementin turha käyttö lisää esimerkiksi betonin kutistumaa ja kovettuvan betonin lämpötilaa.

Sekä asiakkaan että betonin valmistajan kannalta on edullista, että betonin vesimäärä ja sitä kautta myös sementtimäärä on minimoitu (tuoreen betonin ominaisuuksita tinkimättä).



Betonilaboratorio, käyttämätön voimavara?

Jotta vastaus kysymykseen ei olisi myönteinen, tulee laboratorion tuottamia tuloksia betonin laadusta seurata ja reagoida muutoksiin.

Laboratoriota tulee myös hyödyntää raaka-aineiden ominaisuuksien valvonnassa ja vertailla tarjolla olevista vaihtoehtoista edullisin.

Tonnihinnaltaan halvin kiviaines ei aina ole edullisin. Hyvä esimerkki on kiviainekset, joissa pesty kiviaines voi olla selvästi pesemätöntä kalliimpaa, mutta silti edullisempaa käyttää!

